

L'assurance indicielle pour faire face aux risques de pertes de production induites par la sécheresse dans les forêts françaises

Sandrine Brèteau-Amores, Marielle Brunette, Christophe François,
Antoine Leblois, Nicolas Martin-StPaul

Contexte : la sécheresse et ses impacts

Impacts biologiques

Précipitations plus faibles
et/ou
Évapotranspiration plus élevée



Sécheresses extrêmes
Ex. 1976, 2003, 2018



Dépérissement
des forêts

Impacts socio-économiques

Pertes de production de bois (pertes financières pour le propriétaire forestier)

Intensification par le changement climatique
Solution? Adaptation

Contexte : une faible couverture des propriétaires forestiers

- Les propriétaires forestiers peuvent **adapter leurs forêts via l'assurance forestière**.
- **De nombreuses recommandations des accords internationaux encouragent les pays à assurer les forêts** afin de les protéger contre les effets du changement climatique (Global Agenda Council on Climate Change, 2014 ; the Organisation for Economic Cooperation and Development, 2015 ; Article 4.8 of the United Nations Framework Convention on Climate Change ; Article 3.14 of the Kyoto Protocol).
- **Seule 4% de la surface forestière est assurée en France** (Dossier Sylvassur, 2013).
 - Cette faible couverture caractérise également **l'Allemagne, l'Espagne et la Slovaquie**.
 - Nécessité de **développer de nouveaux produits d'assurance adaptés**, en particulier dans un contexte d'accélération du changement climatique.

Etat de l'art : Assurance forestière et assurance indicielle

- En Europe, marchés d'assurance forestière **uniquement pour les risques tempête et/ou incendie** (Brunette *et al.*, 2013 ; Barreal *et al.*, 2014 ; Brunette *et al.*, 2015).
 - Pas d'assurance contre la sécheresse en forêt.
 - **Assurance indicielle** : principes d'assurance **basée sur des indices météorologiques**.
 - **Indice préalablement défini**, basé sur des **données météo, observable** et permettant d'avoir **un indice pour un risque et plusieurs contrats** : diminution de l'asymétrie d'information et des coûts de transaction (et prime) et indemnisation plus rapide.
 - Limite : **risque de base** (faible corrélation entre le revenu et la réalisation de l'indice) (Skees, 2003) qui peuvent conduire à une faible demande (Clement *et al.*, 2018). **Type I** : lorsque les propriétaires forestiers reçoivent une **indemnité sans subir de pertes**. **Type II** : lorsque les propriétaires forestiers subissent des **pertes sans recevoir d'indemnité**.
 - Littérature sur l'assurance indicielle contre la sécheresse focalisée sur le **secteur agricole dans les pays en développement** (Skees *et al.*, 1999 ; Mahul, 2001 ; Leblois et Quirion, 2013).
 - **Pas d'assurance indicielle dans le secteur forestier**.
- ⇒ **Objectif** : Adapter le cadre de l'assurance indicielle au secteur forestier, afin de proposer un **modèle d'assurance forestière indicielle contre le risque de perte de production induite par la sécheresse**, considérant les pertes économiques.

Méthode : Combinaison de modèles de croissance forestière et d'assurance

Simulations de la productivité et de ses chocs dus à la sécheresse *via* le modèle écophysologique CASTANEA :

- **Climat passé** (1960-2015).
- **Etude de cas sur France entière: 8588 points SAFRAN** (8 km x 8 km).
- **2 espèces : hêtre et chêne.**
- **3 couples âge-biomasse** pour capturer exclusivement de la variabilité climatique (40 ans – 5000 gC/m², 70 ans – 7000 gC/m², 100 ans – 9000 gC/m²).

+

Simulation et optimisation de contrats d'assurance :

- **Comparaison de 5 indices sécheresses.**
- **Calcul de la variation de revenu équivalent certain (REC)** *via* une fonction d'utilité CRRA.
- **3 coefficients relatifs d'aversion au risque** ($\rho = 0,5 ; 1 ; 2$).

Indices de sécheresse testés

■ Cumul de précipitations (CP) :

- Sur **3 mois** (Juin-Août, *i.e.*, **pic de manque d'eau**) (CP3).
- Sur **6 mois** (Avril-Septembre, *i.e.*, **durée de la saison de végétation**) (CP6).

■ Indice de précipitations standardisé (SPI) :

- Indice largement utilisé pour caractériser la **sécheresse météorologique**.
- SPI quantifie les **précipitations observées** comme un **écart standardisé par rapport à la moyenne de la période considérée**.
- Période sur **3 mois** (SPI3) et **6 mois** (SPI6).

■ Indice annuel intégré de stress hydrique du sol (SWS) (Guillemot *et al.*, 2017) :

- Indice prenant en compte **l'approvisionnement en eau** (précipitations et capacité hydrique du sol) **et la demande en eau** (évapotranspiration de la canopée et du sol); **et caractéristiques de la végétation** comme l'impact du stress hydrique sur la fermeture des stomates (donc impact de la disponibilité en eau du sol sur la productivité).
- Indice représente la **somme de toutes les occurrences de stress hydrique observées pendant la saison de croissance** (200 jours) et calculé par le modèle CASTANEA pour chaque espèce.

Revenu équivalent certain (REC)

- **Calcul du revenu sans assurance (W_0) et avec assurance (W_{ins}) :**

$$W_0(t) = K_0 + w(t)$$
$$W_{ins}(t) = K_0 + w(t) + i(t) - p, \quad \text{with } p = \sum_{t=0}^T \left(\frac{i(t)}{N/T} \cdot (1 + \tau) \right)$$

- **Calcul de la variation de revenu équivalent certain (REC) via une fonction d'utilité U d'aversion relative au risque constante (CRRA) :**

$$\left\{ U_0(W_0(t)) = \frac{W_0(t)^{1-\rho}}{1-\rho} \mid U_{ins}(W_{ins}(t)) = \frac{W_{ins}(t)^{1-\rho}}{1-\rho} \right\}$$

$$\left\{ REC(\overline{W_0}) = [(1-\rho).EU(\overline{W_0})]^{\frac{1}{1-\rho}} \mid REC(\overline{W_{ins}}) = [(1-\rho).EU(\overline{W_{ins}})]^{\frac{1}{1-\rho}} \right\}$$

Légende :

K_0 : capital initial non forestier de l'agent.

$w(t)$: revenu de la production de bois de l'année t.

$i(t)$: indemnité de l'année t.

p : prime annuelle.

N : nombre d'agents.

T : période.

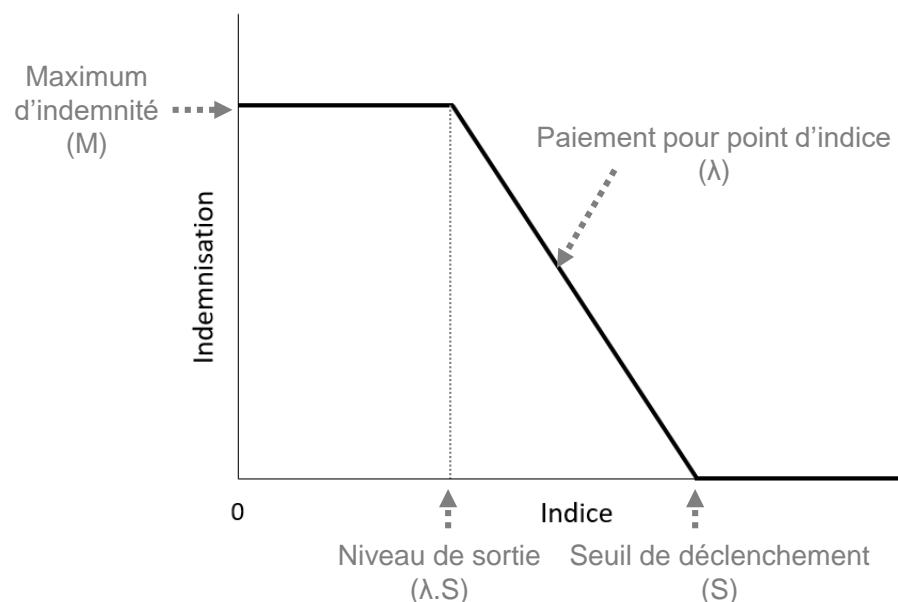
τ : facteur de charge (coûts administratifs et coût du risque pris par l'assureur).

ρ : coefficient relatif d'aversion au risque (Arrow-Pratt).

Régime d'indemnisation d'un modèle d'assurance indicielle

■ Régime défini selon 3 paramètres (Vedenov et Barnett, 2004) :

- **S** le niveau seuil de l'indice qui déclenche les indemnités.
- **λ** ($0 < \lambda < 1$) le paramètre lié à la pente déterminant le niveau de sortie ($\lambda.S$)...
- ...à partir duquel les indemnités sont plafonnées à un **maximum M**.



■ Optimisation de ces 3 paramètres du contrat maximisant REC pour :

- Chacun des 5 indices.
- 1 contrat unique et 2 contrats différenciés (hêtre et chêne).
- 3 coefficients relatifs d'aversion au risque.



Hypothèses du modèle d'assurance

- L'agent représentatif est un **propriétaire forestier** privé dont l'objectif est de **réduire l'effet du risque de sécheresse sur son peuplement**.
- Un **assureur privé** propose le **même contrat** à tous les agents représentatifs, quelle que soit leur localisation sur le territoire français.
- **Chaque point SAFRAN** représente le **peuplement d'un agent**.
- L'agent achète un contrat d'assurance tant que le **gain de revenu équivalent certain est positif**.

Résultats préliminaires

Contrat	Indice sécheresse	Gain REC (€)	Risque de base I (%)	Risque de base II (%)	Pertes compensées (%)
Unique	CP3	0.12	9.6	34.6	76.1
Hêtre	CP3	0.1	14.5	19.4	75.7
Chêne	CP3	0.12	11.1	25.8	65.6
Unique	CP6	0.06	9.4	37.3	84.6
Hêtre	CP6	0.06	13.8	23.2	81.5
Chêne	CP6	0.06	8.4	29.9	80.8
Unique	SPI3	0.04	14	32.1	83.9
Hêtre	SPI3	0.03	6.5	50.7	93
Chêne	SPI3	0.04	19.4	22	73.5
Unique	SPI6	0	0.1	54.1	99.5
Hêtre	SPI6	0.01	0.5	76	99.3
Chêne	SPI6	0	0.1	38.8	99.5
Unique	SWS	0.25	21.6	15.6	39.7
Hêtre	SWS	0.28	12.8	17.2	59.1
Chêne	SWS	0.2	25.7	13.8	26.6

*Risque de base I : indemnité sans subir de pertes.
Risque de base II : pertes sans recevoir d'indemnité.*

Résultats préliminaires

■ Contrats d'assurance optimaux offrent :

- Un faible gain.

Contrat	Indice sécheresse	Gain REC (€)	Risque de base I (%)	Risque de base II (%)	Pertes compensées (%)
Unique	CP3	0.12	9.6	34.6	76.1
Hêtre	CP3	0.1	14.5	19.4	75.7
Chêne	CP3	0.12	11.1	25.8	65.6
Unique	CP6	0.06	9.4	37.3	84.6
Hêtre	CP6	0.06	13.8	23.2	81.5
Chêne	CP6	0.06	8.4	29.9	80.8
Unique	SPI3	0.04	14	32.1	83.9
Hêtre	SPI3	0.03	6.5	50.7	93
Chêne	SPI3	0.04	19.4	22	73.5
Unique	SPI6	0	0.1	54.1	99.5
Hêtre	SPI6	0.01	0.5	76	99.3
Chêne	SPI6	0	0.1	38.8	99.5
Unique	SWS	0.25	21.6	15.6	39.7
Hêtre	SWS	0.28	12.8	17.2	59.1
Chêne	SWS	0.2	25.7	13.8	26.6

Risque de base I : indemnité sans subir de pertes.

Risque de base II : pertes sans recevoir d'indemnité.

Résultats préliminaires

- **Contrats d'assurance optimaux** offrent :
 - Un **faible gain**.
 - Un **risque de base élevé**.

Contrat	Indice sécheresse	Gain REC (€)	Risque de base I (%)	Risque de base II (%)	Pertes compensées (%)
Unique	CP3	0.12	9.6	34.6	76.1
Hêtre	CP3	0.1	14.5	19.4	75.7
Chêne	CP3	0.12	11.1	25.8	65.6
Unique	CP6	0.06	9.4	37.3	84.6
Hêtre	CP6	0.06	13.8	23.2	81.5
Chêne	CP6	0.06	8.4	29.9	80.8
Unique	SPI3	0.04	14	32.1	83.9
Hêtre	SPI3	0.03	6.5	50.7	93
Chêne	SPI3	0.04	19.4	22	73.5
Unique	SPI6	0	0.1	54.1	99.5
Hêtre	SPI6	0.01	0.5	76	99.3
Chêne	SPI6	0	0.1	38.8	99.5
Unique	SWS	0.25	21.6	15.6	39.7
Hêtre	SWS	0.28	12.8	17.2	59.1
Chêne	SWS	0.2	25.7	13.8	26.6

*Risque de base I : indemnité sans subir de pertes.
 Risque de base II : pertes sans recevoir d'indemnité.*

Résultats préliminaires

- **Contrats d'assurance optimaux** offrent :
 - Un **faible gain**.
 - Un **risque de base élevé**.
 - Une **compensation importante des pertes**.

Contrat	Indice sécheresse	Gain REC (€)	Risque de base I (%)	Risque de base II (%)	Pertes compensées (%)
Unique	CP3	0.12	9.6	34.6	76.1
Hêtre	CP3	0.1	14.5	19.4	75.7
Chêne	CP3	0.12	11.1	25.8	65.6
Unique	CP6	0.06	9.4	37.3	84.6
Hêtre	CP6	0.06	13.8	23.2	81.5
Chêne	CP6	0.06	8.4	29.9	80.8
Unique	SPI3	0.04	14	32.1	83.9
Hêtre	SPI3	0.03	6.5	50.7	93
Chêne	SPI3	0.04	19.4	22	73.5
Unique	SPI6	0	0.1	54.1	99.5
Hêtre	SPI6	0.01	0.5	76	99.3
Chêne	SPI6	0	0.1	38.8	99.5
Unique	SWS	0.25	21.6	15.6	39.7
Hêtre	SWS	0.28	12.8	17.2	59.1
Chêne	SWS	0.2	25.7	13.8	26.6

Risque de base I : indemnité sans subir de pertes.

Risque de base II : pertes sans recevoir d'indemnité.

Résultats préliminaires

- **Contrats d'assurance optimaux** offrent :
 - Un **faible gain**.
 - Un **risque de base élevé**.
 - Une **compensation importante des pertes**.
- **Qualité du contrat non proportionnelle à la complexité de l'indice** (voir le **meilleur** et le **pire** niveau du critère selon l'indice).
- **Pas d'avantage évident à différencier** les contrats d'assurance en fonction de l'essence d'arbre.

Contrat	Indice sécheresse	Gain REC (€)	Risque de base I (%)	Risque de base II (%)	Pertes compensées (%)
Unique	CP3	0.12	9.6	34.6	76.1
Hêtre	CP3	0.1	14.5	19.4	75.7
Chêne	CP3	0.12	11.1	25.8	65.6
Unique	CP6	0.06	9.4	37.3	84.6
Hêtre	CP6	0.06	13.8	23.2	81.5
Chêne	CP6	0.06	8.4	29.9	80.8
Unique	SPI3	0.04	14	32.1	83.9
Hêtre	SPI3	0.03	6.5	50.7	93
Chêne	SPI3	0.04	19.4	22	73.5
Unique	SPI6	0	0.1	54.1	99.5
Hêtre	SPI6	0.01	0.5	76	99.3
Chêne	SPI6	0	0.1	38.8	99.5
Unique	SWS	0.25	21.6	15.6	39.7
Hêtre	SWS	0.28	12.8	17.2	59.1
Chêne	SWS	0.2	25.7	13.8	26.6

Risque de base I : indemnité sans subir de pertes.

Risque de base II : pertes sans recevoir d'indemnité.

Perspectives de cette étude préliminaire

- Inclusion d'une **espèce conifère (épicéa)** : ajout de variabilité en termes de production de bois et de tolérance à la sécheresse.
- Test d'une corrélation spatiale de l'indemnité pour **déterminer les zones et les catégories de risque** et **déterminer la pertinence des contrats catégorisés** (ex. par GRECO) : minimiser potentiellement le risque de base.
- **Adaptation des contrats d'assurance** au contexte de risque croissant lié au changement climatique pour **éviter une prime croissante** et donc maintenir la viabilité du système d'assurance :
 - Test de ces contrats *via* **simulations d'indices et de contrats d'assurance pour deux scénarii de changement climatique** (RCP 4.5 et RCP 8.5) en utilisant **trois modèles de prévision du climat mondial**.
- Tests de robustesse.



Conclusion

- Notre étude propose un **nouveau modèle d'assurance forestière basé sur un indice météorologique** (assurance indicielle) **pour assurer un nouveau risque** (sécheresse extrême).
- **L'assurance indicielle présente de nombreux avantages** (simplicité, diminution de l'asymétrie d'information, faibles coûts de transaction, rapide indemnisation) **et pourrait accroître la faible couverture actuelle.**

Merci !

Contact : sandrine.breteau-amores@inrae.fr