

# Leçon 6

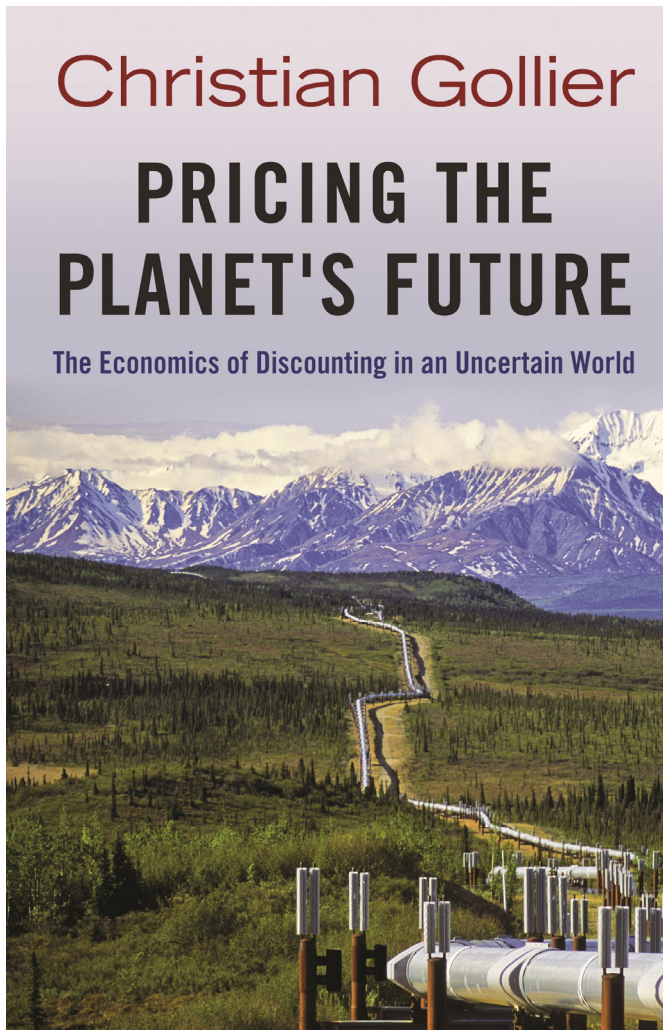
## Apports des théories modernes de la finance et de la croissance

Collège de France

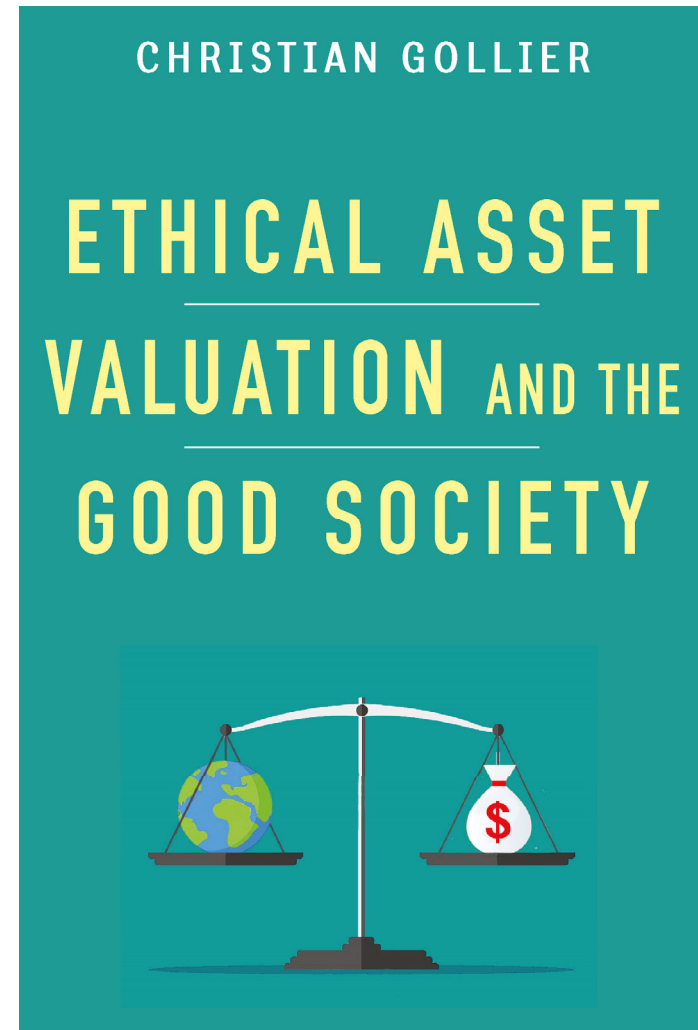
Christian Gollier

# Récap des épisodes précédents

- Il faut mesurer nos efforts de décarbonation à l'aune de leurs impacts pour les générations futures.
- Valeur carbone = Valeur présente des dommages climatiques évités.
- Comment valoriser aujourd'hui un bénéfice très éloigné dans le temps? Deux approches:
  - Normative: Voile d'ignorance + aversion aux inégalités.
  - Positive: Raisonement d'arbitrage des actuaires et des financiers. Pour des horizons « courts »...
  - Les deux approches ne collent pas.



Princeton UP, 2013



Columbia UP, 2018. Traduit en français par PUF (2020)<sub>3</sub>

Impact du  
taux  
d'actualisation  
sur la valeur  
carbone

r	VC
7%	4.46 €
6%	9.45 €
5%	20.18 €
4%	43.38 €
3%	93.98 €
2%	205.11 €
1%	451.12 €

J'approxime ici le dommage climatique évité à 1000 €<sub>2022</sub> dans 80 ans.

# Modèle d'évaluation fondé sur la consommation

- Une approche normative de l'évaluation des actifs financiers.
- Sous le voile d'ignorance, serions-nous prêts à payer  $V$  aujourd'hui pour éviter un dommage  $Y$  dans  $t$  années?

$$u(C_0) - u(C_0 - V) = Eu(C_t + Y) - Eu(C_t)$$

$$V = e^{-rt} EY \quad \text{avec} \quad r = -\frac{1}{t} \ln \left[ \frac{E[Yu'(C_t)]}{u'(C_0)EY} \right]$$

# Consumption-based CAPM (Ramsey en incertitude)

3 hypothèses

$$\left\{ \begin{array}{l} C_t = C_{t-1} e^{x_t}, \quad x_1, x_2, \dots \text{i.i.d. } N(\mu, \sigma^2) \\ Y = C_t^\beta \\ u'(C) = C^{-\gamma} \end{array} \right.$$

$$r = r_f + \beta\pi \quad \text{avec} \quad \left\{ \begin{array}{l} r_f = \gamma\mu - 0.5\gamma^2\sigma^2 \\ \pi = \gamma\sigma^2 \end{array} \right.$$

## Ramsey révisé: $r_f = \gamma\mu - 0.5\gamma^2\sigma^2$

- L'incertitude doit nous inciter à réduire le taux d'actualisation des projets risqués.
- Investissements sans risque « de précaution ».
- Impact du risque sur le taux sans risque:

$$r_f = -\frac{1}{t} \ln \left[ \frac{E[u'(C_t)]}{u'(C_0)} \right]$$

$$\gamma = 2 \text{ et } \sigma = 3\% \Rightarrow 0.5\gamma^2\sigma^2 = 0.18\%$$

- Cela ne change pas la conclusion: marchés long-termistes.
  - « Paradoxe du taux sans risque »: 3.82% >> 1%

# Profil de risque de Y: le beta

$$r = r_f + \beta\pi \text{ avec } \begin{cases} r_f = \gamma\mu - 0.5\gamma^2\sigma^2 \\ \pi = \gamma\sigma^2 \end{cases}$$

- Nous avons vu que les marchés pénalisent massivement les actifs risqués: Prime de risque de marché  $\pi$ .
- Aversion au risque : Pénaliser les projets qui augmentent le risque macro, et récompenser ceux qui les assurent.
- Profil de risque mesuré par le paramètre  $\beta$  du projet, qui est l'élasticité-revenu du bénéfice net du projet:
  - $\beta > 0$ : le projet accroît le risque macro (transport, infrastructure marginale,...);
  - $\beta < 0$ : le projet assure le risque macro (hôpitaux, masques,...).

$$\log Y = a + b \log C_t + \varepsilon_t$$



Branches (nomenclature INSEE, niveau F)	Bêta de la valeur ajoutée de la branche
Agriculture, sylviculture, pêche	0,85*
Industrie	2,09*
Industries agricoles et alimentaires	0,71
Industries de la viande et du lait	1,01
Autres industries agricoles et alimentaires	0,61*
Industries des biens de consommation	1,34*
Habillement, cuir	1,40
Édition, imprimerie, reproduction	1,08*
Pharmacie, parfumerie et entretien	1,31*
Industries des équipements du foyer	1,75
Industrie automobile	4,98
Industries des biens d'équipement	2,50*
Construction navale, aéronautique et ferroviaire	N.A.
Industries des biens d'équipement mécaniques	3,00*
Industries des équipements électriques et électroniques	3,18*
Industries des biens intermédiaires	2,76
Industries des produits minéraux	2,66*
Industrie textile	2,44
Industries du bois et du papier	1,38
Chimie, caoutchouc, plastiques	2,00*
Métallurgie et transformation des métaux	3,27
Industrie des composants électriques et électroniques	4,40*
Énergie	0,85
Production de combustibles et de carburants	0,63
Eau, gaz, électricité	0,92
Construction	1,45*
Bâtiment	1,43*
Travaux publics	1,54
Services principalement marchands	1,04*
Commerce	1,19
Commerce et réparation automobile	1,70
Commerce de gros, intermédiaires	1,49
Commerce de détail et réparations	0,67*
Transports	1,60
Activités financières	0,15
Intermédiation financière	0,49
Assurances et auxiliaires financiers	- 0,36

Annexe au Rapport  
Gollier (2011),  
France Stratégie

# Quel « bêta climatique »?

- Est-ce que les investissements de décarb ont une valeur assurantielle pour les générations futures?
- Supposons que la source principale d'incertitude soit la sensibilité climatique.
- En cas de forte sensibilité, l'économie sera massivement affectée par le changement climatique (C<sub>t</sub> faible), et le bénéfice futur d'un effort de décarb aujourd'hui est élevé (Y élevé):  $\beta < 0!$
- Ceci milite pour un taux d'actualisation pour le climat faible, donc pour une valeur carbone élevée.

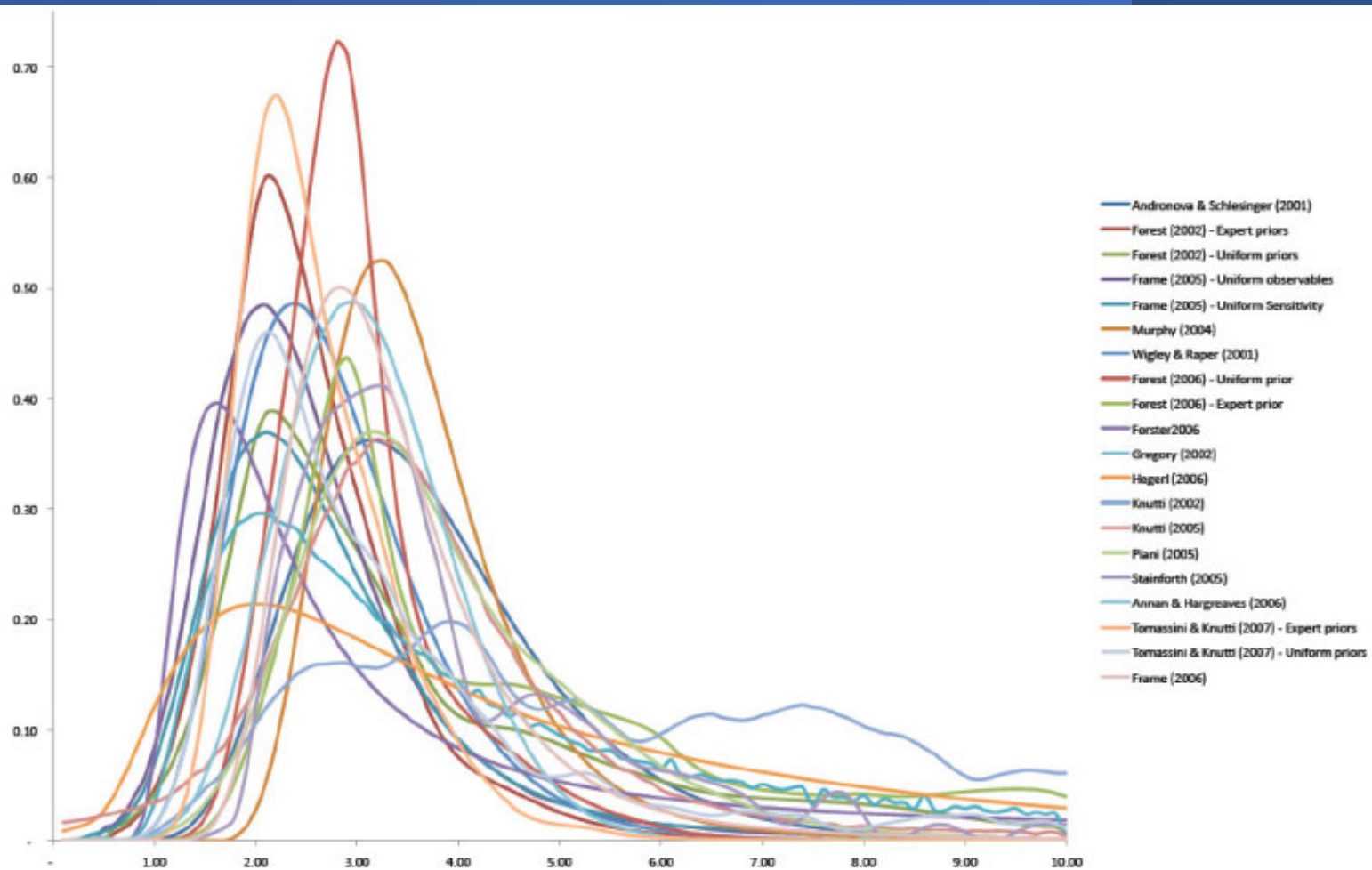


Fig. 2. Différentes distributions de probabilité pour le paramètre de sensibilité du climat (source : Meinshausen *et al.*, 2009).

# Argument pour un bêta climatique positif

- Supposons alternativement que la source principale d'incertitude pour les générations futures soit leur niveau de prospérité générale (productivité des facteurs).
- En cas de forts gains de productivité, la consommation sera élevée ( $C_t$  élevé), les émissions seront plus élevées, ainsi que le dommage climatique marginal. Cela implique que l'effort de décarbonation aujourd'hui aura un bénéfice plus élevé ( $Y$  élevé):  $\beta > 0$ !
- Dietz, Gollier et Kessler (2018): Effet net positif.
  - Il faut utiliser un taux d'actualisation pour les investissements de décarbonation plus élevé que le taux sans risque.  $\beta \in [0,1]$
  - De combien? Quelle est la prime de risque  $\pi$ ?

## Ajustement pour le risque: $\pi = \gamma\sigma^2$

- L'ajustement est proportionnel à l'élasticité-revenu du bénéfice net:  $\beta$ .
- La prime de risque agrégée est égale à

$$\gamma = 2 \text{ et } \sigma = 3\% \Rightarrow \gamma\sigma^2 = 0.18\%$$

- Exemple: Le CAC40 a un  $\beta$  autour de 3. La prime risque d'un investissement CAC40 devrait être d'environ 0.54%.
  - Au XXe siècle en France, elle fût d'environ 6 fois supérieure!
  - Marchés court-termistes!
  - « Paradoxe de la prime de risque ».

# Comment résoudre ces paradoxes?

$$r_f = \gamma\mu - 0.5\gamma^2\sigma^2$$
$$\pi = \gamma\sigma^2$$

- Augmenter l'aversion aux inégalités/risques ( $\gamma$ )?
  - Augmentation de la prime de risque, mais augmentation du taux sans risque.
  - Découpler aversion au risque et aversion aux inégalités? Kreps, Epstein, Zin, Kihstrom,...
  - Mais sous le voile d'ignorance, on ne peut découpler.
- Augmenter le risque et l'incertitude?
  - Augmenter le risque réduit le taux sans risque et augmente la prime de risque.
  - Incertitudes plus profonde qu'un brownien dont on connaîtrait les paramètres ( $\mu, \sigma$ ) immuables?

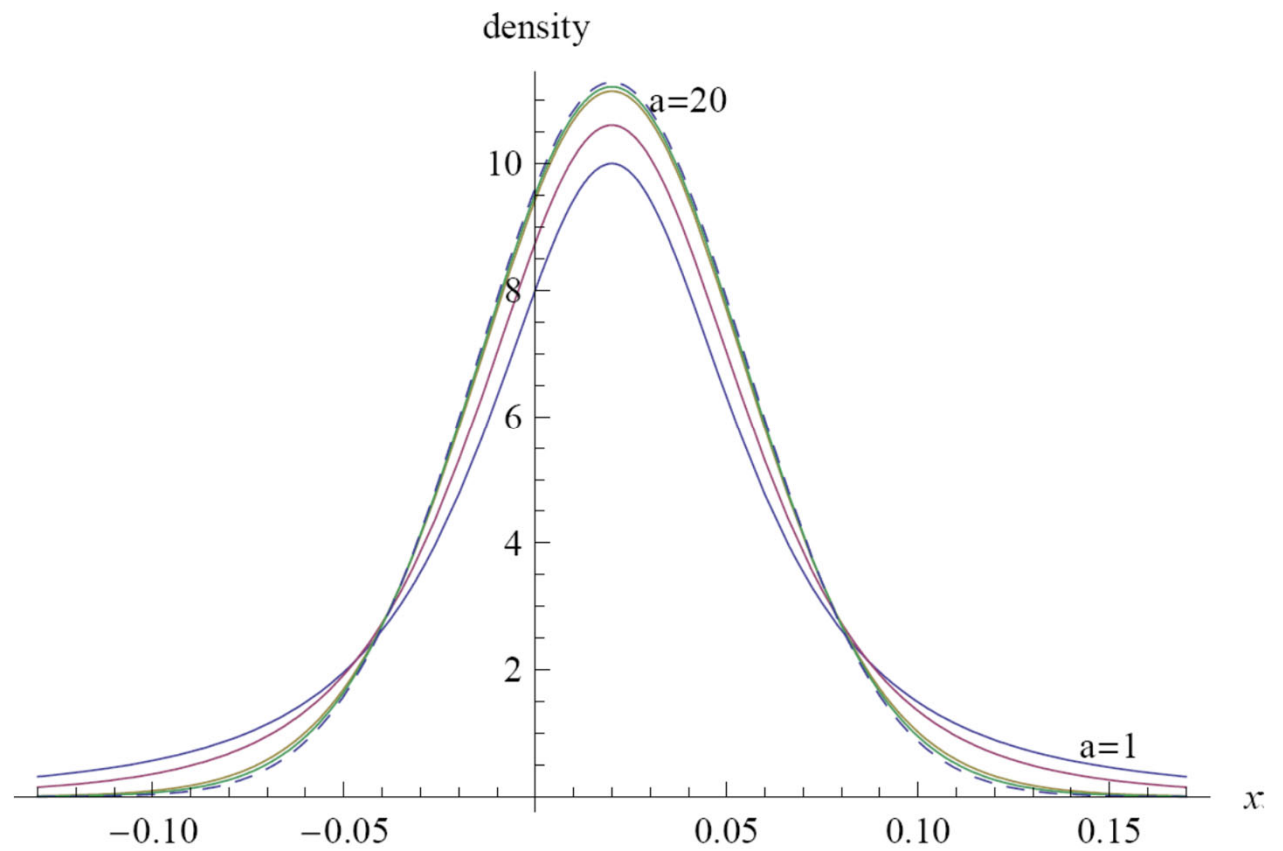
# Sortir du mouvement brownien: les queues de distribution

- Avec un Brownien, le log de  $C_t$  a une distribution gaussienne, donc avec des queues fines.
- Supposons alternativement que log  $C_t$  soit distribuée comme une Student-t.
- C'est le cas lorsque  $\sigma^2$  est inconnu, avec une distribution « gamma inversée ».
- Dans ce cas, renversement des paradoxes de la finance!

$$r_f \rightarrow -\infty; \pi \rightarrow +\infty$$

$$r = -\frac{1}{t} \ln \left[ \frac{E[Yu'(C_t)]}{u'(C_0)EY} \right]$$

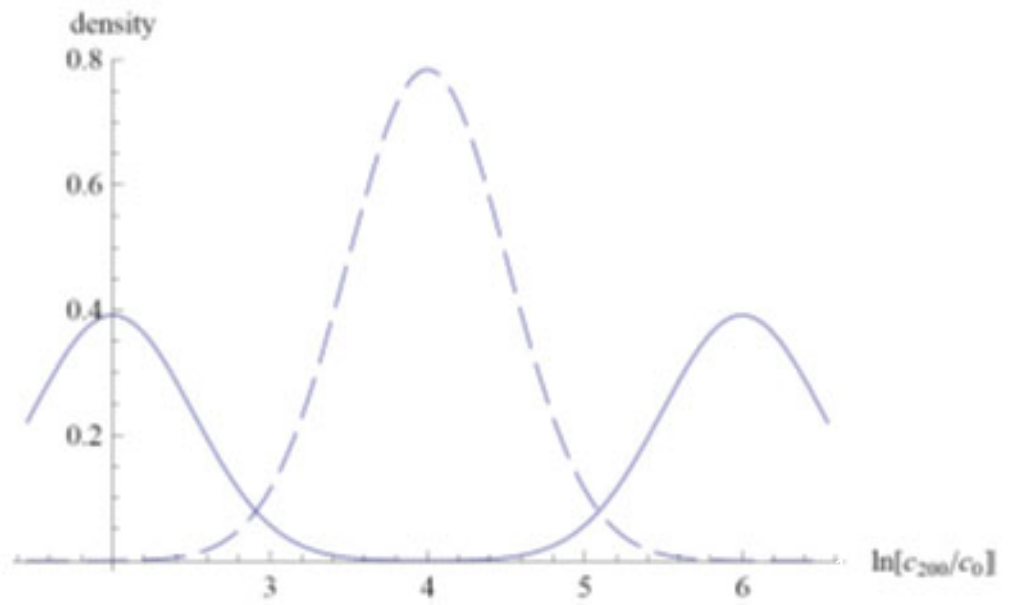
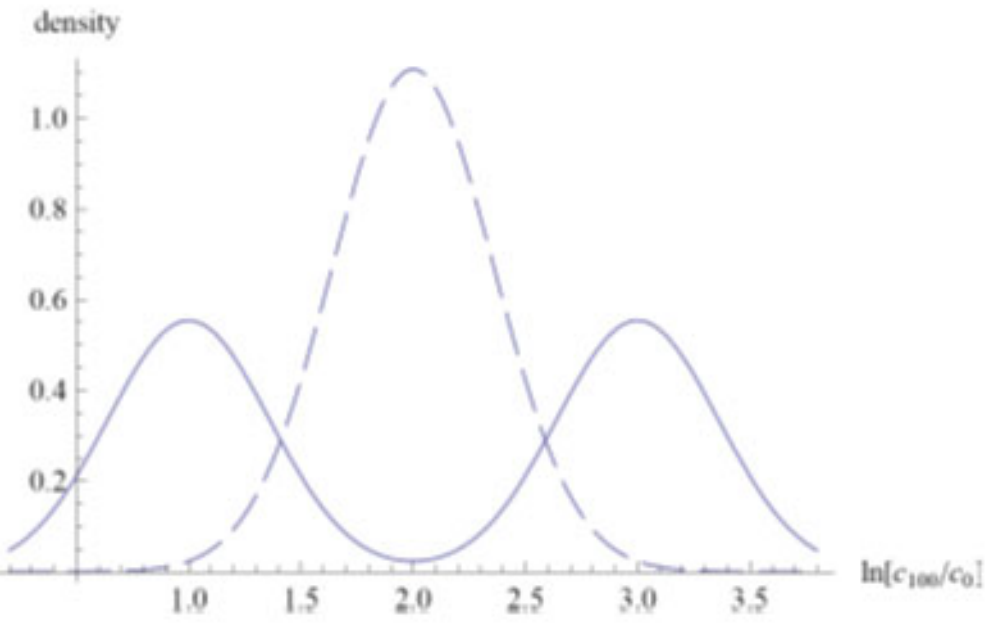
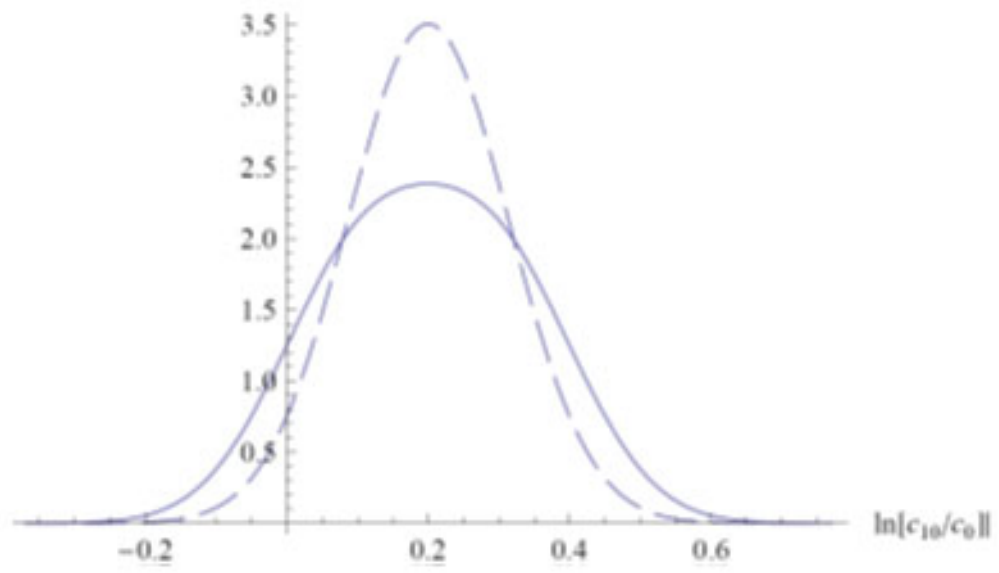
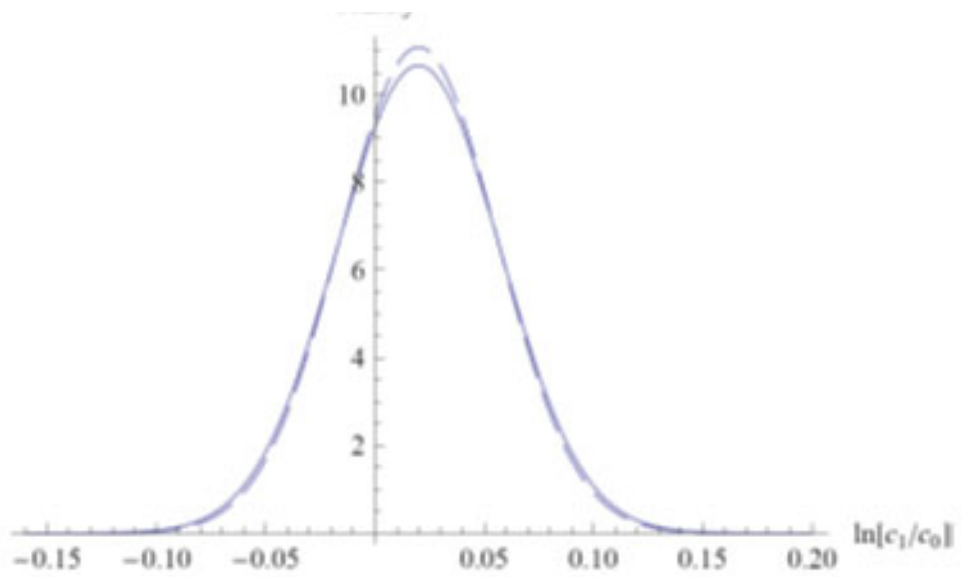
Lois de  
Student et  
loi normale



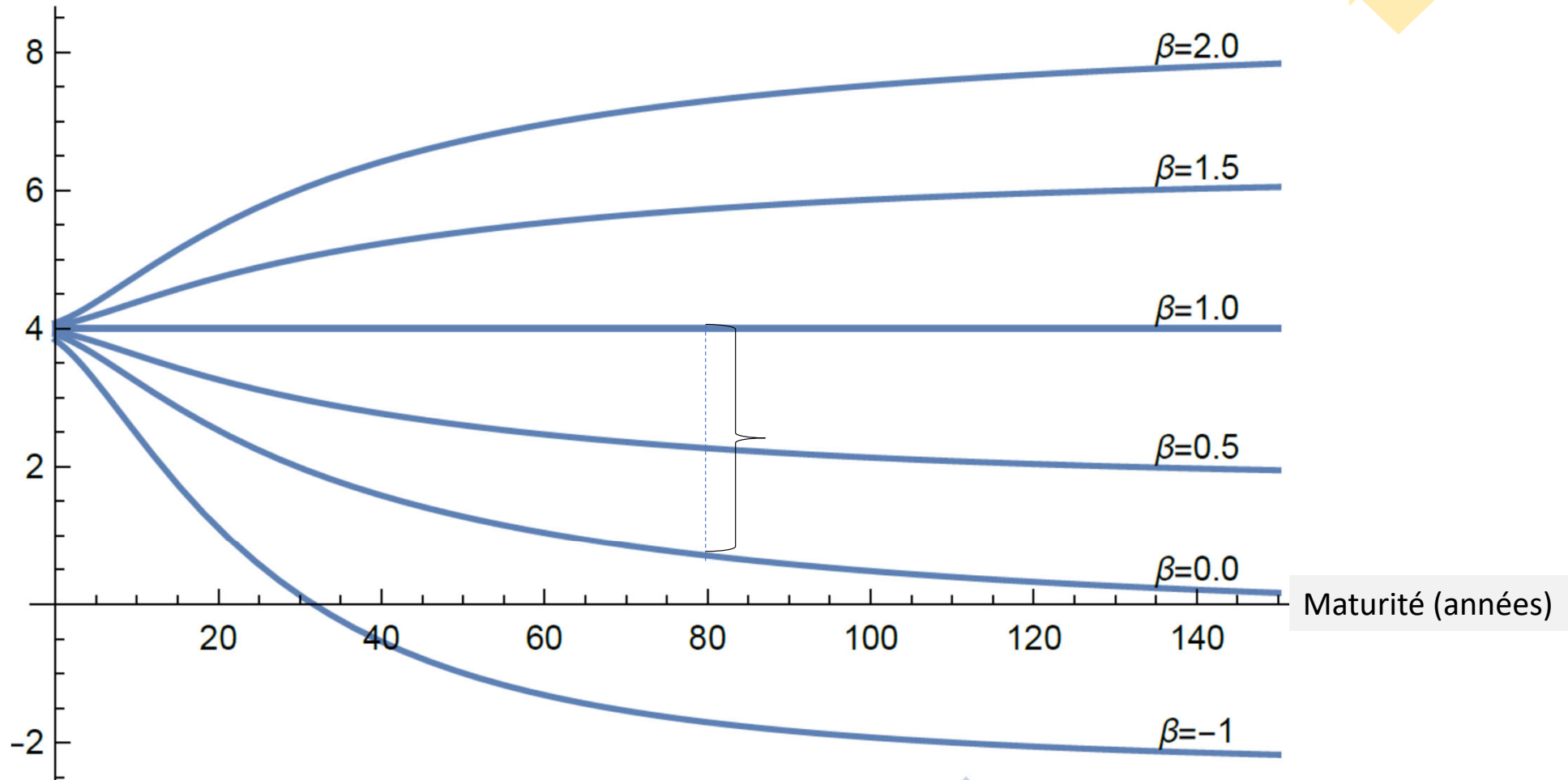


# Sortir du mouvement brownien: incertitude sur le trend de croissance

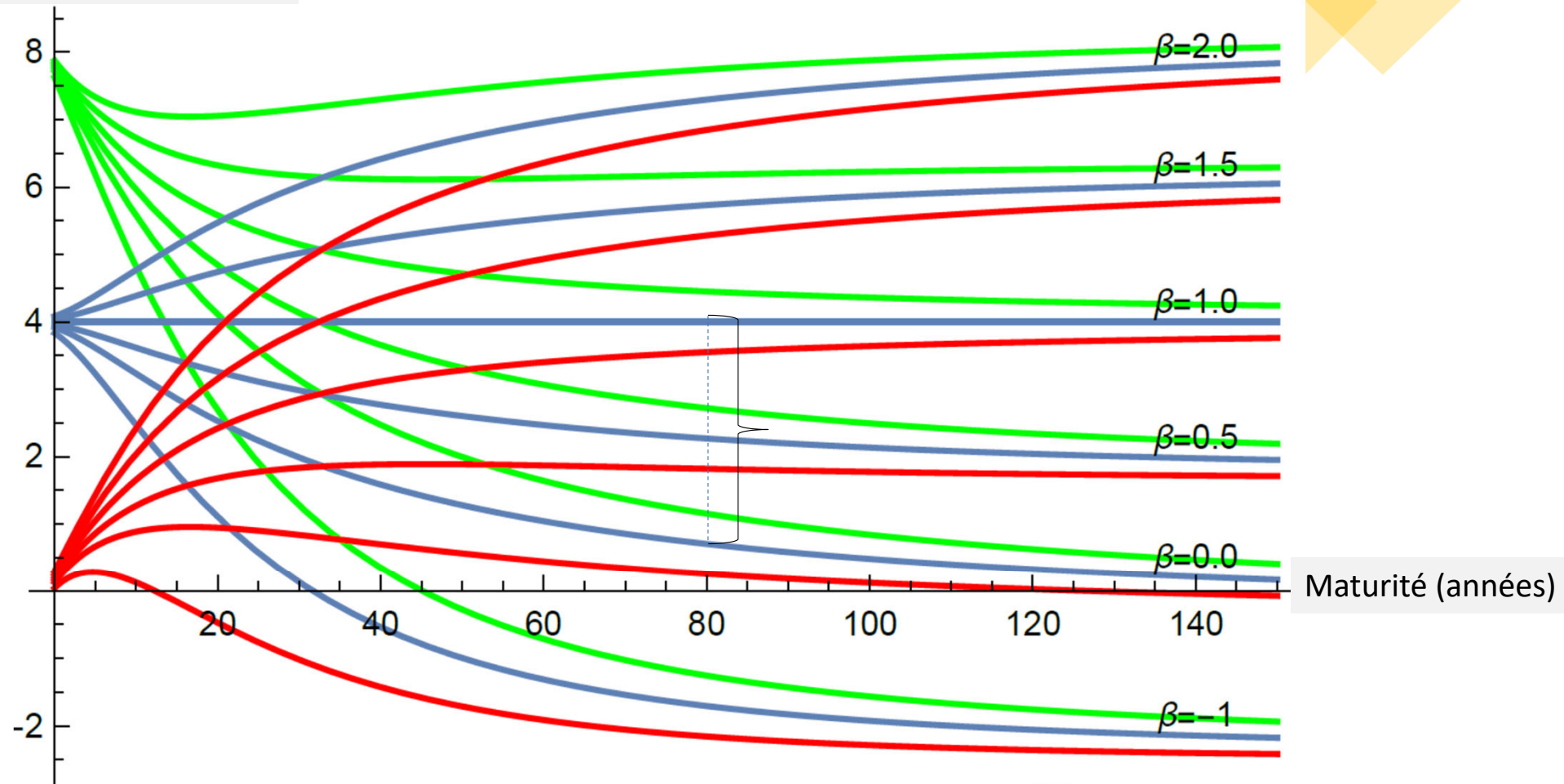
- $\mu=2\%$ , vraiment? Il existe une incertitude fondamentale sur le trend de croissance pour les siècles à venir.
- Supposons que  $\mu=1\%$  ou  $3\%$  avec égales probabilités.
- Cela magnifie l'incertitude de long terme, sans affecter vraiment le risque de court terme.
  - Structure par terme décroissante du taux sans risque.
  - Structure par terme croissante de la prime de risque.



Taux d'actualisation



Taux d'actualisation



Impact du  
taux  
d'actualisation  
sur la valeur  
carbone

r	VC
7%	4.46 €
6%	9.45 €
5%	20.18 €
4%	43.38 €
3%	93.98 €
2%	205.11 €
1%	451.12 €

J'approxime ici le dommage climatique évité à 1000 €<sub>2022</sub> dans 80 ans.

# Conclusion

- Il existe des arguments forts pour actualiser les bénéfices certains à long terme à un taux faible.
  - 1%? => VC autour de 450€!
- Mais décarboniser nos économies engendre un bénéfice incertain pour les générations futures.
- Il semble que ce bénéfice est positivement corrélé avec la prospérité.
- Cela doit nous inciter à choisir taux d'actualisation climatique plus grand que 1%, et une VC plus petite que 450€/tCO<sub>2</sub>.