

Risque climatique, retrait des assureurs et granularité des tarifs  
données empiriques et concurrence dynamique sur le marché  
français de l'assurance habitation  
(première partie)

**Arthur Charpentier\***, Raphaël Dalbarade & Laurence Barry

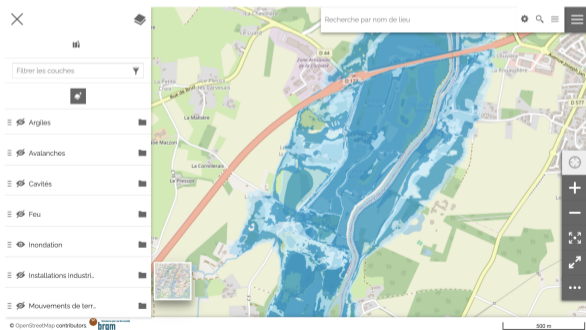
\* Université du Québec à Montréal & 京都大学

Séminaire de la Chaire PARI, 2026



# Contexte

- “Adapter le système assurantiel français face à l'évolution des risques climatiques”, rapport [Langrenay et al., 2024]
- Données “opendata” de plus en plus granulaires  
<https://www.georisques.gouv.fr/cartes-...>



## Rapport final

# ADAPTER LE SYSTEME ASSURANTIEL FRANCAIS FACE A L'EVOLUTION DES RISQUES CLIMATIQUES

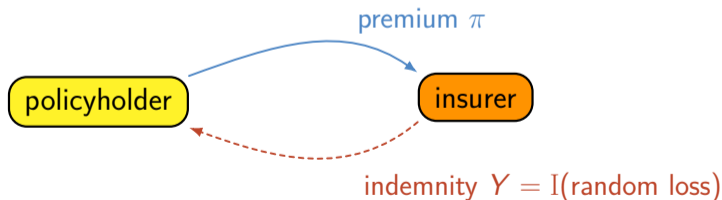
*Un cadre d'action pour préserver le régime de mutualisation des risques climatiques et accélérer la contribution de l'assurance aux efforts d'adaptation et de décarbonation de l'économie française*

**Thierry LANGRENEY**, Président des Ateliers du Futur  
**Gonéri LE COZANNET**, Ingénieur au BRGM, co-auteur du 6<sup>ème</sup> rapport du GIEC  
**Myriam MERAD**, Directrice de recherche CNRS, Université Paris Dauphine-PSL

Décembre 2023

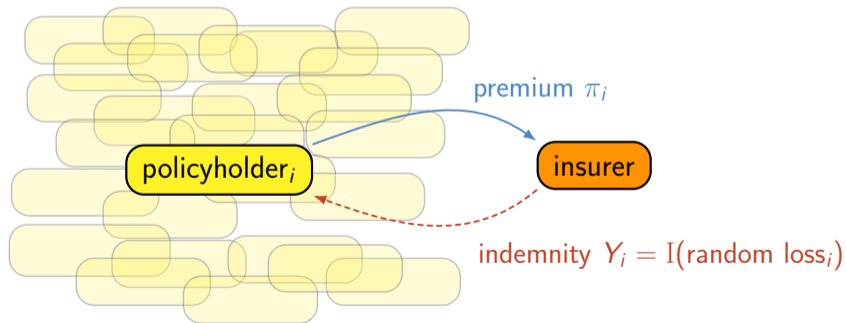
# Assurance

- L'assurance vu sous l'angle du **contrat** entre deux agents (assuré / assureur)
  - Si  $u(\cdot)$  est l'utilité de l'assuré et  $w$  sa richesse, il s'assure si la prime  $\pi$  vérifie  $u(w - \pi) \geq \mathbb{E}[u(w - Y)]$  (théorie de la décision dans l'incertain, [Mossin, 1968])
  - Concept de “*actuarial fairness*” proposé par [Arrow, 1963]
- L'assurance vu sous l'angle du **transfert de risque** (assuré  $\rightarrow$  assureur)



# Assurance

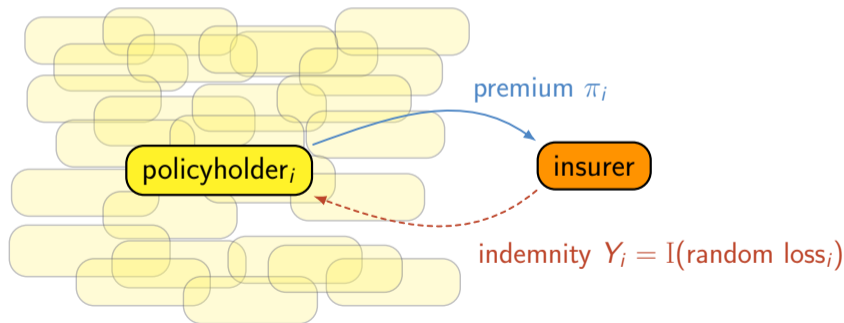
- L'assurance vu sous l'angle de la mutualisation entre les assurés  
Correspond à un partage de risques entre les assurés  
Littérature sur le partage de gâteau (Shapley, jeux, etc, [Lemaire, 1991])  
*“Insurance is the contribution of the many to the misfortune of the few.”*



# Assurance

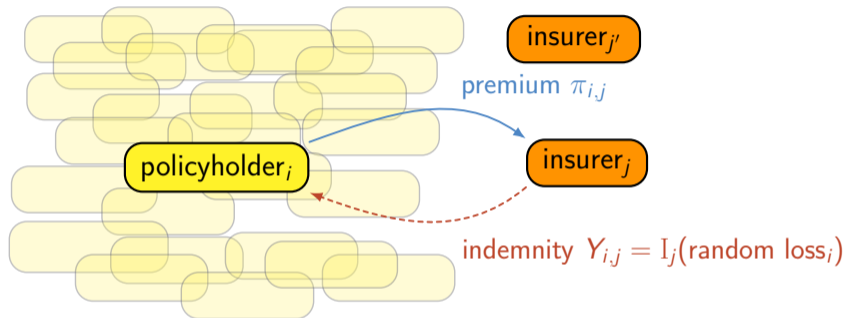
- Autre vision de l'équité, pour tenir compte de l'hétérogénéité des assurés
- Construction de modèles prédictifs,  $\pi_i = \mu(\mathbf{x}_i) = \mathbb{E}[Y | \mathbf{X} = \mathbf{x}_i]$

$\mu$  approché par  $\hat{\mu} = \operatorname{argmin}_{\mu} \sum_{i \in \mathcal{I}} \ell(y_i, \mu(\mathbf{x}_i))$ , [Barry and Charpentier, 2020]



# Assurance

- Mythe de la spirale de la segmentation (réponse éthique  $\rightarrow$  économique)

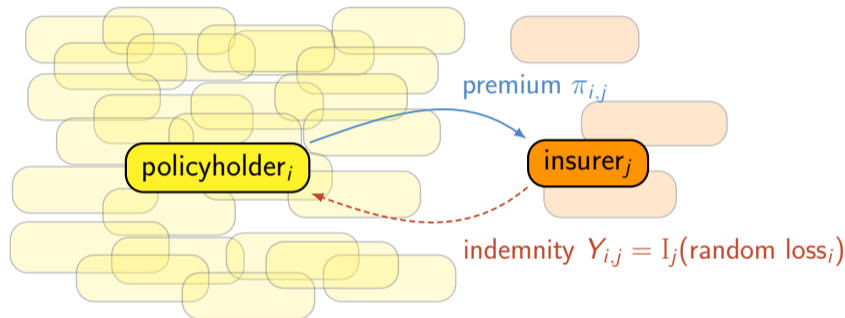


- Utilisé comme argument économique pour légitimer la segmentation, [Akerlof, 1970, Crocker and Snow, 1985, Crocker and Snow, 1986]

		$j$	$j'$
✓ "bons risques"	50%	100	<b>50</b>
⚠ "mauvais risques"	50%	<b>100</b>	150

# Assurance

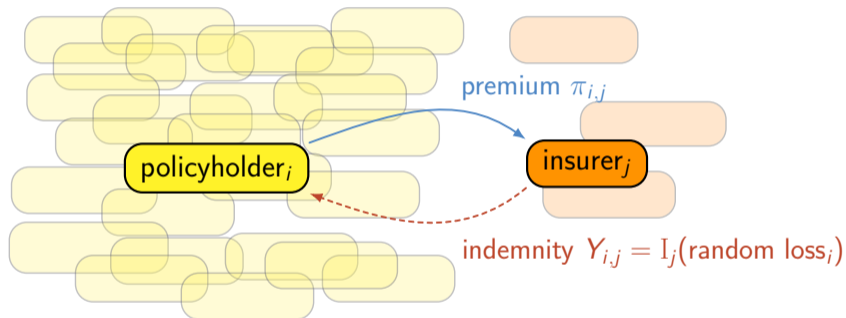
- Pas de loi du prix unique,  $\hat{\mu}_j = \operatorname{argmin}_{\mu \in \mathcal{M}_j} \sum_{i \in \mathcal{I}_j} \ell(y_i, \mu(\mathbf{x}_i))$ , [d'Ursel and Lauwers, 1984]



- Comprendre le comportement des assurés (cf "pricing game")  
 $\pi_i = \min\{\hat{\mu}_1(\mathbf{x}_i), \dots, \hat{\mu}_J(\mathbf{x}_i)\}$  and  $d_{i,j} = \mathbf{1}(\hat{\mu}_j(\mathbf{x}_i) = \min\{\hat{\mu}_1(\mathbf{x}_i), \dots, \hat{\mu}_J(\mathbf{x}_i)\})$   
alternative = logit demand,  $d_{i,j} \propto \exp[-\alpha_i \hat{\mu}_j(\mathbf{x}_i)]$

# Assurance

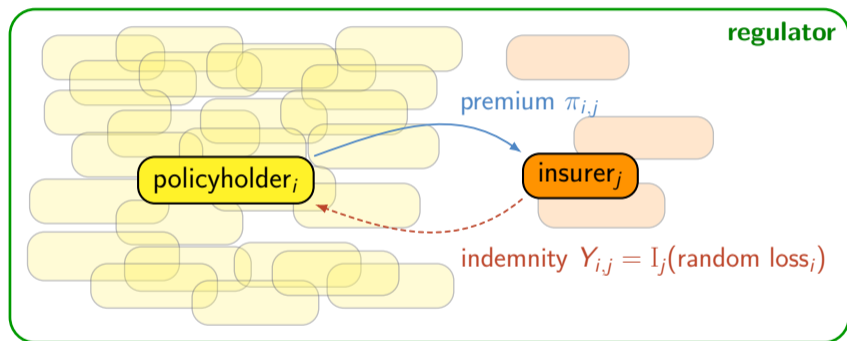
- Comprendre le comportement des assureurs



*“Game theory is the study of mathematical models of strategic interaction among rational decision-makers.”*

# Assurance

- Peut-être ajouter un troisième acteur, le **régulateur**, qui cherche à maximiser un **bien être collectif** ou **“welfare”**.



- Comment mesurer le “welfare” ?  
[European Insurance and Occupational Pensions Authority (EIOPA), 2023]
- On va se contenter de mesurer l'impact de politiques

# Théorie des jeux ?

jeux coopératifs vs. jeux non-coopératifs vs. jeux séquentiels

**jeux coopératifs** : on étudie ce que des joueurs peuvent obtenir en formant des coalitions et en se partageant le gain total de leur coopération







- Objet principal : groupes (coalitions) et répartition de la valeur créée ensemble
- Question typique : “Que peut obtenir un groupe, et comment partager ce total ?”
- Concept central : cœur, valeur de Shapley, ensemble de Weber, etc.
- Applications classiques : explicabilité [Lundberg and Lee, 2017], allocation de capital [Lemaire, 1991]





# Théorie des jeux ?

jeux coopératifs vs. jeux non-coopératifs vs. jeux séquentiels

**jeux non-coopératifs** : on étudie des joueurs qui prennent leurs décisions chacun pour soi, de façon stratégique, sans accord commun [Calvano et al., 2020]

- Objet principal : les stratégies individuelles et leurs interactions
- Question typique : “Quel sera le comportement de chacun ?”
- Concept central : matrice de payoff, équilibre de Nash
- Applications classiques : comprendre l'équilibre d'une situation de concurrence
- Beaucoup de liens avec l'apprentissage par renforcement [Sutton and Barto, 2018]

			
	(0, 0)	(-1, 1)	(1, -1)
	(1, -1)	(0, 0)	(-1, 1)
	(-1, 1)	(1, -1)	(0, 0)

		
	(-1, -1)	(-5, 0)
	(0, -5)	(-4, -4)

# Théorie des jeux ?

Un **équilibre de Nash**  $(x^*, y^*)$  est un point selle vérifiant, [Nash, 1950, Nash, 1951]

$$V(x^*, y) \leq V(x^*, y^*) \leq V(x, y^*) \quad \text{pour tout } x, y.$$

i.e.

$$\begin{cases} V(x^*, y^*) \geq V(x, y^*) & \forall x, \\ V(x^*, y^*) \leq V(x^*, y) & \forall y. \end{cases}$$

Soient  $A$  la matrice de payoff du joueur 1 et  $B$  celle du joueur 2. Un équilibre de Nash mixte  $(p^*, q^*)$  vérifie

$$\begin{cases} p^* \in \operatorname{argmax}_p \{p^\top A q^*\} \\ q^* \in \operatorname{argmax}_q \{p^{*\top} B q\}. \end{cases}$$

# Théorie des jeux ?

Au lieu de résoudre

$$\begin{cases} p^* \in \operatorname{argmax}_p \{p^\top A q^*\} \\ q^* \in \operatorname{argmax}_q \{p^{*\top} B q\}. \end{cases}$$

on peut chercher à construire une suite  $(p_{(t)}, q_{(t)})_{t \geq 0}$  qui convergera vers un équilibre.

L'approche la plus simple de **alternating best-response iteration** est

$$\begin{cases} p_{(t+1)} \in \operatorname{argmax}_p \{p^\top A q_{(t)}\} & \leftarrow \text{best-response}_A(q_{(t)}) \\ q_{(t+2)} \in \operatorname{argmax}_q \{p_{(t+1)}^\top B q\} & \leftarrow \text{best-response}_B(p_{(t+1)}). \end{cases}$$


Procédure de type Gauss–Seidel pour trouver un équilibre, correspondant à un équilibre à la Cournot (dynamique locale, myope),

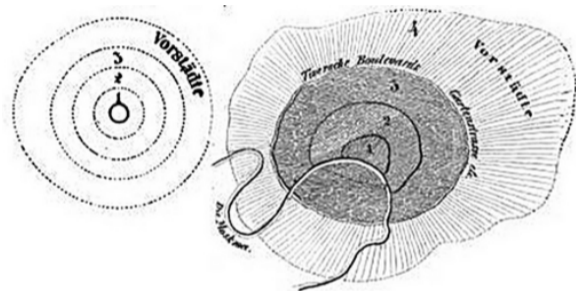
[Wu and Pantelous, 2017, Boonen et al., 2018].

## Théorie des jeux ?

- Dilemme du prisonnier : l'équilibre de Nash n'est pas un optimum de Pareto
- Marché d'assurance : l'équilibre du jeu séquentiel n'est peut être pas optimal pour un critère de bien être (e.g., tous les assurés ont une offre à un prix raisonnable)  
[Ericson and Pakes, 1995] : cadre fondateur de concurrence dynamique, l'équilibre concurrentiel doit être pensé de manière séquentielle.  
[Charpentier and Le Maux, 2014] : dans l'assurance des catastrophes naturelles, l'équilibre de marché peut être inefficace en présence de risque d'insolvabilité et d'hétérogénéité des risques, ce qui peut justifier une intervention publique.  
[Handel et al., 2015] : sur les marchés d'assurance régulés, l'équilibre résulte d'un arbitrage entre sélection adverse et protection des assurés contre la reclassification du risque
- L'équilibre concurrentiel n'est donc pas nécessairement optimal du point de vue du bien-être.

## Vision schématique d'une granularité fine ?

- [Charpentier, 2017],  sur la modélisation spatiale en science économique
- Travaux initiaux de [Von Thünen, 1826] ou [Kohl, 1841]



- la “ville linéaire” de [Hotelling, 1929]

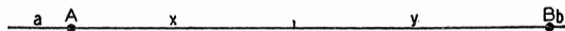
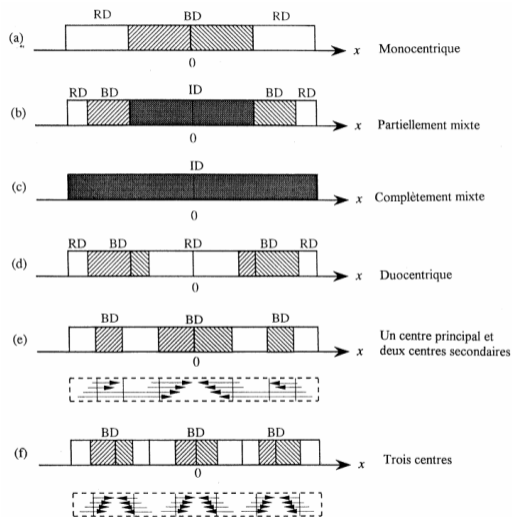
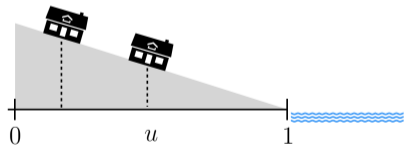


FIG. 1.

Market of length  $l = 35$ . In this example  $a = 4, b = 1, x = 14, y = 16$ .

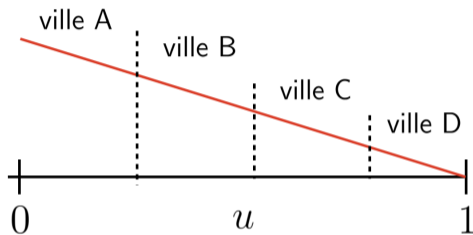
# Vision schématique d'une granularité fine ?

- la "ville linéaire" de [Hoteling, 1929] largement utilisée en économie, [Fujita and Thisse, 1997]
- on modélise la "distance au fleuve"
- le risque est observé et connu,  $u \in [0, 1]$



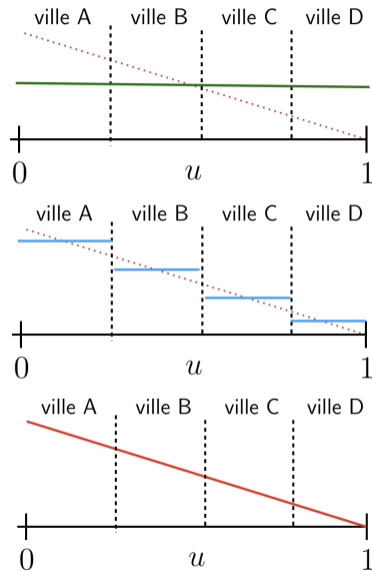
# Vision schématique d'une granularité fine ?

- le territoire est découpé en communes



- quelle stratégie pour les assureurs ?

- vision **solidaire**
- découpage avec un zonier **à la commune**
- découpage **infra-communal**



## Penser la couverture de catastrophes naturelles dans ce cadre formel ?

- côté demande / assurés

Hétérogénéité du risque, de mieux en mieux observée, par les assureurs (granularité fine, fin du “voile d’ignorance”, [Rawls, 1971])

- côté offre / assureurs

assurance MRH proposée dans un contexte concurrentiel

les assureurs segmentent, par l’utilisation de zoniers spécifiques

- côté bien-être / régulation

*“La Constitution consacre le principe de la solidarité et de l’égalité des citoyens devant les charges qui résultent des calamités publiques”*

non couverture de certaines zones (retraits d’assureurs, [Langrenay et al., 2024])

# Références



Akerlof, G. A. (1970).

The market for “lemons”: Quality uncertainty and the market mechanism.  
*The Quarterly Journal of Economics*, 84(3):488–500.



Arrow, K. J. (1963).

Uncertainty and the welfare economics of medical care.  
*The American Economic Review*, 53(5):941–973.



Barry, L. and Charpentier, A. (2020).

Personalization as a promise: Can big data change the practice of insurance?  
*Big Data & Society*, 7(1):2053951720935143.



Boonen, T. J., Pantelous, A. A., and Wu, R. (2018).

Non-cooperative dynamic games for general insurance markets.  
*Insurance: Mathematics and Economics*, 78:123–135.