
Gestion forestière face à un risque climatique : quels sont les effets des préférences vis-à-vis du risque et de la substitution intertemporelle?

Stéphane Couture (LEF-Nancy)
and
Arnaud Reynaud (LERNA-Toulouse)

Tiré de l'article "*Multi-stand Forest Management Under a Climatic Risk: Do Time and Risk Preferences Matter?*" actuellement en révision pour la revue *Environmental Modeling and Assessment*

Plan de ma présentation

- **Objectif principal** : proposer un cadre d'analyse reposant sur la programmation dynamique stochastique afin de modéliser la gestion d'une forêt composée de plusieurs peuplements faisant face à un risque climatique en tenant compte des préférences du propriétaire forestier privé ainsi que de ses décisions d'épargne.
- **Plan:**
 - Le contexte
 - La littérature existante
 - Nos contributions
 - Le modèle
 - La méthode pour résoudre le programme
 - Quelques résultats d'une application empirique
 - Conclusion

Risque et gestion forestière : le contexte

- **Les derniers événements climatiques en Europe** (Tempêtes exceptionnelles de 1999, sécheresse et canicule de 2003, incendies)
 - Premiers signes de changement dans la fréquence des événements climatiques exceptionnels dû au changement climatique
 - Changement climatique ⇒ Impact sur les aléas affectant la forêt
 - Gestion forestière durable
- **Il en résulte:**
 - ⇒ une hausse des dommages dus aux événements naturels
 - ⇒ changements des pratiques de gestion forestière et de l'environnement

Le contexte en France

- **2 tempêtes en 1999 en France (Martin et Lothar)**
 - 150 M mètre cube ($\approx 6\%$ des bois sur pied)
 - Perte financière ≈ 6 M euros
 - Compensation de l'assurance pour 2% du montant des dommages
 - 3 années de récolte de bois à terre
- **Les propriétaires forestiers ne sont pas assurés contre les risques naturels**
 - $< .5\%$ des propriétaires forestiers (7% des forêts privées)

Travaux récents en économie forestière

- Aversion au risque et les modèles de préférence d'utilité
 - en gestion forestière
 - en gestion forestière avec le problème de consommation-épargne
- Aversion au risque et préférences vis-à-vis de la substitution intertemporelle et les modèles d'utilité récursive
 - en gestion forestière seulement
 - Koskela and Ollikainen (1999) : L'effet du risque sur la récolte de la nature de ce dernier.
 - Peltola and Knapp (2002) : L'élasticité intertemporelle de substitution affecte la gestion forestière comparée à la version au risque.

Contributions de notre recherche

- **Préférences récursives**
 - Quelles sont les effets sur la gestion forestière des préférences vis-à-vis du risque et vis-à-vis de la substitution intertemporelle ?
- Inclure les décisions de **consommation et d'épargne** tout en résolvant simultanément le problème de **gestion forestière**
 - Quels sont les effets de l'épargne sur la gestion forestière ?
 - Actif risqué (forêt) contre actif certain (épargne)
- **Forêt composée de plusieurs peuplements**
 - Un portefeuille de peuplements de classes d'âge différentes afin de se couvrir contre le risque
- Un modèle "opérationnel" : modèle de **programmation dynamique stochastique** à horizon infini ; simulations numériques

Le modèle

- La spécification du modèle

- *Classes d'âge de la forêt*

- Un propriétaire forestier qui possède une terre de surface donnée pouvant être affectée à une forêt

- Cette surface totale est composée de la somme de terre allouée aux différentes classes d'âge $\sum_{i=1}^I A_{i,t}$ et de celle affectée à la jachère $A_{f,t}$

- Chaque classe d'âge d'arbres i est caractérisée par son volume de bois sur pied par hectare avec :

$$V_i > V_{i-1} \quad \forall i \geq 2$$

- L'indice de la classe d'âge la plus ancienne I indique l'âge minimum des arbres de cette classe. Quand un peuplement a atteint cette classe il a aussi atteint le volume sur pied le plus important.

Le modèle

– *Le timing :*

- A chaque période t , le propriétaire forestier :

- peut décider de planter de nouveaux arbres sur une surface $a_{p,t}$
- choisir la surface à récolter pour chaque classe d 'âge $a_{i,t}^h$
- et choisir la surface de la jachère. $a_{f,t}$

- A chaque période on a : $a_{f,t} + a_{p,t} = \sum_{i=1} a_{i,t}^h$

- Le risque:

- L 'environnement stochastique est décrit par un risque de destruction de la classe d 'âge due aux tempêtes.
- La probabilité de destruction varie en fonction des classes d 'âge.
- L 'événement stochastique représentant la destruction de la classe d 'âge i à la période t est noté par $\tilde{\varepsilon}_{i,t}$ avec $\tilde{\varepsilon}_{i,t} = 1$ en cas de destruction.
- Une fois les décisions prises, le risque se réalise. Si l 'événement stochastique n 'affecte pas la classe d 'âge i alors les arbres croissent sinon la surface en jachère est augmentée de la surface correspondante.

Le modèle

- Les dynamiques des classes d'âge :

	Dynamic system at t	Decisions	Stochastic event	Dynamic system at $t + 1$
Planting		$a_{p,t}$	$\tilde{\epsilon}_{p,t}$	
Age class 1	$A_{1,t}$	$a_{1,t}^h$	$\tilde{\epsilon}_{1,t}$	$A_{1,t+1} = a_{p,t} \cdot (1 - \tilde{\epsilon}_{p,t})$
Age class 2	$A_{2,t}$	$a_{2,t}^h$	$\tilde{\epsilon}_{2,t}$	$A_{2,t+1} = (A_{1,t} - a_{1,t}^h) \cdot (1 - \tilde{\epsilon}_{1,t})$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Age class i	$A_{i,t}$	$a_{i,t}^h$	$\tilde{\epsilon}_{i,t}$	$A_{i,t+1} = (A_{i-1,t} - a_{i-1,t}^h) \cdot (1 - \tilde{\epsilon}_{i-1,t})$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Age class $I - 1$	$A_{I-1,t}$	$a_{I-1,t}^h$	$\tilde{\epsilon}_{I-1,t}$	$A_{I-1,t+1} = (A_{I-2,t} - a_{I-2,t}^h) \cdot (1 - \tilde{\epsilon}_{I-2,t})$
Age class I	$A_{I,t}$	$a_{I,t}^h$	$\tilde{\epsilon}_{I,t}$	$A_{I,t+1} = (A_{I-1,t} - a_{I-1,t}^h) \cdot (1 - \tilde{\epsilon}_{I-1,t})$ $+ (A_{I,t} - a_{I,t}^h) \cdot (1 - \tilde{\epsilon}_{I,t})$
Fallow	$A_{f,t}$	$A_{f,t}$		$A_{F,t+1} = A_{f,t} + a_{f,t} + a_{p,t} \cdot \tilde{\epsilon}_{p,t}$ $+ \sum_{i=1}^I (A_{i,t} - a_{i,t}^h) \cdot \tilde{\epsilon}_{i,t}$

Le modèle

- La dynamique de la richesse :

$$W_{t+1} = W_t(1+r) + \tilde{\pi}_t - C_t$$

Taux d'intérêt

Consommation

Profit net des activités forestières =
Revenus des récoltes + Revenus de sauvetage
- Coûts (constitution, récolte, restauration)

Le modèle

- **Le problème d'optimisation dynamique consiste à chaque période :**
 - à déterminer si une classe d 'âge doit être récoltée et si oui quelle surface,
 - à choisir le surface de jachère à reconstituer,
 - à allouer le flux de revenus entre consommation et épargne.

Le modèle

- Le problème d'optimisation dynamique stochastique

$$\mathcal{P}_1 : \left\{ \begin{array}{l}
 \max_{\{c_t, a_{p,t}, a_{i,t}^h, A_{f,t}\}_{t=1, \dots, \infty}} \mathcal{U}(\{c_t\}_{t=1, \dots, \infty}) \\
 \text{s.t.} \\
 W_{t+1} = W_t(1+r) + \widetilde{\Pi}_t - c_t \\
 A_{1,t+1} = a_{p,t} \cdot (1 - \widetilde{\epsilon}_{p,t}) \\
 A_{i,t+1} = (A_{i-1,t} - a_{i-1,t}^h) \cdot (1 - \widetilde{\epsilon}_{i-1,t}) \quad \forall i \in \{2, \dots, I-1\} \\
 A_{I,t+1} = (A_{I-1,t} - a_{I-1,t}^h) \cdot (1 - \widetilde{\epsilon}_{I-1,t}) + (A_{I,t} - a_{I,t}^h) \cdot (1 - \widetilde{\epsilon}_{I,t}) \\
 A_{f,t+1} = A_{f,t} + a_{f,t} + a_{p,t} \cdot \widetilde{\epsilon}_{p,t} + \sum_{i=1}^I (A_{i,t} - a_{i,t}^h) \cdot \widetilde{\epsilon}_{i,t} \\
 \sum_i A_{i,t} + A_{f,t} = \bar{A} \\
 (A_{\cdot,0}, A_{F,0}, W_0) \text{ given}
 \end{array} \right.$$

Le modèle

- La fonction objectif du propriétaire forestier est donnée par l'utilité récursive à la période t , U_t définie par :

Elasticité de substitution intertemporelle

$$U_t = \left\{ (1 - \beta) \cdot c_t^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + \beta [EU_{t+1}^{1-\alpha}]^{\frac{(\sigma-1)/\sigma}{1-\alpha}} \right\}^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}$$

Facteur d'escompte subjectif

Le coefficient d'aversion relative au risque constant Arrow-Pratt

Résoudre le programme

- La méthode de l'itération de la valeur
 - Méthode numérique
 - Approximation de la fonction valeur par une forme fonctionnelle (polynomiale)
 - Résoudre l'équation récursive jusqu'à convergence
- Références
 - Judd (1998) "Numerical Methods in Economics"

Une application - spécification

- **Le propriétaire forestier privé non-industriel**

- Localisation: le Nord-Est de la France
- Espèce : épicéa
- 5 classes d'âge de 20 ans
- Surface = 1 ha

- **Données**

- Taux d'intérêt de l'épargne : $r=3\%$
- Données forestières sur les prix, coûts et la production
- Préférences : valeurs des paramètres de la littérature
- Probabilités des événements aléatoires (constantes) et de chablis (croissante avec la classe d'âge)

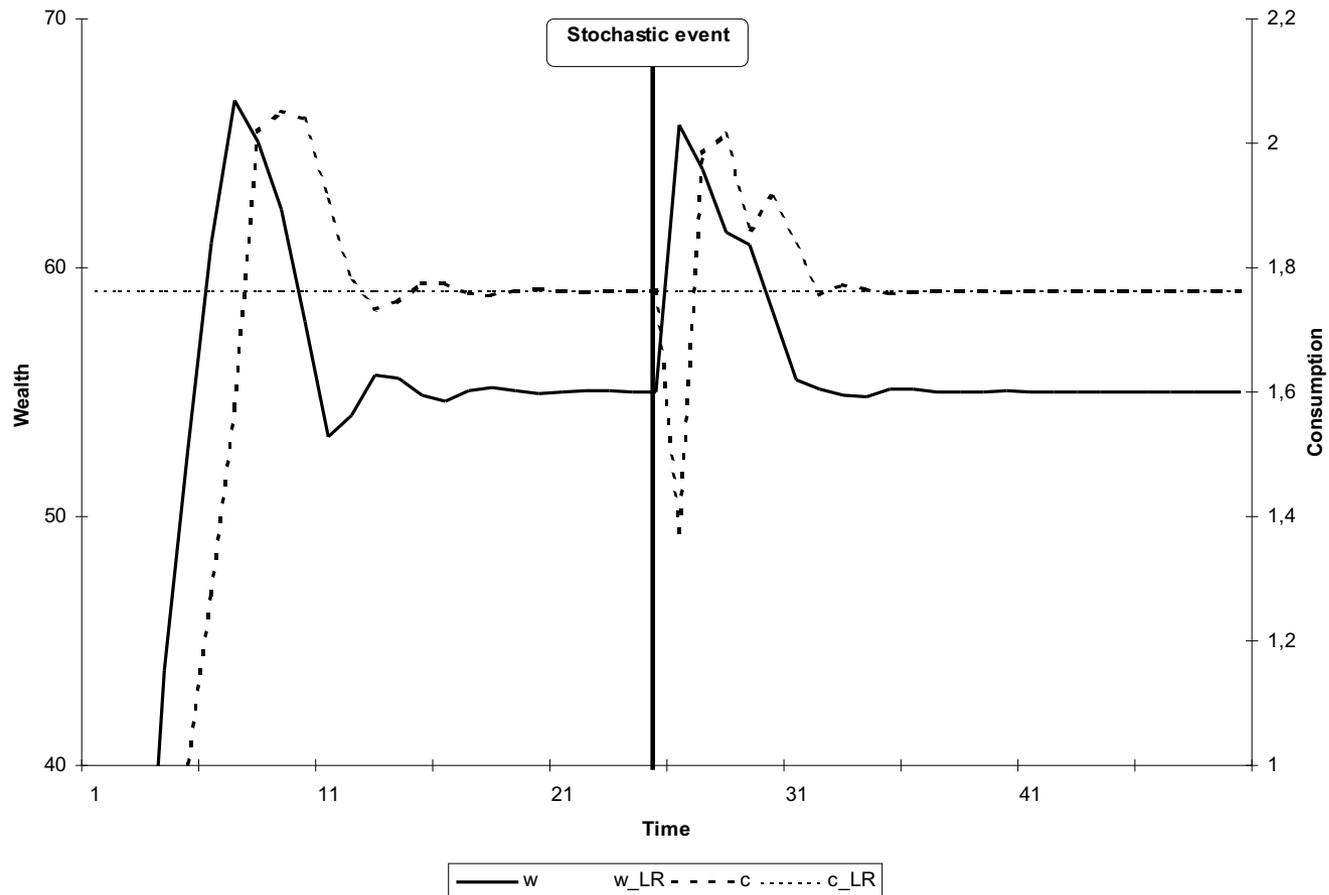
Une application - résultats

- Impacts des préférences sur les équilibres de long terme

α	σ	W^{LR}	c^{LR}	$A_{1,\dots,4}^{LR}$	$a_{1,\dots,4}^{hLR}$	A_5^{LR}	a_5^{hLR}	A_f^{LR}	a_f^{LR}
0.5	1/3	59.168	1.921	0.136	0	0.458	0.136	0	0
0.5	1/2	55.003	1.762	0.104	0	0.585	0.104	0	0
0.5	2/3	<u>53.910</u>	1.722	0.098	0	<u>0.610</u>	0.098	0	0
0.9	1/3	58.350	1.885	0.125	0	0.500	0.125	0	0
0.9	1/2	55.014	1.762	0.104	0	0.584	0.104	0	0
0.9	2/3	<u>53.989</u>	1.727	0.099	0	<u>0.603</u>	0.099	0	0
6	1/3	58.451	1.891	0.128	0	0.489	0.128	0	0
6	1/2	55.174	1.772	0.108	0	0.567	0.108	0	0
6	2/3	<u>54.299</u>	1.743	0.106	0	<u>0.575</u>	0.106	0	0

The superscript LR denotes long-run equilibrium value.

Les sentiers dynamiques vers les équilibres de long terme



Conclusion

- **Nos apports**

- Un modèle de programmation dynamique stochastique avec préférences récursives pour étudier la gestion forestière et les décisions de consommation - épargne face à un risque naturel
- Le comportement du propriétaire forestier est plus guidé par les préférences vis-à-vis de la substitution intertemporelle que par la version au risque.
- Importance de séparer ces deux types de préférences.

- **Extensions**

- Assurance
- Activités d'auto-protection et d'auto-assurance
- Autres fonctions de la forêt (fixation de carbone, biodiversité,)..