

La finance au temps du réchauffement

Ivar Ekeland

CEREMADE, Université Paris-Dauphine

Laboratoire Finance des Marchés de l'Énergie

Plus personne ne nie la réalité du réchauffement climatique. Il a obtenu ses lettres de créance à la CPO 21. Principales caractéristiques:

- c'est un problème global, qui s'accompagne de
 - la destruction des écosystèmes naturels et l'extinction des espèces
 - la raréfaction des matières premières (terres rares, phosphates, peak oil)
 - une crise financière, économique et politique
- les objectifs de la COP 21 (1,5 à 2.5 °C) sont formulés en terme de moyenne, qui recouvrent une grande variabilité, et qui affecteront les aires géographiques et les sociétés humaines de manière très différentes

Le réchauffement climatique est un héritage de la révolution industrielle, et de l'accaparement des ressources mondiales par l'Europe depuis les empires coloniaux. A cause de cela, il est plongé dans l'histoire et dans le significatif.

En dépit des bonnes intentions affichées (le GIEC a été fondé en 1988 et a pondu 7 rapports depuis) les émissions n'ont pas décréu, bien au contraire, et la concentration de CO_2 dans l'atmosphère a cru régulièrement

La table ci-dessous (GIEC, 2013) donne le réchauffement moyen associé à un certain niveau (stabilisé) de CO_2 , et la date ultime où il faudrait commencer à diminuer les émissions si on voulait atteindre ce niveau à partir d'aujourd'hui (2013)

CO_2 en ppm	réchauffement en $^{\circ}C$	pic des émissions
350 - 400	2,0 à 2,4	2015
400 - 440	2,4 à 2,8	2020
440 - 485	2,8 à 3,2	2030
485 - 570	3,2 à 4,0	2060

Pourquoi ne s'inquiète-t-on pas davantage ?

Les conséquences probables du réchauffement sont catastrophiques, et les conséquences possibles le sont encore plus. Pourtant il est loin d'être au centre des débats politiques. Plusieurs explications possibles:

- *l'occultation*. Sur le plan individuel, Pascal avait relevé combien nous faisons tout pour ne pas penser à notre mort. Sur le plan collectif, nous ne pensons pas plus aux armes nucléaires. Kurosawa (*I live in fear*, 1955) "*Is he crazy ? Or are we, who remain unperturbed in an insane world, the crazy ones ?* "
- *notre mort comme horizon*: (Ekeland, *Le syndrome de la grenouille*, 2015)
 - manque d'habitude: "*The catastrophic impact of climate change will be felt beyond the traditional horizons of most actors, including businesses and central banks*" (Mark Carney, 2016)
 - manque d'incitation: "*In the long run, we are all dead* " (Keynes)
 - manque de perspective: les référentiels glissants (moving targets, Daniel Pauly): chaque génération considère comme "normale " la situation qu'elle a trouvée à sa naissance

Si nous étions raisonnables: l'humanité comme individu

Il y a une tendance à considérer toute collectivité, fût-elle non structurée comme l'espèce humaine, comme un individu, et de lui prêter des sentiments, des intérêts, une volonté (qui lui permet de faire des choix sans avoir à préciser une procédure) et une rationalité calculatoire.(qui lui permet de les justifier à posteriori).

En politique, cette idée s'incarne dans les diverses formes du souverain (monarque, peuple). En économie, elle se retrouve dans la théorie neo-classique de la croissance, où l'humanité est assimilée à un individu, vivant éternellement, et qui cherche à maximiser son utilité intertemporelle $\int_0^{\infty} e^{-\rho t} u(c_t) dt$. C'est le point de vue du GIEC et du rapport Stern; ρ est le taux de préférence pour le présent, la fonction d'utilité u est censée représenter le bien public, et c_t est le PIB mondial

Le modèle classique (Ramsey, 1928)

$$\max \int_0^{\infty} e^{g(1-\theta)t} c^{1-\theta} e^{-\rho t} dt$$

$$\frac{dk}{dt} = f(k) - c - (n + g)k$$

$$c(t) \geq 0, k(t) \geq 0, k(0) = 0$$

où $\rho > 0$ est le taux de préférence pour le présent, g et n sont les taux de croissance de la productivité et de la population respectivement, et $\theta > 0$ est un coefficient. Si $\rho > g(1 - \theta)$ on obtient l'existence d'une stratégie optimale, convergant quel que soit le point de départ vers un régime stationnaire (k_{∞}, c_{∞}) (qui correspond en fait à une croissance exponentielle)

On déduit de ce modèle une formule définissant le taux d'intérêt à employer:

$$r = \rho + \theta g$$

La question des taux d'intérêt

Que vaut aujourd'hui 1 Million dans T années ?

	$T = 50$	$T = 100$
10%	8.519	73
4,6%	105.540	11.140
1,4%	499.000	249.000

Un exemple: Colin Clark est les baleines.

La question des taux d'intérêt

Un gros avantage de ce modèle est qu'il fonctionne tout seul: Leviathan n'a pas besoin d'être contraint de suivre la trajectoire (BAU, business as usual). Il pratique un taux d'intérêt

$$r = \rho + \theta g$$

- $g > 0$: le taux d'intérêt doit être plus grand que ρ , le taux de préférence pour le présent; c'est ce qui s'est passé jusqu'à présent. Noter que même si $\rho = 0$ (nous traitons nos descendants comme nous-mêmes), nous leur infligerons quand même un taux > 0 , car nous considérerons qu'ils seront plus riches que nous !
- $g < 0$: le taux d'intérêt doit être plus petit que ρ , et peut même être *négatif* ! C'est la question du taux écologique: si on a un arbre aujourd'hui, il faut être prêt à investir pour le conserver demain.

$$\max \left[\int_0^{\infty} u(c) e^{-\rho t} + \lambda u(c_{\infty}) \right]$$

Le coefficient $\lambda > 0$ traduit le poids que la génération présente accorde à l'état du monde après sa mort (Chichilnisky)

Il n'y a pas de solution optimale: Leviathan pratique le BAU, et remet toujours au lendemain le moment où il va mettre en pratique ses bonnes intentions. On est donc renvoyé à un jeu intertemporel, où les générations successives essaient de se coordonner. Ce jeu a été étudié par IE-Asheim, *Economic Theory*, 2016. On cherche une stratégie stationnaire $c = \sigma(k)$ qui soit un équilibre de Nash. Ils montrent que:

- 1 Que si le niveau de capital initial est élevé $k_0 > \bar{k}_{BAU}$, on peut se coordonner sur un niveau k_{∞} intermédiaire: $\bar{k}_{BAU} < k_{\infty} < k_0$
- 2 Mais que l'on ne peut jamais reconstituer le capital naturel une fois détruit: si $\bar{k}_{BAU} < k_0 < k_{\infty}$, il n'existe pas de stratégie permettant d'atteindre le niveau k_{∞}

Dans la vraie vie, on a des biens industriels qui sont produits et des ressources naturelles qui sont exploitées, avec des taux d'intérêt différents. Peut-on les faire coexister dans un modèle type Ramsey 'à deux biens ? La ressource naturelle peut être considérée comme:

- un bien de consommation (pêcheries)
- un bien public (qualité de l'air)
- un facteur de production (température)

Dans tous les cas, la ressource naturelle, renouvelable ou non, est limitée, alors que la production de bien industriel (ordinateurs) est potentiellement illimitée. Cela conduit à des modèles différents, qui ont un point commun: les prix relatifs du bien de consommation et de la ressource naturelle évoluent avec le temps, en faveur de la ressource naturelle.

La question des prix relatifs

D'un point de vue théorique, la question est résolue. Si l'on a deux biens, l'un environnemental (vert) et l'autre industriel (qui sert de numéraire) et que le prix relatif du premier par rapport au second croît au rythme $\gamma > 0$ deux investissements de même maturité, l'un vert et l'autre non, de rendement r_{vert} et r_{ind} , seront considérés comme équivalents si

$$r_{\text{vert}} = r_{\text{ind}} - \gamma$$

D'un point de vue pratique, la question de faire reconnaître cette équivalence ne l'est pas - à moins que le prix relatif ne soit un prix effectif. C'est la taxe carbone

Pourquoi nous ne sommes pas raisonnables

L'illusion politique: les collectivités ne sont pas des personnes, le qualificatif de raisonnable ne peut s'appliquer. Les choix qu'elles effectuent peuvent être contradictoires, et dépendent tout autant des procédures adoptées que des préférences individuelles. Le peuple ne peut agir directement, il doit passer par le Prince.

Donc toute l'analyse précédente est un benchmark. Les réalités de l'action collective, notamment le problème du passager clandestin, vont entraîner des blocages, et nous sommes fermement sur la pente du BAU. Il faut donc se demander quelles en seront les conséquences, et ce dans un cadre plus réaliste que le rapport Stern

Un modèle keenesien avec réchauffement

Giraud, McIsaac, Bovari, Zatsepina ont produit un modèle de type Goodwin-Keen incorporant:

- un mécanisme investissement \rightarrow croissance (profits, salaires, dette) \rightarrow décroissance (poids de la dette, charges salariales) \rightarrow désinvestissement (diminution des profits) qui peut, soit produire un cycle, soit un effondrement (collapse)
- un module climatique, où l'on prend le point de vue que le réchauffement diminue la productivité:

$$Y = \frac{1}{1 + \pi_1 T + \pi_2 T^2 + \pi_3 T^{6,754}} Y_0$$

- un taux d'intérêt exogène et constant.

Leurs résultats dépendent beaucoup des hypothèses faites sur la croissance technologique. Ceci dit, avec des hypothèses raisonnables, on est conduit à un effondrement de l'économie dans le courant du 22^{ème} siècle, sans préjudice de ce qui peut se passer avant

Nous sommes en route vers les 5 °C, mais on peut espérer que les signaux perçus le long de la route ne nous fassent changer de cap. Parmi ceux-ci:

- la détérioration météorologique et géographique
- la crise politique qui en résulte dès à présent (guerre au MA, réfugiés)
- la crise économique:
 - croissance faible ou négative
 - des prix bas pour le pétrole
 - des taux monétaires faibles ou négatifs
 - des indices boursiers en croissance avec la prime de risque et la volatilité
- une crise politique avec le refus du libre-échange

Traditionnellement, on s'attend à ce que l'épuisement ou la surexploitation des ressources se traduise par une explosion des prix, qui en signifierait donc la fin (Hotelling)

Il y a plusieurs raisons qui font qu'il n'en est pas nécessairement ainsi

- les subventions publiques à l'exploitation (cas des pêcheries)
- le rôle de l'incertitude (cas du pétrole):
 - il peut être optimal d'accumuler des réserves quand elles tirent à leur fin
 - dire que les anticipations de prix croissent ne signifie pas que les prix spots croissent aussi
- enfin, tout cela dépend de l'évolution de la demande

La question de la croissance

- 1 Les perspectives immédiates sont mauvaises: nous ne sommes pas sortis de la crise financière de 2008.
- 2 Les perspectives à long et à très long terme sont mitigées
 - 1 Le réchauffement climatique commence à se faire sentir, ainsi que notre incapacité à y faire face. Un secteur majeur de l'économie réelle (exploitation des ressources naturelles) bascule durablement vers la décroissance
 - 2 Le poids financier de la dette va venir accentuer les difficultés
 - 3 La question de l'énergie, et notamment de l'utilisation des combustibles fossiles, soit par la raréfaction, soit par la régulation, va affecter les industries traditionnelles (Peabody aux US)
 - 4 La révolution numérique est en marche, mais ses conséquences sur la société, notamment les inégalités inter- et intra-nationales, et sur la demande, sont loin d'être claires

- 1 Les prix relatifs, entre actifs industriels et actifs environnementaux, divergent: les prix de l'immobilier et de l'or flambent, alors que les ordinateurs suivent la loi de Moore
- 2 Les taux monétaires sont à des niveaux historiquement bas. Est-ce dû aux anticipations de décroissance (Carney), aux banques centrales ou à une méfiance généralisée envers les produits financiers (a market for lemons) ?
- 3 Rien ne laisse présager que cette situation change dans un proche avenir. Elle fait peser une lourde menace sur
 - 1 les systèmes de retraite par capitalisation
 - 2 les dettes, y compris les dettes souveraines

Devant ces perspectives, il faut ménager une transition aussi douce que possible, et notamment dans le domaine énergétique. L'IEA évalue à 45 T\$ les sommes nécessaires au remplacement progressif des combustibles fossiles par d'autres sources d'énergie, et à la transformation correspondante de nos technologies de production et de nos habitudes de consommation. D'où viendra cet argent ?

- D'un côté, les taux faibles valorisent l'avenir (ou le rapprochent du présent). Cela rapproche le taux de marché du taux écologique, et devrait donc être favorable à la lutte contre le réchauffement
- De l'autre, ils incitent les investisseurs à chercher le rendement ailleurs que dans les marchés financiers. Deux possibilités
 - Faire de l'investissement en direct (capital-risque)
 - Chercher la rente dans des actifs dont le prix relatif va augmenter (immobilier, or, matières premières)

- Les entreprises doivent déclarer de manière détaillée leur exposition au carbone et aux risques qui l'accompagnent
- Si on prend les objectifs de la COP 21 au sérieux, et si les gouvernements s'y tiennent, les entreprises disposent d'un cadre stable de prévision pour leurs stratégies
- Les obligations vertes (green bonds) constituent une nouvelle classe d'actifs spécifiques, dédiés à la transition énergétique. (42 M\$ en 2015). Carney propose une série de mesures pour les standardiser et les rendre attractifs, notamment "*Creating voluntary definitional frameworks, certification and validation to give certainty to investors and issuers that the project being financed is green*"
- Cette nouvelle classe permettrait de renverser une tendance historique, qui voit le capital se déverser des pays pauvres vers les pays riches

Le rôle de la puissance publique

La puissance publique (là où elle existe) peut agir de plusieurs manières:

- en légiférant et en règlementant
 - agir à son échelle sans attendre les autres afin de briser la fausse logique du passager clandestin
 - soutenir le taux d'intérêt écologique (taxe carbone)
 - sanctuariser le capital naturel existant (réserves de pêche)
 - modifier les structures de gouvernance des entreprises pour y faire entrer des représentants de toutes les parties prenantes, et pas seulement les actionnaires
 - créer des institutions qui aient une vision à long terme
- en créant des incitations et une connaissance commune
 - demander que les états, comme les entreprises, publient un bilan vert comme un bilan comptable, chiffrant autant que possible les externalités
 - en orientant les investissements privés vers la transition énergétique (panneaux solaires)
 - en explorant les possibilités offertes par l'économie numérique (covoiturage, crowdfunding)

Enfin, la puissance publique jouera le rôle d'investisseur en dernier ressort

- en pilotant la transition énergétique: d'où viendra l'électricité demain ?
- en donnant l'exemple: isolation thermique de tous les bâtiments publics

Ce rôle lui incombera au moment même où elle subira le choc de la dette et où elle devra suppléer aux faillites des marchés (dans une perspective de taux durablement faibles). C'est dire si la tâche est difficile, et elle l'est encore plus si on exige de toutes les économies nationales d'être compétitives.

C'est pourquoi Keynes proposait la création d'une chambre de compensation entre états. Les constatations de Carney vont dans le même sens. Je reprends ici l'idée et je demande un nouveau Bretton Woods !