

## Compte-rendu de la réunion du 22 février 2016

### L'ingénierie climatique : une option envisageable ?

#### 1. Organisation du Groupe de travail Energie et Climat (iDées)

##### Fonctionnement du cycle de réunions iDées

Alexandre ROJEY, iDées

*La présentation Power point est disponible sur le site de la Fondation*

Etienne BROSSE, Co-animateur du Groupe Energie-climat

- Etienne Brosse expose le déroulé des quatre réunions prévues en 2015-2016, dont un Séminaire d'une demi-journée, organisé avec l'Ecole postdoctorale de IFP School, le 11 avril (à l'IFPEN), sur le thème : « La COP 21 et après ? » et une réunion finale le 6 juin sur le thème « Prospérité sans croissance ? ».
- Il rappelle la complexité du système climatique. L'incertitude inhérente à cette complexité est large, à l'échelle globale et encore plus à l'échelle locale. Toute intervention au sein du système, qui viserait à influencer le climat global, risquerait d'accroître encore ces incertitudes.
- En outre, l'interaction entre l'homme et la biosphère ne peut être pensée sans analyser de façon rigoureuse les échelles de temps concernées. Il serait imprudent d'assimiler le système climatique à une machine.
- Toutefois, les risques d'accélération du changement climatique à l'échelle globale, peuvent amener à considérer les technologies d'ingénierie climatique comme un moyen de dernier recours.

#### 2. Exposés

##### L'ingénierie climatique : de quoi s'agit-il ? Solutions techniques, solutions écologiques risquées

Luc ABBADIE, Professeur d'écologie, Université Pierre & Marie Curie, Paris Sorbonne Universités, IEES

*La présentation pdf est disponible sur le site de la Fondation*

- Le panorama que l'on donne ici a pour base les travaux de l'Atelier ANR « REAGIR », dont le rapport est disponible via Internet
- L'histoire récente de « l'environnement » a été marquée par trois jalons importants : 1) le rapport Meadows et le rapport Bruntland ; (2) l'introduction de l'Anthropocène (Crutzen & Stoermer, 2000) ; (3) le Millenium Ecosystem Assessment de 2005.
- L'ingénierie écologique a débuté aux États-Unis dans les années 1970, avec notamment la publication en 1972 du Clean Water Act, qui instaurait des mécanismes de compensation pour les zones humides.

- La géoingénierie visant à modifier le climat a été initialement introduite dans le contexte de la guerre froide. Elle a été plus récemment envisagée pour parer aux effets d'un changement climatique rapide.
- La géoingénierie comporte essentiellement deux types de méthodes, visant soit à renvoyer une partie du rayonnement solaire reçu vers l'espace, soit à extraire et à stocker le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère.
- Dans le premier groupe de méthodes, on trouve l'utilisation d'aérosols, par injection de soufre dans la stratosphère, mise en place de réflecteurs orbitaux, modification de l'albédo et augmentation de la brillance des nuages par injection d'eau de mer dans la partie basse de l'atmosphère.
- Le captage du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère peut être effectué par du lait de chaux, chaux obtenue par calcination de calcaire par four solaire (le CO<sub>2</sub> ainsi libéré au cours de la calcination peut être stocké à la source).
- Une autre approche consiste à agir à travers les interactions écosystème-climat. On se propose ici d'en détailler trois.
- La reforestation est une première voie. Une restauration complète des surfaces déboisées depuis 1750 capterait théoriquement 180 Gt de carbone (40 à 70 ppmv de CO<sub>2</sub>), mais il convient de prendre en compte les changements induits (a) de l'évapotranspiration, plutôt atténuatrice du réchauffement, et (b) de l'albédo, plutôt amplificateur. Des problématiques connexes (azote...) doivent également être considérées. Une étude montre par exemple que la forêt du Costa Rica, probablement du fait du réchauffement qui ralentirait la photosynthèse, n'offre déjà plus de potentiel de stockage de CO<sub>2</sub>. Au total, le potentiel de la reforestation risque de se révéler limité.
- Les sols sont ensuite examinés. Du fait d'un potentiel de stockage à long terme (centaines à milliers d'années), le bilan du carbone dans les sols représente un facteur important, sur lequel on peut agir, notamment à travers les pratiques agricoles (l'initiative du « 4 pour 1000 » est citée). Toutefois des études de détail montrent que le carbone organique des sols a souvent une localisation mal connue (molécules dérivées de la matière végétale, versus bactéries), avec des conséquences très grandes en termes de stabilité. Une étude récente des sols anglais a tiré une sonnette d'alarme, révélant une perte annuelle de 0,6 % du carbone (Bellamy et al., 2005) !
- On dit un mot, enfin, sur la « gestion » des réseaux trophiques. Il s'agit de trouver des combinaisons entre pratiques agricoles et pastorales qui optimisent le prélèvement de carbone dans le sol. Mais l'optimisation scientifique n'est pas toujours transposable sans conflit sur le terrain !...
- La capture du CO<sub>2</sub> par le phytoplancton océanique (fertilisation par le fer est aussi un moyen d'intervention envisagé. Toutefois beaucoup d'incertitudes demeurent et les effets collatéraux sont nombreux.

### **L'ingénierie climatique : une option envisageable ?**

Bernadette BENSAUDE VINCENT, Philosophe, Université Paris 1 Panthéon Sorbonne

*La présentation pdf est disponible sur le site de la Fondation*

- La géoingénierie suscite de nombreuses questions. Est-il raisonnable d'engager des recherches ou des actions dans ce domaine ? Est-ce politiquement acceptable et souhaitable ? Est-ce bon ou mauvais ?

- Trois types de problèmes doivent être pris en compte : gestion des risques, gouvernance, éthique.
- La gestion des risques pose le problème des incertitudes et de l'extension du domaine des responsabilités dans de telles conditions.
- Il faut discriminer les techniques et évaluer soigneusement les risques associés à chacune d'entre elles. Il faut notamment examiner les effets d'échelle (impact local ou global), les facteurs de durée (court terme ou long terme) ainsi que la réversibilité ou l'irréversibilité des impacts.
- Sur plan politique, il faut noter que la couverture juridique résultant de l'application des conventions existantes est très limitée, aucun texte n'étant contraignant.
- Le cadre démocratique de décision pose de nombreuses questions : quelle instance légitime ? Qui finance ? Comment faire intervenir les parties prenantes ? Des décisions unilatérales peuvent-elles être légitimes.
- Sur le plan éthique se posent des questions de responsabilité, qui doivent tenir compte des conséquences non intentionnelles des actions engagées ainsi que de l'impact sur les générations futures. L'ingénieur est ici confronté à une dimension inhabituelle. Se posent également des questions de justice sociale ainsi que des questions relatives aux rapports de l'homme avec la nature. Les Principes d'Oxford (2009) sont cités : ce sont indiscutablement de beaux principes –mais comment les mettre en œuvre ?
- A une vision de l'homme, maître et possesseur de la nature (hubris) doit se substituer une vision plus humble, d'interdépendance entre les êtres humains et le système Terre. L'evidence-based policy, ou politique fondée sur les avis d'experts, qui prévaut aujourd'hui, a tendance à privilégier les solutions technologiques. À l'inverse, l'anthropologie a bien montré l'utilité de savoirs indigènes, qui malheureusement restent sous-estimés.
- En symbolisant le système Terre par Gaïa, on débouche sur le constat d'une « inexorable présence qui demande attention et soin ».

### 3. Discussion / Conclusion

Trois questions ont été examinées en groupes de travail :

- Mise en œuvre des techniques visant à extraire le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère : quelles réflexions d'ingénieur ?
- Mise en œuvre des techniques visant à modifier le bilan des rayonnements atmosphériques : quelles réflexions d'ingénieur ?
- Des réflexions de citoyens face aux technologies d'ingénierie climatique

#### **Mise en œuvre des techniques visant à extraire le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère : quelles réflexions d'ingénieur ?**

- La discussion s'engage tout d'abord sur le captage de sources concentrées de CO<sub>2</sub> et stockage profond (Carbon Capture and Storage : CCS). Il est rappelé que la technique de CCS n'entre pas dans les catégories de « Géoringénierie » discutées dans cette réunion.

- Les participants de l'atelier commentent ensuite les techniques de gestion des forêts et utilisation du bois. Les participants sont plutôt favorables à ces différentes techniques qui semblent pouvoir raisonnablement abaisser les quantités de CO<sub>2</sub> de l'atmosphère (pour quelle quantité, la question reste posée).
- Cependant, les participants soulignent l'importance de l'expérimentation à petite échelle et l'observation raisonnée des conséquences de la mise en œuvre de ces techniques. Il semble tout à fait nécessaire d'engager une phase d'expérimentation /observation /retour d'expérience (à minima) pour toutes ces techniques de « géoingénierie » que peuvent engendrer des effets non désirés (car appliqué sur un système complexe : le système climatique).
- Effet, la nécessité d'avoir une vision transverse et pluridisciplinaire est rappelée.

### **Mise en œuvre des techniques visant à modifier le bilan des rayonnements atmosphériques : quelles réflexions d'ingénieur ?**

- La Terre se comporte comme un corps noir et elle émet donc un rayonnement en fonction de sa température
- D'autre part, elle subit un rayonnement par les rayons solaires qui parviennent jusqu'à elle et dont une partie est réfléchi et une autre absorbée par l'atmosphère
- Avec une augmentation de la teneur en CO<sub>2</sub>, l'absorption augmente
- Pour stabiliser la température moyenne sur terre, il faut équilibrer ces deux flux de chaleur. Cela se fait par une augmentation de la température moyenne de la Terre et d'autant plus que le CO<sub>2</sub> augmente donc
- Les actions sur le rayonnement envisageables pour réduire cette hausse de température comme mentionné dans l'exposé consistent donc à augmenter la réflexion par des aérosols en altitude ou au point de Lagrange ou à changer l'albédo sur terre en peignant des parties en blanc ou en refroidissant la terre par plus de biomasse et plus d'évaporation...
- Tout cela paraît hasardeux et sans contrôle au niveau global
- Un autre point intéressant est lié à l'effet observé par l'éruption du Pinatubo en 1991. Pour compléter la mention qui en a été faite dans l'exposé, il faut rajouter l'augmentation qui a été observée de la biomasse par amélioration de la photosynthèse. Cet effet corrélé aux quantités d'aérosols envoyées en haute atmosphère a créé une modification pendant plusieurs années des conditions de l'ensoleillement et du rayonnement lumineux sur terre.
- Il y a là un sujet de recherche à développer en suivant une démarche de biomimétisme. Il consisterait à améliorer la photosynthèse sur Terre soit par des écrans artificiels locaux en harmonie avec la culture des plantes soit en adaptant par génie agronomique les plantes à leur environnement d'ensoleillement.
- Le but est de capter et de stocker plus de CO<sub>2</sub> dans la biomasse tout en développant plus de biomasse dans une dimension sociale, environnementale et économique.

### **Des réflexions de citoyens face aux technologies d'ingénierie climatique**

- Les risques associés à la géoingénierie ont été soulignés. En particulier, le caractère global de ces risques pose de graves problèmes.

- Il faut privilégier les actions locales (recréer des boucles de rétroaction positives locales).
- Plutôt que la géoingénierie, ne faut-il pas privilégier les mesures d'adaptation ainsi que l'écoingénierie?
- Se pose la question de la délibération démocratique autour de questions techniquement très complexes.
- Il faut encourager la diversité des opinions et des expériences, multiplier les initiatives qui puissent être ensuite évaluées avant d'être éventuellement étendues.
- Il est nécessaire également de mener des actions citoyennes, se prendre en main, sans attendre toutes les solutions d'une autorité supérieure.
- En définitive, il faudra accepter l'arbitrage de la nature, qui est la seule à maîtriser l'agenda futur.

#### **4. Prochaine réunion**

La COP21 et après ?

**Lundi 11 avril 2016**  
Domaine de Vert Mont