

Deux Articles de recherche

1/ Forest management under fire risk when carbon sequestration has value

2/ Comparing group and individual choices under risk and ambiguity : an experimental study

Stéphane Couture

Séminaire UBIA, Toulouse, 11 décembre 2009

Forest management under fire risk when carbon sequestration has value

- Article co-écrit avec Arnaud Reynaud (TSE-LERNA)
- Article en révision mineure à Ecological Economics
- Objectif principal : proposer un cadre de programmation dynamique stochastique afin de modéliser la gestion d'une forêt multifonctionnelle en univers risqué tenant compte des préférences vis-à-vis du risque du propriétaire forestier et de l'épargne
- Plan de la présentation de l'article : contexte, littérature, contributions, le modèle, la méthode de résolution du modèle, quelques résultats empiriques, conclusion.

Contexte

- Gestion forestière et séquestration du carbone
 - Rôle de plus en plus émergent de la séquestration de carbone par les forêts
 - Pas d'incitation monétaire à prendre en considération cette fonction dans la gestion de la ressource : pas de marché du carbone en forêt $\Rightarrow$ Internaliser l'externalité positive créée
- Gestion forestière et risque d'incendie
 - Risque de non-permanence du carbone stocké
 - Facteur important de la gestion forestière dans certaines régions.

$\Rightarrow$ Il est alors important de connaître l'effet du risque d'incendie sur le comportement de gestion d'une forêt pour un propriétaire forestier ayant internalisé la fonction de stockage de carbone.

C'est un problème de gestion d'une ressource renouvelable multifonctionnelle face à un risque.

Littérature

- Modèle de gestion forestière avec séquestration de carbone
 - Résultat principal : extension de la période de révolution
 - Limite : cadre déterministe
- Modèle de gestion forestière avec risque d'incendie
 - Résultat principal : réduction de la période de révolution
 - Limite : cadre statique, pas de prise en compte des préférences
- Modèle de gestion forestière risquée avec séquestration de carbone
 - Résultat principal : arbitrage entre risque et carbone
 - Limites : cadre de Faustman (optimisation statique), pas prise en compte des préférences
 - Extensions : cadre dynamique, théorie des options mais en continu avec risque de prix (processus d'Ito : choc aléatoire répété à effets faibles) et non de production

Contributions

- Modélisation : proposer un modèle de programmation dynamique stochastique représentant la gestion d'une forêt multifonctionnelle en présence de risque d'incendie en introduisant :
 - préférences vis-à-vis du risque du propriétaire forestier (Espérance d'utilité)
 - la gestion conjointe d'un actif non risqué : décisions consommation - épargne
 - les principes de la programmation dynamique stochastique à horizon infini
- Application : proposer des recommandations sur les politiques de rémunération de la fonction carbone en fonction du risque et de prévention des risques

Modèle

- Fondements : programme de décisions multi-périodes considéré comme un problème de "stopping" optimal en temps continu avec décision binaire. La croissance du peuplement est décrit comme un processus soumis à des sauts dus aux incendies (processus de Poisson)
- Caractéristiques du propriétaire forestier
 - Le propriétaire forestier possède un peuplement équienne de surface A hectares
 - Ses préférences sont représentées par une fonction d'utilité, croissante et concave, sur la consommation : $U(c)$ avec $U' \geq 0$, $U'' \leq 0$
 - Il peut investir dans un actif non risqué de rendement η
 - La dynamique de la richesse est fonction de l'intérêt lié à l'épargne, du revenu net du bois si récolte, du revenu lié à la séquestration du carbone, du coût de plantation et de la consommation.

Modèle (suite)

● Risque d'incendie

- Le risque d'incendie est représenté par un processus de Poisson (λ). Sur un petit intervalle de temps dt , la probabilité d'incendie est alors λdt .
- S'il y a un incendie, le peuplement est entièrement détruit et aussitôt replanter par le propriétaire à un coût par unité de surface de μ .

● Bénéfices liés à la production de bois

- Le volume de bois par hectare $v(t)$ augmente avec le temps selon une fonction logistique $g(t)$, $\lim_{t \rightarrow \infty} g'(t) = 0$.
- S'il y a un incendie, la croissance est stoppée et le volume devient nul. Il n'y a pas de sauvetage.
- Plusieurs usages du bois indicés k avec $k = 1, \dots, K$, et avec p_k le prix net associé au produit k et des durées de vie différentes T_k .
- La proportion des produits varie avec l'âge du peuplement : $\delta_k(t)$ avec $\sum_{k=1}^K \delta_k(t) = 1 \quad \forall t$.

Modèle (suite)

- Bénéfices liés à la fonction séquestration du carbone
 - La forêt stocke du carbone. Cette fonction est valorisée par la société qui paie un revenu au propriétaire : $p_c \cdot \alpha \cdot v'(t)$
 - La disparition des produits issus du bois génère des émissions de carbone. Ces émissions sont représentées par un processus linéaire où un montant identique de carbone est émis à chaque période jusqu'à ce que le carbone total stocké dans le produit soit retourné dans l'atmosphère.
 - Les émissions sont assujetties à une taxe payable au moment de la récolte Φ_k .
- Problème du propriétaire forestier : choisir un flux de consommation $c(t)$ et la date de récolte $\bar{t}$.

Conditions d'optimalité

- En appliquant la technique standard du stopping optimal, l'équation de Bellman s'écrit : Pour $t < \bar{t}^*(w)$,

$$J(t, w) = \max_{\{c\}} U(c)dt + e^{-rt} \left[(1 - \lambda dt) J(t + dt, w + (\eta w - c)dt + p_c \alpha A v') + \lambda dt J(0, w + (\eta w - c)dt - A\mu) \right]$$

- L'âge de coupe optimal, $\bar{t}^*$, est définie par la condition *value matching* :

$$J(\bar{t}^*, w) = J(0, w + A \cdot \left[\sum_k (p_k - \Phi_k) \cdot \delta_k(\bar{t}^*) \cdot v(\bar{t}^*) \right] - A\mu)$$

- ainsi que par la condition smooth-pasting :

$$J_t(\bar{t}^*, w) = J_w(0, w + A \cdot \left[\sum_k (p_k - \Phi_k) \cdot \delta_k(\bar{t}^*) \cdot v(\bar{t}^*) \right] - A\mu)$$

$$\left[A v' \left[\sum_k (p_k - \Phi_k) \cdot \delta_k(\bar{t}^*) \right] \right] = 0 \quad \forall w.$$

Méthode de résolution numérique

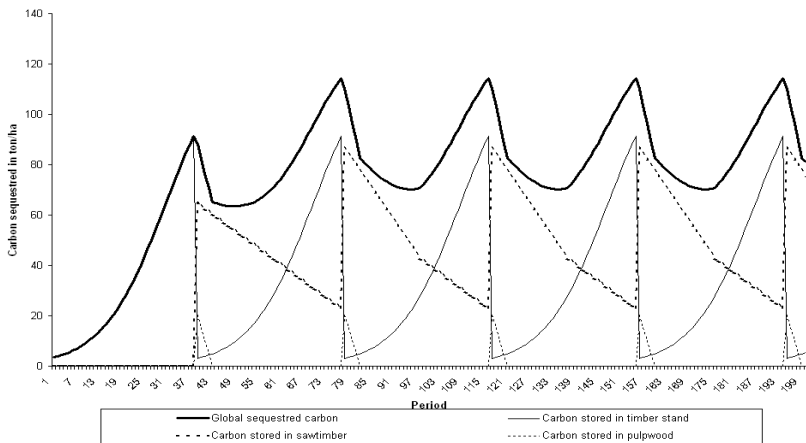
Méthode de résolution du problème de programmation dynamique stochastique en 2 étapes :

- ① Détermination numérique de la fonction valeur
 - Approximation de la fonction valeur $J(.)$ définies par les 3 conditions d'optimalité : $\hat{J}(.)$
 - Spécification : forme polynomiale orthogonale de Chebychev de seconde ordre
 - Méthode : Itération de la valeur
- ② Conception d'un algorithme reposant sur les conditions d'optimalité et utilisant l'approximation de la fonction valeur obtenue en première étape.

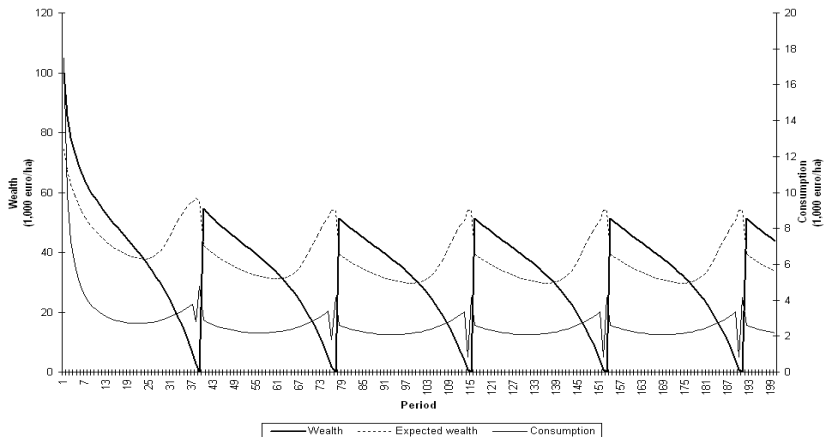
Une application et quelques résultats empiriques

	Carbon price (euro/ton)					
	0	10	20	40	80	100
<i>Rotation length (years)</i>	38	42	45	49	52	53
<i>Timber volume (m³/ha)</i>	304	342	363	385	396	399
Sawtimber	218	263	286	307	317	320
Pulpwood	86	79	77	78	79	79
<i>Change relative to the benchmark case (no value for carbon) (%)</i>						
Sawtimber		20.6	31.2	40.8	45.4	46.8
Pulpwood		-8.1	-10.5	-9.3	-8.1	-8.1
Total		12.5	19.4	26.6	30.3	31.2
<i>Carbon storage (ton/ha)</i>	91	103	109	116	119	120
<i>Timber revenue (euro/ha)</i>	5917	6954	7502	8005	8260	8327
<i>Carbon net revenue (euro/ha)</i>	0	440	954	2040	4213	5310
Carbon benefit	0	1025	2180	4615	9500	11967
Carbon tax	0	585	1226	2574	5287	6657
<i>Total revenue (euro/ha)</i>	5917	7394	8455	10045	12473	13637
<i>Change relative to the benchmark case (no value for carbon) (%)</i>						
Timber revenue (%)		17.5	26.8	35.3	39.6	40.7
Total revenue (%)		25.0	42.9	69.8	110.8	130.5

Dynamique du stock de carbone dans le bois et les produits



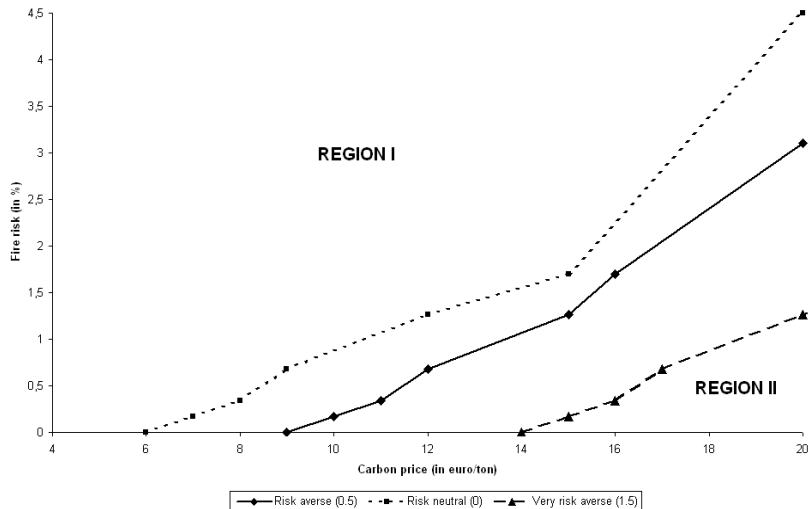
Dynamiques de la consommation, de la richesse et de la richesse espérée



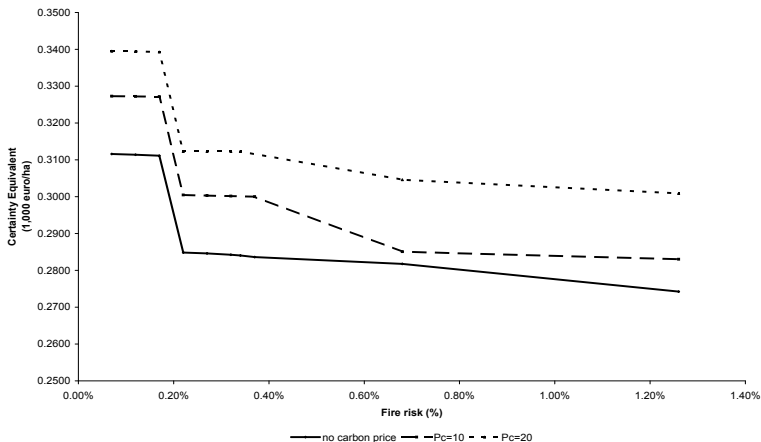
Rotation optimale, volume de bois et revenus en fonction de la taille, du risque et des préférences

	Optimal rotation length (years)	Volume (/ha)		Revenue (euro/ha)		
		Timber (m^3)	Carbon (ton)	Timber	Carbon	Total
<i>Forest size</i>						
6	46	369	111	7649	487	8136
12	42	342	103	6954	440	7394
24	40	324	97	6484	408	6892
<i>Risk λ(%)</i>						
0.17	42	342	103	6954	440	7394
0.34	41	333	100	6731	425	7156
0.68	40	324	97	6484	408	6892
1.26	39	315	94	6213	390	6603
1.7	38	304	91	5917	369	6286
<i>Risk preferences β</i>						
0.0001	45	363	109	7502	477	7979
0.5	42	342	103	6954	440	7394
1.5	41	324	97	6731	425	7156

Frontière prix du carbone / risque



Consentements à payer pour réduire le risque



Conclusion et extensions envisagées

● Remarques conclusives

- Modèle de programmation dynamique stochastique de gestion d'une forêt multifonctionnelle face à un risque d'incendie
- Effets contradictoires du risque et du carbone $\Rightarrow$ Identification de couples risque / prix du carbone
- Détermination du consentement à payer pour réduire le risque $\Rightarrow$ Aide aux autorités publiques pour la détermination et la mise en place de programmes de réduction du risque.

● Extensions

- Introduction de la décision d'assurance face au risque : contrat annuel
- Introduction des aides publiques en cas de sinistre
- Raisonnement dans un cadre ambigu et non pas risqué

Comparing group and individual choices under risk and ambiguity : an experimental study

- Article co-écrit avec Marielle Brunette (LEF) et Laure Cabantous (Nottingham University Business School)
- Article en cours. Version très préliminaire
- Objectif principal : dégager des éléments prospectifs de l'impact des préférences vis-à-vis du risque et vis-à-vis de l'ambiguïté sur les choix individuels et collectifs
- Plan de la présentation de l'article : contexte, littérature, contributions, les expériences, résultats préliminaires, conclusion.

Contexte

- Décisions en univers risqué ou ambigu
 - Distinction risque / ambiguïté
 - Préférences vis-à-vis du risque et préférences vis-à-vis de l'ambiguïté
 - Absence de données sur les comportements observés en univers ambigu
- Décisions individuelles ou collectives
 - Présence de différences
 - Importance de la règle de décision collective

Questions émergentes

- Existe-t-il des différences entre les décisions prises dans un contexte risqué et celles prises dans un contexte ambigu ?
- Les attitudes face au risque ou à l'ambiguïté collectives diffèrent-elles des décisions individuelles ?
- Comment les préférences face au risque ou à l'ambiguïté des individus composant un groupe sont-elles modifiées afin de faire émerger une décision collective ?
- Quelle est l'importance de la règle de décision ?

Définition

- La notion d'ambiguïté en économie
 - Ambiguïté = situations de choix dans lesquelles les probabilités des événements possibles sont imprécises, douteuses, incertaines
 - Emission de jugements de probabilités imprécis, connaissance imparfaite du phénomène en jeu, manque de données statistiques
 - Ambiguïté = synonyme de l'incertitude knightienne
- L'ambiguïté et l'aversion à l'ambiguïté selon Ellsberg :
 - Paradoxe d'Ellsberg : Remise en question de la théorie de l'espérance subjective d'utilité
 - Impact des conséquences et des probabilités associées mais aussi de la confiance que le décideur a dans son propre jugement de probabilité.
 - Procédure expérimentale "problème à deux couleurs"
 - Mise en évidence de la non-additivité des probabilités subjectives attribuées à des événements complémentaires,

Littérature

- Littérature sur les décisions en univers ambigu et les attitudes face à l'ambiguïté
 - Recherches en économie expérimentale :
 - Objectif : Décrire et comprendre les comportements des décideurs en situation d'ambiguïté
 - Conclusions : Pluralité d'attitudes face à l'ambiguïté, influencées par les facteurs économiques mais aussi psychologiques
 - Recherches en théorie économique
 - Objectif : Modéliser les comportements des décideurs en situation d'ambiguïté
 - Conclusions : Multitude de cadres

Littérature

- Littérature sur les comparaisons choix individuels / collectifs
 - Présence d'un effet groupe si unanimité : décision collective moins risquée que décision individuelle
 - Pas de différence si majorité
- Littérature sur les règles de décision collectives
 - Pas d'études pour les décisions en univers risqué ou ambigu
 - Pas de prédictions

Economie expérimentale

- Méthodes expérimentales afin de palier à certaines difficultés que soulève l'observation des données dans leur environnement naturel.
- Une expérience typique consiste à créer un environnement contrôlé afin de créer artificiellement une situation reflétant les conditions de la théorie économique ou une situation hypothétique.
- Une expérience vise à répondre à 3 types d'objectifs :
 - confronter les données collectées aux prédictions théoriques
 - aider à la décision en évaluant l'impact de différents instruments sans avoir besoin d'exposer la population concernée à subir les coûts d'une mise en oeuvre effective
 - produire des connaissances nouvelles, lorsque la théorie est incomplète ou inexistante.

Présentation des expériences

- Participants : 60 étudiants (4 sessions)
- Déroulement : une tâche individuelle composée de 4 séries de 10 questions et une tâche collective composée de 2 séries de 10 questions
- Variables between (B) versus within (W) subject : W = domaine de décisions (individuel / collectif), source d'incertitude (risque / ambiguïté), domaine des payoffs (gains / pertes) ; B : règle collective : unanimité ou majorité
- Décision collective : groupe de 3 ; 5 itérations possibles.
- Rémunération : 2 choix tirés au sort par l'ordinateur : de 0 à 26 euros.

Photos de la salle



Photos des expériences



Tableau des loteries en univers risqué dans le domaine des gains

	Option A				Option B				Option choisie
	Prob. P	Gains	Prob. (1-P)	Gains	Prob. P	Gains	Prob. (1-P)	Gains	
1	10%	7 €	90%	5 €	10%	13 €	90%	0 €	A B
2	20%	7 €	80%	5 €	20%	13 €	80%	0 €	A B
3	30%	7 €	70%	5 €	30%	13 €	70%	0 €	A B
4	40%	7 €	60%	5 €	40%	13 €	60%	0 €	A B
5	50%	7 €	50%	5 €	50%	13 €	50%	0 €	A B
6	60%	7 €	40%	5 €	60%	13 €	40%	0 €	A B
7	70%	7 €	30%	5 €	70%	13 €	30%	0 €	A B
8	80%	7 €	20%	5 €	80%	13 €	20%	0 €	A B
9	90%	7 €	10%	5 €	90%	13 €	10%	0 €	A B
10	100%	7 €	0%	5 €	100%	13 €	0%	0 €	A B

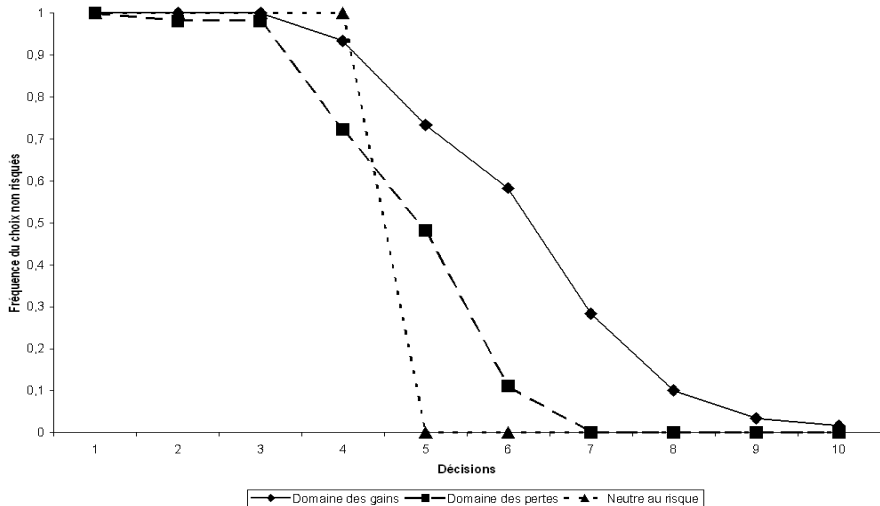
Tableau des loteries en univers ambigu dans le domaine des gains

	Option A : Urne A		Option B : Urne B		Votre option
	Dans l'urne A, la distribution de boules est 5 noires et 5 blanches		Dans l'urne B, les distributions possibles des boules ne sont pas connues		
	Si vous tirez la couleur que vous avez choisie	Si vous tirez la couleur que vous n'avez pas choisie	Si vous tirez la couleur que vous avez choisie	Si vous tirez la couleur que vous n'avez pas choisie	
	Gains	Gains	Gains	Gains	
1	13 €	0 €	9 €	0 €	A B
2	12 €	0 €	9 €	0 €	A B
3	11 €	0 €	9 €	0 €	A B
4	10 €	0 €	9 €	0 €	A B
5	9 €	0 €	9 €	0 €	A B
6	8 €	0 €	9 €	0 €	A B
7	7 €	0 €	9 €	0 €	A B
8	6 €	0 €	9 €	0 €	A B
9	4 €	0 €	9 €	0 €	A B
10	2 €	0 €	9 €	0 €	A B

Attitudes face au risque dans le domaine des gains

Nombre de choix non risqués	Coefficient d'aversion au risque r $U(x) = \frac{x^{1-r}}{1-r}$	Préférences face au risque	Choix individuels (%)
0 et 1	$r < -0,95$	Fortement riscophile	0
2	$-0,95 < r < -0,49$	Très riscophile	0
3	$-0,49 < r < -0,15$	Riscophile	6,6
4	$-0,15 < r < 0,15$	Neutre au risque	20
5	$0,15 < r < 0,41$	Faiblement riscophobe	20
6	$0,41 < r < 0,68$	Riscophobe	25
7	$0,68 < r < 0,97$	Très riscophobe	18,3
8	$0,97 < r < 1,37$	Fortement riscophobe	6,7
9 et 10	$r > 1,37$	Très fortement riscophobe	3,4
Fréquence de préférences riscophobes			73,4

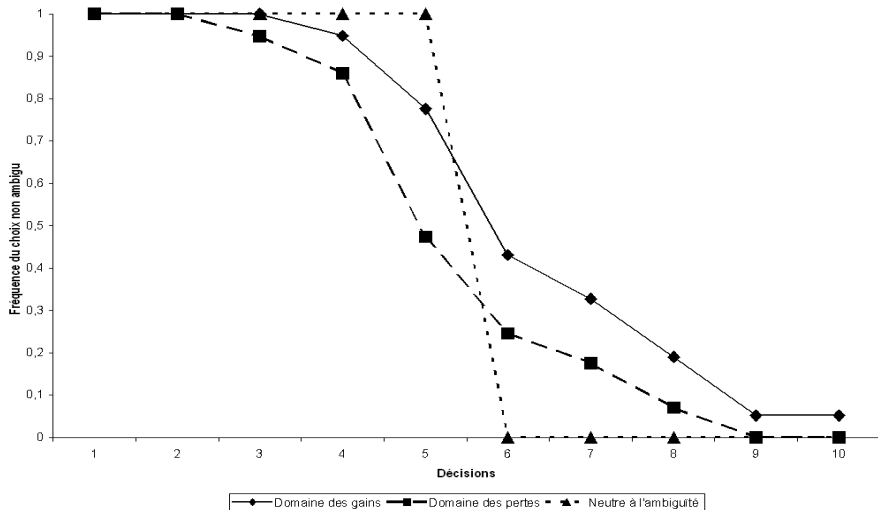
Proportion de choix non risqués à chaque décision



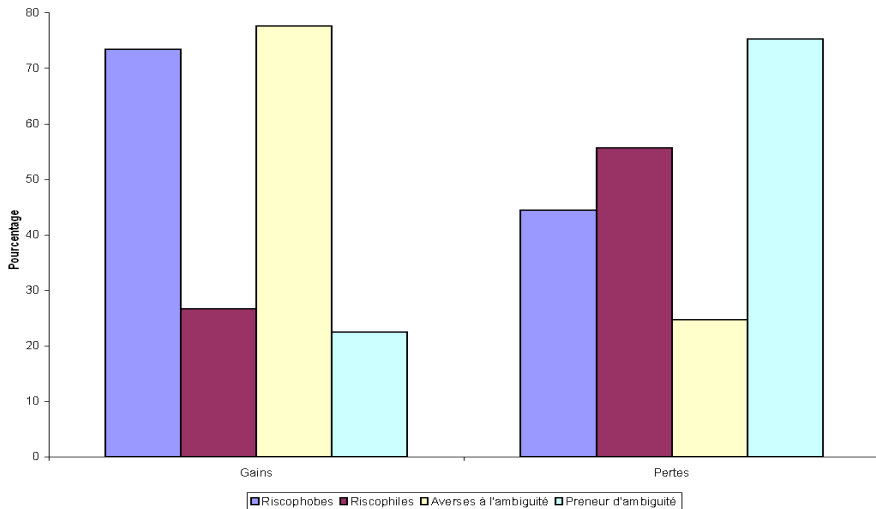
Attitudes face à l'ambiguïté dans le domaine des gains

Nombre de choix non ambigus	Coefficient d'aversion à l'ambiguïté s $KMM(x) = E\Phi(EU(x))$ avec $\Phi(x) = x^s$	Préférences face à l'ambiguïté	Choix individuels (%)
0	$s > 1,93,$	Très fortement preneur d'ambiguïté	0
1	$1,6 < s < 1,93,$	Fortement preneur d'ambiguïté	0
2	$1,36 < s < 1,6$	Très preneur d'ambiguïté	0
3	$1,16 < s < 1,36$	Preneur d'ambiguïté	5,2
4	$1 < s < 1,16$	Neutre à l'ambiguïté	17,2
5	$0,87 < s < 1$	Faiblement averse à l'ambiguïté	32,8
6	$0,76 < s < 0,87$	Averse à l'ambiguïté	13,8
7	$0,67 < s < 0,76$	Très averse à l'ambiguïté	12,0
8	$0,44 < s < 0,67$	Fortement averse à l'ambiguïté	13,8
9	$0,31 < s < 0,44$	Très fortement averse à l'ambiguïté	0
10	$s < 0,31$	Extrêmement averse à l'ambiguïté	5,2
Fréquence de préférences averses à l'ambiguïté ($s < 1$)			77,6

Proportion de choix non ambigus à chaque décision



Attitudes et domaine des payoffs



Relation Attitudes face au risque et face à l'ambiguïté

Test de corrélation des attitudes face au risque et des attitudes face à l'ambiguïté :

- Dans le domaine des gains : coefficient de corrélation de Pearson = 0,385 avec une p-value de 0,003
⇒ Corrélation significative et positive
- Dans le domaine des pertes : coefficient de corrélation de Pearson = 0,06 avec une p-value de 0,965
⇒ Pas de corrélation significative

Choix individuels / collectifs en univers risqué dans le domaine des gains

Nombre de choix non risqués	Préférences face au risque	Choix individuels (%)	Choix collectifs (%)	
			Majorité	Unanimité
0 et 1	Fortement riscophile	0	0	0
2	Très riscophile	0	0	0
3	Riscophile	6,6	0	0
4	Neutre au risque	20	10	30
5	Faiblement riscophobe	20	26,7	10
6	Riscophobe	25	33,3	40
7	Très riscophobe	18,3	30	20
8	Fortement riscophobe	6,7	0	0
9 et 10	Très fortement riscophobe	3,4	0	0
Fréquence de préférences riscophobes		73,4	90	70

Choix individuels / collectifs en univers ambigu dans le domaine des gains

Nombre de choix non ambigus	Préférences face à l'ambiguïté	Choix individuels (%)	Choix collectifs (%)	
			Majorité	Unanimité
0	Très fortement preneur	0	0	0
1	Fortement preneur	0	0	0
2	Très preneur	0	0	0
3	Preneur	5,2	0	0
4	Neutre	17,2	10	30
5	Faiblement averse	32,8	43,3	23,3
6	Averse	13,8	26,7	36,7
7	Très averse	12,0	13,3	10
8	Fortement averse	13,8	6,7	0
9	Très fortement averse	0	0	0
10	Extrêmement averse	5,2	0	0
Fréquence de préférences averses ($s < 1$)		77,6	90	70

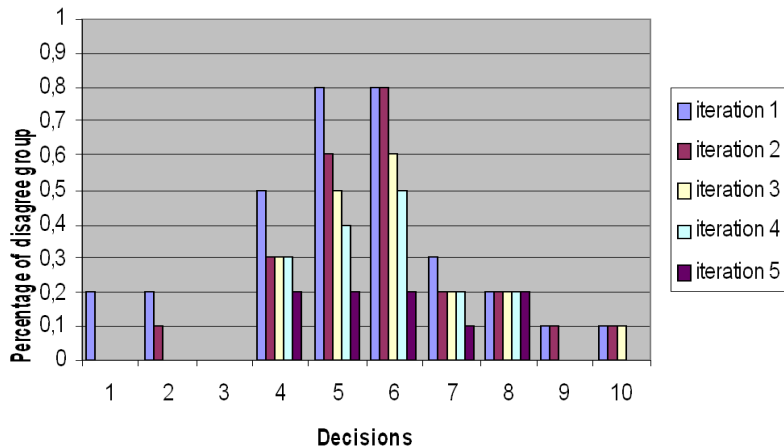
Source d'incertitude et mode de décision

Nombre moyen	Individuel	Collectif	
		Majorité	Unanimité
Choix non risqués	5,63	5,83	5,50
Choix non ambigus	5,78	5,63	5,27

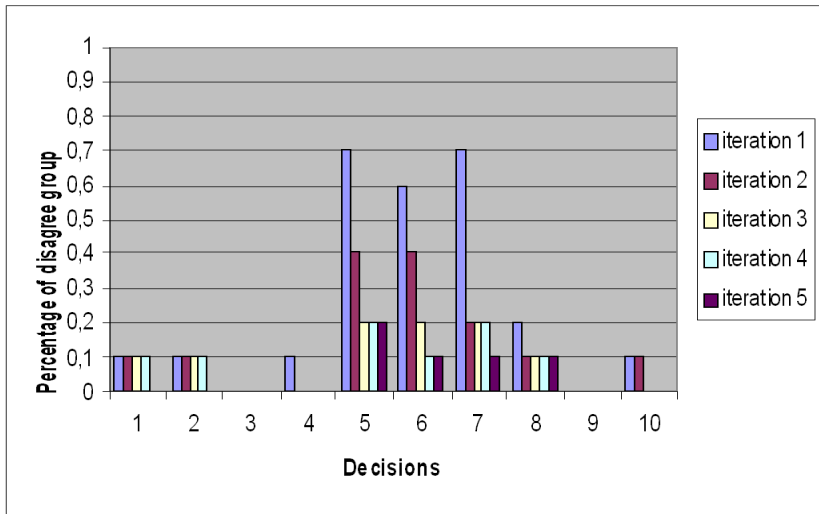
Choix et règle de décision collective

- Règle de l'unanimité et préférences :
 - Tests de comparaison de moyenne sur les préférences
 - Risque : pas de différence significative des attitudes face au risque
 - Ambiguïté : pas de différence significative des attitudes face à l'ambiguïté
- Règle de la majorité et préférences :
 - Tests de comparaison de moyenne sur les préférences
 - Risque : similarité significative des attitudes face au risque
 - Ambiguïté : similarité significative des attitudes face à l'ambiguïté
- Comparaison des règles :
 - Tests de comparaison de moyenne
 - Risque : similarité significative des préférences
 - Ambiguïté : similarité significative des préférences

Proportion des désaccords en univers risqué



Proportion des désaccords en univers ambigu



Conclusions

● Résultats expérimentaux

- Aversion au risque et aversion à l'ambiguïté confirmées dans le domaine des gains mais atténuées dans le domaine des pertes
- Corrélation entre ces attitudes uniquement dans le domaine des gains
- Pas de différence entre choix individuels / collectifs
- Pas de différence entre unanimité / majorité

● Extensions

- Approfondissement de l'analyse statique : probit sur les choix d'options non risquées ou non ambiguës ; analyse des désaccords plus fine.
- Affinement du protocole et nouvelles expériences ; décision collective, ambiguïté et pertes.