



Chaire Modélisation Prospective  
au service du développement durable

---

**Gouvernances nationale et internationale pour  
la lutte contre le changement climatique**  
*Retours d'expériences et pistes d'amélioration*

**13 novembre 2019**

**9h30-16h30**

**MINES ParisTech**

**60 boulevard Saint Michel – 75006 Paris**

**Salles V115-V116**

**Behrang SHIRIZADEH (CIRED, Total)**

**Décarbonisation du secteur électrique français ; quel rôle  
pour les renouvelables, le nucléaire, le CCS et le BECCS ?**

*Restitution réalisée par les élèves du cycle ingénieur civil de MINES ParisTech*

Les Accords de Paris signés lors de la COP 21 poussent à atteindre la neutralité carbone pour la deuxième moitié du XXI<sup>e</sup> siècle. Le secteur de l'électricité étant le plus facile à décarboner, on peut se demander le rôle que joueront les différentes technologies pour atteindre cette neutralité. Les études françaises mettent en avant deux scénarios possibles. Le premier est que la décarbonation se fera grâce au nucléaire et à la capture et séquestration du carbone (CCS), avec une importance faible des énergies renouvelables (ENR). Le second, prôné par l'ADEME, indique que ce seront les ENR qui mèneront la transition énergétique. Dans la littérature internationale, on constate également l'importance des ENR alors que le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) souligne le rôle majeur à venir des technologies d'«émissions négatives».

Le modèle proposé par Behrang Shirizadeh est un modèle d'optimisation des investissements et du "dispatch" du système électrique de la France continentale, en minimisant les coûts avec une demande considérée comme rigide, exogène, parfaite et déterministe. On suppose également une compétition parfaite des acteurs du secteurs.

Les résultats obtenus pour l'année 2050 sont les suivants :

- Pour un scénario de fort développement des énergies renouvelables, le mix énergétique optimal est de 75 % d'ENR et de 25 % distribués sur les autres technologies (gaz naturel, CSC et nucléaire).
- Pour une taxe carbone de plus de 100€/tCO<sub>2</sub>, les installations au gaz naturel sans CSC sont abandonnées et remplacées par celles au gaz naturel avec CSC et des bioénergies.
- Pour de fortes taxes carbone, c'est-à-dire supérieures à 400€/tCO<sub>2</sub>, les installations au gaz naturel avec CSC sont aussi supprimées et remplacés par des technologies *power to gas* (méthanation avec CSC).
- Pour une taxe carbone de 200€/t et plus, les émissions deviennent négatives.
- Même avec des taxes carbone élevées, seule une capacité de stockage de 18 Mt/an est nécessaire, ce qui veut dire que moins de la moitié du CO<sub>2</sub> doit être capturé et stocké.
- Pour finir, les centrales de combustion complétées par du CSC peuvent permettre la diminution du coût de la décarbonation complète du système énergétique jusqu'à 16%, conduisant à un marché carbone de taille importante.