

# Jeux et prévention

Meglana Jeleva (EconomiX, Université Paris Nanterre)

Actuariat et théorie des jeux  
SCOR-Institut des Actuaire  
12 Décembre 2019

La prévention peut impliquer des interactions stratégiques :

- Entre assureurs et assurés : l'assurance n'incite pas à la prévention si celle-ci ne peut pas être prise en compte dans la tarification (car non vérifiable). La conception d'incitations efficaces mobilise **les jeux à information asymétrique**.

La prévention peut impliquer des interactions stratégiques :

- Entre assureurs et assurés : l'assurance n'incite pas à la prévention si celle-ci ne peut pas être prise en compte dans la tarification (car non vérifiable). La conception d'incitations efficaces mobilise **les jeux à information asymétrique**.
- Entre individus (assurés) : certains types de prévention, tout en ayant des coûts individuels, ont des bénéfices collectifs et induisent des interactions entre les décisions individuelles :

La prévention peut impliquer des interactions stratégiques :

- Entre assureurs et assurés : l'assurance n'incite pas à la prévention si celle-ci ne peut pas être prise en compte dans la tarification (car non vérifiable). La conception d'incitations efficaces mobilise **les jeux à information asymétrique**.
- Entre individus (assurés) : certains types de prévention, tout en ayant des coûts individuels, ont des bénéfices collectifs et induisent des interactions entre les décisions individuelles :
  - la prévention individuelle réduit la sinistralité d'un portefeuille, et donc les primes d'assurance associées (ex. contrats collectifs) ;

La prévention peut impliquer des interactions stratégiques :

- Entre assureurs et assurés : l'assurance n'incite pas à la prévention si celle-ci ne peut pas être prise en compte dans la tarification (car non vérifiable). La conception d'incitations efficaces mobilise **les jeux à information asymétrique**.
- Entre individus (assurés) : certains types de prévention, tout en ayant des coûts individuels, ont des bénéfices collectifs et induisent des interactions entre les décisions individuelles :
  - la prévention individuelle réduit la sinistralité d'un portefeuille, et donc les primes d'assurance associées (ex. contrats collectifs) ;
  - la vaccination réduit la probabilité de transmission de la maladie ;

La prévention peut impliquer des interactions stratégiques :

- Entre assureurs et assurés : l'assurance n'incite pas à la prévention si celle-ci ne peut pas être prise en compte dans la tarification (car non vérifiable). La conception d'incitations efficaces mobilise **les jeux à information asymétrique**.
- Entre individus (assurés) : certains types de prévention, tout en ayant des coûts individuels, ont des bénéfices collectifs et induisent des interactions entre les décisions individuelles :
  - la prévention individuelle réduit la sinistralité d'un portefeuille, et donc les primes d'assurance associées (ex. contrats collectifs) ;
  - la vaccination réduit la probabilité de transmission de la maladie ;
  - les contributions individuelles améliorent la qualité environnementale pour tous.

La prévention peut impliquer des interactions stratégiques :

- Entre assureurs et assurés : l'assurance n'incite pas à la prévention si celle-ci ne peut pas être prise en compte dans la tarification (car non vérifiable). La conception d'incitations efficaces mobilise **les jeux à information asymétrique**.
- Entre individus (assurés) : certains types de prévention, tout en ayant des coûts individuels, ont des bénéfices collectifs et induisent des interactions entre les décisions individuelles :
  - la prévention individuelle réduit la sinistralité d'un portefeuille, et donc les primes d'assurance associées (ex. contrats collectifs) ;
  - la vaccination réduit la probabilité de transmission de la maladie ;
  - les contributions individuelles améliorent la qualité environnementale pour tous.
- L'étude des choix de prévention mobilise dans ce cas **les jeux non coopératifs**.

Pour comprendre les comportements de prévention dont les bénéfices sont collectifs, de nouvelles variables doivent être introduites :

- Déterminants usuels des comportements de prévention : coût et bénéfices (réels et perçus), revenu, préférences (attitude vis-à-vis du risque et de l'incertain, ...)



Pour comprendre les comportements de prévention dont les bénéfices sont collectifs, de nouvelles variables doivent être introduites :

- Déterminants usuels des comportements de prévention : coût et bénéfices (réels et perçus), revenu, préférences (attitude vis-à-vis du risque et de l'incertain, ...)
- Déterminants "additionnels" : préférences sociales, caractéristiques des autres individus dans la population (préférences, perception des risques, ...)

Dans cette présentation, deux travaux sur les décisions de prévention des risques liés à la qualité environnementale :

- "Risk Perceptions, Voluntary Contributions and Environmental Policy" , Etner, Jeleva, Jouvét, 2007, *Research in Economics* ;

Dans cette présentation, deux travaux sur les décisions de prévention des risques liés à la qualité environnementale :

- "Risk Perceptions, Voluntary Contributions and Environmental Policy" , Etner, Jeleva, Jouvét, 2007, *Research in Economics* ;
- "Air Pollution and Hazard Mitigation : A Contextualized Public Good Experiment Incorporating Risk", Farrow, Jeleva, Etner, 2019, en cours

- Objectifs de l'article :

- Objectifs de l'article :
  - Etudier l'impact de l'hétérogénéité dans la perception des risques sur le niveau de contribution global à l'équilibre et à l'optimum.

- Objectifs de l'article :
  - Etudier l'impact de l'hétérogénéité dans la perception des risques sur le niveau de contribution global à l'équilibre et à l'optimum.
  - Proposer un système de taxes/subventions permettant d'atteindre le niveau de contribution socialement optimal.

- Objectifs de l'article :
  - Etudier l'impact de l'hétérogénéité dans la perception des risques sur le niveau de contribution global à l'équilibre et à l'optimum.
  - Proposer un système de taxes/subventions permettant d'atteindre le niveau de contribution socialement optimal.
- Principaux résultats :

- Objectifs de l'article :
  - Etudier l'impact de l'hétérogénéité dans la perception des risques sur le niveau de contribution global à l'équilibre et à l'optimum.
  - Proposer un système de taxes/subventions permettant d'atteindre le niveau de contribution socialement optimal.
- Principaux résultats :
  - Si la part des optimistes dans la population augmente, les contributions individuelles de tous les agents augmentent, mais la contribution globale diminue.



- Objectifs de l'article :
  - Etudier l'impact de l'hétérogénéité dans la perception des risques sur le niveau de contribution global à l'équilibre et à l'optimum.
  - Proposer un système de taxes/subventions permettant d'atteindre le niveau de contribution socialement optimal.
- Principaux résultats :
  - Si la part des optimistes dans la population augmente, les contributions individuelles de tous les agents augmentent, mais la contribution globale diminue.
  - La contribution globale à l'équilibre est inférieure à la contribution socialement optimale.

- Objectifs de l'article :
  - Etudier l'impact de l'hétérogénéité dans la perception des risques sur le niveau de contribution global à l'équilibre et à l'optimum.
  - Proposer un système de taxes/subventions permettant d'atteindre le niveau de contribution socialement optimal.
- Principaux résultats :
  - Si la part des optimistes dans la population augmente, les contributions individuelles de tous les agents augmentent, mais la contribution globale diminue.
  - La contribution globale à l'équilibre est inférieure à la contribution socialement optimale.
  - Le niveau optimal de contribution peut être atteint par un système de taxes et de subventions.

- Une population de  $N$  individus dont l'utilité dépend de leur consommation et de l'état de l'environnement (mesuré par le niveau de pollution) ;
- La pollution évolue aléatoirement, les individus ont la possibilité de la réduire par des contributions volontaires ;
- Chaque agent  $i, i = 1..N$  répartit son revenu  $w$  entre la consommation  $c_i$  et la contribution volontaire à la qualité environnementale  $s_i$  ;
- le niveau de pollution est donné par :

$$\tilde{P} = \tilde{b}Y - \sum_{i=1}^N s_i$$

$\tilde{b} \in [\underline{b}, \bar{b}]$  : v. a. avec  $\underline{b} > 0, \bar{b} < 1$ ,  $F$  et  $f$  : fonctions de répartition et de densité connues.

Les préférences des individus :

$$U_i(c_i, \tilde{P}) = u(c_i) + \int_{\underline{b}}^{\bar{b}} v(bY - \sum_{i=1}^N s_i) d\varphi_i[F(b)]$$

Les préférences dans le risque sont représentées par le modèle RDU, permettant de prendre en compte la perception des risques, l'optimisme et le pessimisme.

$u' > 0, v' < 0, u, v$  : concaves,

$\varphi_i : [0, 1] \rightarrow [0, 1], \varphi_i(0) = 0, \varphi_i(1) = 1, \varphi_i' > 0$ , différentiable.

Un individu sera pessimiste si  $\varphi_i(q) < q, \forall q \in [0, 1]$  et optimiste dans le cas opposé.

# Risk Perceptions, Voluntary Contributions : les niveaux de contributions

Le problème peut être modélisé à l'aide d'un jeu  $\Gamma$  :

- $N$  joueurs caractérisés par leurs préférences ;
- Pour chaque joueur  $i$ , un ensemble de stratégies,  $s_i \in S_i$ ,  $S_i = [0, w]$  ;
- pour chaque joueur  $i$ , une fonction de gain qui associe à chaque profil de stratégies  $s = (s_1, \dots, s_N)$  un niveau d'utilité :

$$U_i(c_i, \tilde{P}(s)) = u(c_i) + \int_{\underline{b}}^{\bar{b}} v(bY - \sum_{i=1}^N s_i) d\varphi_i[F(b)]$$

## Equilibre de Nash en stratégies pures de $\Gamma$

Un équilibre de Nash de  $\Gamma$  est un profil de stratégies

$s^* = (s_1^*, s_2^*, \dots, s_N^*) \in [0, w]^N$  tel que :

$$\forall i \text{ et } s_i \in [0, w], U_i(w - s_i^*, \tilde{P}(s_i^*, s_{-i}^*)) \geq U_i(w - s_i, \tilde{P}(s_i, s_{-i}^*))$$

# Risk Perceptions, Voluntary Contributions : les niveaux de contributions

## Hypothèse

La population est composée de 2 types d'individus qui diffèrent uniquement par leur perception du risque :  $\varphi_{op}$  et  $\varphi_{pe}$  avec  $\forall q \in ]0, 1[, \varphi_{op}(q) > \varphi_{pe}(q)$ .  
La proportion des optimistes est  $\pi$ .

## Contributions à l'équilibre $(s_{op}^*, s_{pe}^*)$

Si  $(s_{op}^*, s_{pe}^*) : s_i^* \in ]0, w[$ , elles sont solution de :

$$u'(w - s_{op}^*) + E_{\varphi_{op}} v'(\tilde{b}Y - \pi N s_{op}^* - (1 - \pi) N s_{pe}^*) = 0$$

$$u'(w - s_{pe}^*) + E_{\varphi_{pe}} v'(\tilde{b}Y - \pi N s_{op}^* - (1 - \pi) N s_{pe}^*) = 0$$

$$\text{avec } E_{\varphi_i} v'(\tilde{P}(s^*)) = \int_{\underline{b}}^{\bar{b}} v(bY - \pi N s_{op}^* - (1 - \pi) N s_{pe}^*) d\varphi_i[F(b)], i = op, pe$$

# Risk Perceptions, Voluntary Contributions : impact de l'optimisme

## Proposition 1

Les pessimistes contribuent plus à la qualité environnementale que les optimistes.

## Proposition 2

A l'équilibre, les contributions des pessimistes et des optimistes sont une fonction croissante de la proportion d'optimistes dans la population. Cependant, la contribution globale décroît avec l'optimisme, ainsi que les utilités individuelles.

# Risk Perceptions and Voluntary Contributions : optimum social

Les contributions socialement optimales sont solution de :

$$\max_{s_{op}, s_{pe}} N \left[ \pi \left( u(w - s_{op}) + E_{\varphi_{op}} v(\tilde{P}) \right) + (1 - \pi) \left( u(w - s_{pe}) + E_{\varphi_{pe}} v(\tilde{P}) \right) \right]$$

avec  $\tilde{P} = \tilde{b}Y - \pi N s_{op} - (1 - \pi) N s_{pe}$

Les contributions socialement optimales  $(\hat{s}_{op}, \hat{s}_{pe})$  vérifient :

$$u'(w - \hat{s}_i) + \pi N E_{\varphi_{op}} v'(\tilde{P}) + (1 - \pi) N E_{\varphi_{pe}} v'(\tilde{P}) = 0 \quad (\text{si } s_i > 0) \quad \text{pour } i = op, pe$$



# Risk Perceptions and Voluntary Contributions : optimum social

## Proposition 3

Les contributions socialement optimales  $(\hat{s}_{op}, \hat{s}_{pe})$  vérifient :

- $\hat{s}_{op} = \hat{s}_{pe} = \hat{s}$
- $\hat{s} > s_{pe}^* > s_{op}^*$

## Proposition 4

- L'optimum social peut être atteint par des subventions différenciées financées par une taxe sur le revenu.
- Les subventions sont plus importantes pour les optimistes que pour les pessimistes.

- L'écart entre contributions à l'équilibre et les contributions optimales justifie des politiques incitatives ;

- L'écart entre contributions à l'équilibre et les contributions optimales justifie des politiques incitatives ;
- Un système de taxes et de subventions présente des inconvénients : information sur les perceptions des risques, coûts de prélèvement de la taxe,...

- L'écart entre contributions à l'équilibre et les contributions optimales justifie des politiques incitatives ;
- Un système de taxes et de subventions présente des inconvénients : information sur les perceptions des risques, coûts de prélèvement de la taxe,...
- D'autres incitations, non financières, sont possibles : information, normes sociales etc.

# Contribution volontaire à la qualité environnementale : prise en compte de l'incertitude scientifique et stratégique

- "Voluntary contributions and environmental policy under ambiguity : subsidies or moral norms ?" Davenne, Jeleva (2019) : incertitude scientifique sur l'évolution de la qualité environnementale.

# Contribution volontaire à la qualité environnementale : prise en compte de l'incertitude scientifique et stratégique

- "Voluntary contributions and environmental policy under ambiguity : subsidies or moral norms ?" Davenne, Jeleva (2019) : incertitude scientifique sur l'évolution de la qualité environnementale.
- "Contribution to a Public Good under Subjective Uncertainty" Banerjee, Gravel (2019) : incertitude scientifique sur l'efficacité des contributions, optimisme et pessimisme.

# Contribution volontaire à la qualité environnementale : prise en compte de l'incertitude scientifique et stratégique

- "Voluntary contributions and environmental policy under ambiguity : subsidies or moral norms ?" Davenne, Jeleva (2019) : incertitude scientifique sur l'évolution de la qualité environnementale.
- "Contribution to a Public Good under Subjective Uncertainty" Banerjee, Gravel (2019) : incertitude scientifique sur l'efficacité des contributions, optimisme et pessimisme.
- "Optimism and Pessimism in climate change policies" Eddai, Guerdjikova (2019) : incertitude stratégique.

# Air Pollution and Hazard Mitigation : A Contextualized Public Good Experiment Incorporating Risk, 2019

- **Objectifs de l'étude** : étudier en laboratoire l'impact d'incitations non-financières sur les comportements de prévention (auto-protection) face aux risques résultant de la pollution de l'air.



# Air Pollution and Hazard Mitigation : A Contextualized Public Good Experiment Incorporating Risk, 2019

- **Objectifs de l'étude** : étudier en laboratoire l'impact d'incitations non-financières sur les comportements de prévention (auto-protection) face aux risques résultant de la pollution de l'air.
- **Protocole expérimental contextualisé** : L'individu est exposé à un risque de maladie (fictive) résultant de la pollution de l'air qui se réalise avec une certaine probabilité et qui entraîne pour l'individu une perte monétaire. Il peut faire de la prévention pour réduire ce risque.

# Air Pollution and Hazard Mitigation : A Contextualized Public Good Experiment Incorporating Risk, 2019

- **Objectifs de l'étude** : étudier en laboratoire l'impact d'incitations non-financières sur les comportements de prévention (auto-protection) face aux risques résultant de la pollution de l'air.
- **Protocole expérimental contextualisé** : L'individu est exposé à un risque de maladie (fictive) résultant de la pollution de l'air qui se réalise avec une certaine probabilité et qui entraîne pour l'individu une perte monétaire. Il peut faire de la prévention pour réduire ce risque.
- **Tâche principale** : répartir une somme d'argent entre 3 comptes, dont 2 correspondent à des dépenses réduisant le risque, le 3ème est un compte d'épargne.

Déscription des trois comptes :

- **Compte 1** : ces dépenses réduisent le risque de maladie due à la pollution pour l'individu seul. Par exemple, éviter de se déplacer et de faire des activités physiques à l'extérieur pendant les heures de pointe, acheter un purificateur d'air pour l'intérieur des habitations, porter un masque,...

Déscription des trois comptes :

- **Compte 1** : ces dépenses réduisent le risque de maladie due à la pollution pour l'individu seul. Par exemple, éviter de se déplacer et de faire des activités physiques à l'extérieur pendant les heures de pointe, acheter un purificateur d'air pour l'intérieur des habitations, porter un masque,...
- **Compte 2** : ces dépenses réduisent le risque de maladie due à la pollution pour toute la population, et améliorent la qualité environnementale. Par exemple, conduire moins (en prenant les transports en commun ou en privilégiant le covoiturage), réduire la consommation d'électricité etc.

Déscription des trois comptes :

- **Compte 1** : ces dépenses réduisent le risque de maladie due à la pollution pour l'individu seul. Par exemple, éviter de se déplacer et de faire des activités physiques à l'extérieur pendant les heures de pointe, acheter un purificateur d'air pour l'intérieur des habitations, porter un masque,...
- **Compte 2** : ces dépenses réduisent le risque de maladie due à la pollution pour toute la population, et améliorent la qualité environnementale. Par exemple, conduire moins (en prenant les transports en commun ou en privilégiant le covoiturage), réduire la consommation d'électricité etc.
- **Compte 3** : épargne, aucun impact sur la pollution.

Plusieurs traitements :

- **Information précise/ ambiguë** sur la probabilité initiale de maladie ;
- Messages sur l'impact de la pollution de l'air sur **l'environnement / la santé**.

Questions de contrôle

- Elicitation de l'attitude vis-à-vis du risque ;
- Sensibilité environnementale ;
- Altruisme.

# Air Pollution and Hazard Mitigation : protocole, suite



Poumon avec maladie chronique obstructive



Crise cardiaque

Les scientifiques ont montré que la pollution de l'air augmente le risque de maladie pulmonaire obstructive chronique, le risque de maladies cardiaques, le risque d'attaques cérébrales et le risque de cancer du poumon.



Paralysie résultant d'une attaque cérébrale



Poumon cancéreux

Cet investissement correspond à des mesures visant à vous protéger, vous et vous seul.

Compte 1:

Cet investissement correspond à des mesures qui vous protègent, vous, les autres membres de votre groupe, et l'environnement.

Compte 2:

L'argent placé dans le compte est épargné.

Compte 3:

Valider

Le jeu associé à ce problème de choix de prévention :

- $N$  joueurs caractérisés par leurs préférences dans le risque ( $N = 4$  dans le protocole)
- Pour chaque joueur  $i$ , un ensemble de stratégies,  $s_i = (c_i^1, c_i^2, c_i^3)$ , avec  $c_i^k \in [0, w]$ ,  $\sum_{k=1}^3 c_i^k = w$
- pour chaque joueur  $i$ , une fonction de gain qui associe à chaque profil de stratégies  $s = (s_1, \dots, s_N)$  un niveau d'utilité :

$$U_i(s_i, s_{-i}) = p_i u_i \left( c_i^3 + \gamma \sum_{j=1}^N c_j^2 - L \right) + (1 - p_i) u_i \left( c_i^3 + \gamma \sum_{j=1}^N c_j^2 \right)$$

avec  $p_i = p_0 - \alpha c_i^1 - \beta \sum_{j=1}^N c_j^2$



- **H1** Adéquation entre les prédictions théoriques et les choix observés, notamment concernant l'impact de l'aversion au risque ;

- **H1** Adéquation entre les prédictions théoriques et les choix observés, notamment concernant l'impact de l'aversion au risque ;
- **H2** Les messages augmentent les contributions, avec plus d'impact des messages santé ;

- **H1** Adéquation entre les prédictions théoriques et les choix observés, notamment concernant l'impact de l'aversion au risque ;
- **H2** Les messages augmentent les contributions, avec plus d'impact des messages santé ;
- **H3** Les contributions diminuent lorsque la probabilité de maladie n'est pas précisément connue.

- L'analyse des décisions "stratégiques" de prévention est complexe à cause du plus grand nombre de variables influençant ces décisions ;

- L'analyse des décisions "stratégiques" de prévention est complexe à cause du plus grand nombre de variables influençant ces décisions ;
- Ces décisions sont souvent socialement sous-optimales, ce qui rend nécessaire la mise en place de mesures incitatives (financières et/ou non financières) ;

- L'analyse des décisions "stratégiques" de prévention est complexe à cause du plus grand nombre de variables influençant ces décisions ;
- Ces décisions sont souvent socialement sous-optimales, ce qui rend nécessaire la mise en place de mesures incitatives (financières et/ou non financières) ;
- Des expériences en laboratoire, et de terrain, peuvent être utiles pour tester et mieux cibler ces mesures incitatives.