

Projet ANR- 08-RISKNAT-007-01

RISKEMOTION

Décision en présence d'incertitude et d'émotions face à des risques de catastrophes naturelles

Rapport final

Avril 2013

Olivier CHANEL, CNRS – GREQAM, AMSE, Marseille (coordinateur)

Graciela CHICHILNISKY, Université de Columbia, New-York

Sébastien MASSONI, CNRS – CES, Université Paris 1

Jean-Christophe VERGNAUD, CNRS – CES, Université Paris 1

Avec la collaboration de

Stéphanie VINCENT LYK-JENSEN, SFI, Copenhague

Laboratoire coordinateur : **G.R.E.Q.A.M.**

Groupement de Recherche en Economie Quantitative d'Aix-Marseille

UMR 7316-CNRS-EHESS-Universités d'Aix-Marseille

Centre de la Vieille Charité

13002 Marseille

Tél : 04 91 14 07 70 Fax : 04 91 90 02 27

PREFACE

Les objectifs initiaux de cette recherche, étudier les liens entre émotions et décision en incertitude face à des risques de catastrophes naturelles, ont été globalement réalisés. Divers retards liés à des problèmes médicaux (9 mois) ou administratifs lors de la réalisation de l'enquête inondation (9 mois également), n'ont pas permis une complète exploitation de l'extrême richesse des deux bases de données et des expériences dans ce rapport.

Nous avons toutefois exploré de manière systématique différents rôles des émotions dans la représentation dynamique des interactions entre émotion et décision en incertitude. Nous n'avons pu mener d'expériences sur la mesure physiologique des émotions ressenties car la salle d'expérimentation qui devait être équipée des appareils nécessaires ne l'a pas été pour des raisons budgétaires. Nous n'avons pu de même adapter formellement le cadre théorique initial de Chichilnisky (2009) aux risques de catastrophe naturelle, ne parvenant pas à caractériser la partie relevant d'une mesure purement additivement finie. Nous en avons par contre tenté une estimation empirique en remplaçant le terme dans lequel elle figure par des mesures des émotions. Grâce à des données collectées pour un autre motif,¹ nous avons également pu explorer les liens entre émotions et risque avant et après une exposition choisie à un risque catastrophique de décès (conflit armé). Ce n'était pas prévu au départ et a permis des comparaisons avec la population inondée. L'extrême richesse des données collectées lors des trois études empiriques fera l'objet de traitements approfondis dans les années qui viennent, et apportera des éléments de réponses plus aboutis.

Nous tenons à remercier Kadija Charni et Valérie Ilardi (AMSE-GREQAM) pour le traitement de certaines données de pré-enquête, Jean-Philippe Richard (ENSAE) pour sa collaboration lors de la revue de la littérature, Maxim Frolov (PSE) pour sa contribution à la programmation des expériences et à l'organisation des sessions, Jean Cottraux et Frank Weathers pour leur autorisation d'utiliser le questionnaire PTSD et sa version française, Oliver John pour celle d'utiliser son questionnaire Big Five et sa version française, l'ASTS PACA, l'IDEP et le Conseil Régional PACA pour leurs soutiens logistiques lors de la pré-enquête simultanée, les instituts ENOV Research (pour la réalisation de l'enquête inondation) et SFI (The Danish National Centre for Social Research) pour la réalisation de l'enquête soldats. Nous remercions finalement les 1591 personnes qui ont accepté de répondre aux différents pré-tests, aux enquêtes et aux expériences.

Le projet RISKEMOTION est coordonné par le GREQAM, laboratoire membre de l'AMSE. Il associe le CES (Centre d'Economie de la Sorbonne, Université Paris 1, avec S. Massoni et J.-C. Vegnaud), l'Université de Columbia (avec G. Chichilnisky) et a bénéficié de la collaboration de SFI (avec S. Vincent Lyk-Jensen). Le projet a commencé en janvier 2009 et a duré 47 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 88.000 euros (qu'elle en soit ici remerciée) pour un coût global de 130.000 euros, et est labellisé par le pôle de compétitivité Risque.

¹ Voir par exemple Glad A., Lyk-Jensen S.V. (2013), Before and after missions: Changes and differences in motivations of Danish Soldiers Deployed to Peace-keeping and peace-enforcing missions, *mimeo*, ou Lyk-Jensen, S. V., Heidemann, J., & Glad, A. (2012), *Soldater - før og efter udsendelse : en analyse af motivation, økonomiske forhold og kriminalitet*. København: SFI - Det Nationale Forskningscenter for Velfærd. [Soldats avant et après leur mission: une analyse de leurs motivations, de leur économie et de leur criminalité]

TABLE DES MATIERES

RESUME	3
RESUME ANGLAIS	4
ANALYSE DES RESULTATS	5
INTRODUCTION	11
PARTIE 1 Le rôle des émotions dans les comportements économiques : analyse de la littérature	14
PARTIE 2 De l'analyse de la littérature aux enquêtes	45
PARTIE 3 Présentation des trois études empiriques réalisées	78
PARTIE 4 Liens entre émotion et décision dans les enquêtes Inondation et Soldats	107
PARTIE 5 Etude des consentements à payer pour réduire le risque (ou la vulnérabilité) dans le cas d'une inondation	140
PARTIE 6 Données expérimentales : analyse du rôle des émotions dans le processus de décision	200
CONCLUSION	224
ANNEXES	
Annexe 1. Article « Impact of information on intentions to vaccinate in a potential epidemic: swine-origin Influenza A (H1N1) », Chanel O., S. Luchini, S. Massoni and J.-C. Vergnaud, <i>Social Science and Medicine</i> 72, 142-148 (2011).	230
Annexe 2. Article « Valuing life: experimental evidence using sensitivity to rare events », Chanel O. and G. Chichilnisky, <i>Ecological Economics</i> 85, 198–205 (2013)	237
Annexe 3. Article « Elicitation of Subjective Probabilities in the Light of Signal Detection Theory », Gajdos, T., S. Massoni, and J.-C. Vergnaud, (2012), <i>submitted</i> .	246
Annexe 4. Questionnaire Inondation et questionnaire expériences	277
Annexe 5. Dictionnaire des variables utilisées dans les enquêtes	309

RESUME

Le projet Riskemotion cherche à étudier le rôle des émotions dans les choix d'individus parmi des alternatives impliquant des événements catastrophiques, d'origine artificielle (expérience de laboratoire), naturelle (inondation) ou humaine (conflit armé). Une meilleure compréhension du rôle des émotions dans la prise de décision apparaît comme un enjeu important pour appréhender les déterminants psychologiques sous-jacents des comportements réels et éventuellement les contrôler pour guider les comportements vers des décisions susceptibles de réduire la vulnérabilité de la population.

Les émotions peuvent être vues comme un signal qui permettrait d'améliorer la rationalité des comportements. Le projet Riskemotion s'attache donc à déterminer, au travers d'enquêtes, comment différentes populations (habitants exposés à différents niveaux de risque d'inondation, individus ayant des comportements à risque, soldats lors de conflits armés) prennent leurs décisions en incertitude avant et après des événements générateurs d'émotions. Sont en particulier recueillies et analysées des données sur leurs émotions, leurs anticipations de ces émotions, sur leur personnalité et déterminants psychologiques, sur les symptômes avant et après les événements catastrophiques générant les émotions. En parallèle à ces enquêtes, des protocoles expérimentaux, menés essentiellement auprès d'étudiants, répliquent une expérience de vécu émotionnel d'une catastrophe et mesurent son effet sur le comportement et les croyances. La charge émotionnelle mesurée par une anxiété déclarée est induite par des éléments de contexte. On observe les comportements (choix d'assurance, croyances, effort) et l'on identifie comment ils sont affectés par la présence d'émotions lors de la prise de décision. Ces protocoles permettent de tester les mêmes hypothèses que celles considérées dans les enquêtes et utilisent des paradigmes expérimentaux issus de la psychophysique qui autorisent un contrôle sur les sources d'incertitude ressenties par les sujets.

Les résultats obtenus ont confirmé que les émotions attachées à la nature du risque peuvent constituer un élément significatif dans la volonté de le réduire. Les enquêtes ont également offert des analyses comparatives précieuses, d'une part en opposant un risque naturel subi de très faible probabilité et un risque humain choisi de probabilité élevé, et d'autre part en étudiant comment le fait de vivre réellement un événement anticipé affectait les décisions. Les expériences montrent que les émotions affectent les processus de décision mais aussi la formation des croyances probabilistes.

RESUME (Anglais)

The Riskemotion project studies the role of emotions in individuals' choices among alternatives involving catastrophic events either artificial (laboratory experiment), natural (flood) or human (armed conflict). A better understanding of the role of emotions in decision-making appears as an important issue to comprehend the underlying psychological determinants of actual behavior, and possibly to control them in order to guide behavior and help reduce the vulnerability of the population.

Emotions can be seen as a signal that would improve behaviors' rationality. The Riskemotion project therefore aims to determine, through surveys, how different populations (people exposed to different levels of flood risk, individuals with risky behaviors, soldiers in armed conflicts) make their decision under uncertainty before and after emotion-generating events. Data on their emotions, their expectations of these emotions, their personality and psychological determinants, their symptoms before and after emotion-generating events are collected and analyzed. In parallel with these surveys, experimental protocols, mainly dealing with students, replicate the emotional experience of a catastrophe and measure its impact on behavior and beliefs. Emotions are induced by framing effects and measured through a self-declared worry scale. We collect behavioral data (insurance choice, subjective beliefs, effort) and measure how they are affected by the emotions felt during the decision-making. These protocols are used to test the same assumptions as those considered in the surveys and use the experimental paradigms from psychophysics that allow for controlling the sources of uncertainty experienced by the subjects.

Results confirm that the emotions attached to the nature of the risk can significantly determine the desire to reduce it. The surveys also provide valuable comparative analyses, first in opposing a very low involuntary natural hazard risk and a high voluntary human risk, and second in studying how the fact of actually living an anticipated event affects decisions. Experiments show that emotions affect the decision making process and the formation of probabilistic beliefs.

ANALYSE DES RESULTATS

Introduction

Mieux comprendre le rôle des émotions dans la prise de décision face à des risques de catastrophe naturelle, apparaît comme un enjeu important pour appréhender les déterminants psychologiques sous-jacents des comportements réels et éventuellement les contrôler pour guider les comportements vers des décisions plus rationnelles.

Nous nous attachons à déterminer, au travers d'enquêtes, comment différentes populations (habitants exposés à différents niveaux de risque d'inondation, individus ayant des comportements à risque - sport, santé, vie quotidienne... - , soldats lors de conflits armés) prennent leurs décisions en incertitude avant et après les événements émotionnels. Sont en particulier recueillies et analysées des données sur leurs émotions, leurs anticipations de ces émotions, sur leur personnalité et déterminants psychologiques, sur les symptômes avant et après les événements catastrophiques générant les émotions. En parallèle à ces enquêtes, des protocoles expérimentaux sont utilisés pour étudier de manière précise le rôle des émotions dans la prise de décisions et la formation des croyances. Ces expériences permettent de multiplier les données comportementales dans un cadre contrôlé et de manipuler grâce à des éléments de contexte, la charge émotionnelle ressentie. Ces protocoles permettent de tester les mêmes hypothèses que celles considérées dans les enquêtes et utilisent des paradigmes expérimentaux issus de la psychophysique qui permettent un contrôle sur les sources d'incertitudes ressenties par les sujets. On observera notamment comment les choix d'assurance et la formation des croyances sont influencés par les effets de l'anxiété.

Notre objectif principal est d'étudier le rôle des émotions dans les choix d'individus parmi des alternatives impliquant des événements catastrophiques. Comment les aspects émotionnels, anticipés ou passés, modifient l'évaluation des conséquences et la fonction de distorsion des probabilités ? Comment sont prises en compte les petites probabilités en situation répétée et dans un contexte émotionnel ? Peut-on, par des effets de contexte ou en jouant sur l'information apportée ou encore par les types de choix proposés, modifier les comportements en jouant sur le rôle des émotions ?

Résultats issus de la revue de la littérature (Partie 1)

Sur la base de la revue de la littérature (dont les 143 fiches de lecture figurent dans le rapport intermédiaire, Chanel et al., 2011), nous avons déterminé que l'impact des émotions dans la prise de décision pouvait se produire à trois niveaux (voir Rick and Loewenstein, 2008, pour une synthèse).

Emotions avant l'expérience : les émotions (dont l'anxiété) sont ressenties durant la décision et affectent l'évaluation des résultats par une modification de l'utilité espérée. En effet, les émotions deviennent une utilité anticipée (à la différence de l'utilité espérée) : en prenant leur décision aujourd'hui, les individus doivent prévoir la façon dont ils ressentiront leurs

émotions lorsque les événements se réaliseront (Caplin and Leahy, 2001).

Pendant l'expérience : les émotions dépendent alors des sentiments, elles peuvent être considérées comme une distance entre les attentes (sentiments attendus par les individus) et leur réalisation (voir par exemple la neuroéconomie et l'écart à la récompense anticipée, c'est à dire la différence entre la récompense réelle et la récompense attendue, Schultz, Dayan and Montague, 1997).

Après l'expérience : les émotions associées à la remémoration d'un événement peuvent permettre d'actualiser l'évaluation des résultats et affecte la perception de la probabilité de cet événement. Un sentiment extrême négatif pourrait avoir des effets irréversibles et affecter irrémédiablement une décision (Oatley, Keltner and Jenkins, 2006).

Résultats issus des pré-tests (Partie 2)

Un premier pré-test a recherché les raisons de changements de décision en incertitude dans une loterie impliquant un risque catastrophique à laquelle a répondu une même population à 11 ans d'intervalle. Le second volet, passé en 2009 auprès de 120 membres du Greqam, a donné lieu à publication (Chanel et Chichilnisky, 2013). Il a mis en évidence deux raisons expliquant un changement de décision, pour lesquelles les émotions semblent pouvoir être significativement impliquées : des modifications dans la composition de la famille, et un changement dans la perception des probabilités.

Un second pré-test a consisté en une pré-enquête en condition expérimentale réelle (organisée en 2009 auprès de 175 personnes issues de la population générale dans l'hémicycle du Conseil Régional PACA) qui demandait à chaque participant ses préférences pour réduire un risque catastrophique (risque de décès de 0,01%). Elle a permis d'apporter des éléments de réponse sur quatre aspects.

D'un point de vue opérationnel, le format d'enquête simultanée trouve ses limites lorsqu'il s'agit de présenter de faibles probabilités d'occurrence ou des questionnaires nécessitant une adaptation conditionnée par les réponses de l'enquêté à des phases précédentes. Nous l'abandonnerons donc au profit de questionnaires en face à face pour les enquêtes.

L'influence de l'information sur la volonté de réduire un risque donné est étudiée au moyen de cinq niveaux successifs d'information, individuelle, collective, scientifique ou subjective. Les résultats, qui indiquent que l'information la plus pertinente pour motiver une décision réduisant la probabilité de décès est celle de nature scientifique, ont fait l'objet d'une publication (Chanel, Luchini, Massoni and Vergnaud, 2011).

Déterminants de l'intensité des préférences entre deux risques de nature différente

L'intensité des préférences des participants pour réduire leur vulnérabilité face à un risque catastrophique (décès) de 0,01% associé soit à une catastrophe sanitaire, soit à une catastrophe naturelle (tremblement de terre), a été étudiée. Il n'a pas été trouvé de relation significative entre les préférences et les autoévaluations des participants concernant leur prudence dans 7 domaines de la vie quotidienne, leur exposition à 5 types de risques ou leur comportement dans les jeux de hasard ou de pronostic. Les principales variables qui permettent d'expliquer cette intensité de choix sont le revenu individuel, le fait d'être retraité, l'âge du répondant, les connaissances en matière de santé et de vaccination et le fait de travailler dans le secteur de la santé.

Préférences entre deux risques de même nature mais de caractéristiques différentes

Les préférences parmi des risques de même probabilité de décès (0,01%) mais de caractéristiques différentes (probabilité d'occurrence élevée mais conséquences faibles et probabilité d'occurrence faible mais conséquences élevées) sont étudiées. Il apparaît que les émotions attachées à la nature du risque peuvent constituer un élément significatif de la volonté de le réduire (p-value du test d'égalité entre les deux risques inférieure à 0,001).

Une troisième série de pré-tests a permis de définir le cadre général du modèle utilisé dans les expériences, fondé sur un paradigme psychophysique qui permet de décrire les processus de traitement de stimuli visuels grâce à la théorie de la détection du signal. Une première expérience a permis d'identifier une règle d'élicitation incitative efficace des probabilités subjectives (Hollard, Massoni and Vergnaud, 2010), les Matching Probabilities, qui permet d'obtenir des probabilités subjectives très proches des probabilités prédites par le modèle de détection de signal (Gajdos, Massoni and Vergnaud, 2012).

Dans une expérience pilote, nous avons construit un cadre économique de choix d'assurance utilisant cette tâche perceptive. Pour induire des émotions, plusieurs manipulations étaient considérées : contexte gain/perte, argent gagné/reçu, information sur les résultats passés. Nous avons observé des effets comportementaux de ces facteurs externes, notamment des effets du vécu. Toutefois, la complexité du protocole ne permet pas un traitement fiable des données et nous avons choisi de supprimer les retours d'information pour nous concentrer sur les effets purs d'une charge émotionnelle induite à la fois par les manipulations d'un contexte gain/perte et par une modulation des enjeux financiers. Avant de mener l'expérience principale, nous avons réalisé une expérience préliminaire pour tester le protocole, et développé notamment une méthode pour identifier les sujets qui se conforment à un processus rationnel dans leur décision d'assurance.

Formulation des interactions entre émotion et décision en incertitude (Partie 2)

Cela nous a conduit à formuler des hypothèses quand aux différents canaux par lesquels émotion et décision en incertitude interagissent, schématisés sur la figure 1. L'analyse bibliographique indique également l'impossibilité de se projeter dans les émotions ressenties pendant un événement de nature catastrophique, sans les avoir vécues.

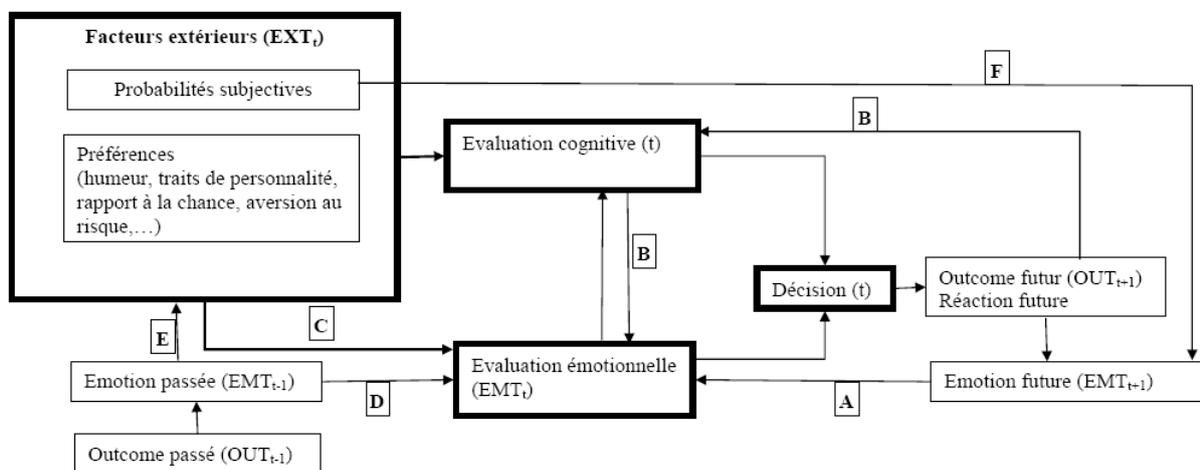


Figure 1 Représentation dynamique des interactions entre émotion et décision en incertitude

Résultats issus des enquêtes (Parties 4 et 5)

L'enquête dite inondation a porté sur 602 individus répartis sur quatre communes aux caractéristiques différenciées au regard du risque : non exposée (Miramas), exposée mais non inondée (Berre-l'Etang), inondée dans le passé (Vaison-la-Romaine en 1992) et inondée récemment (Draguignan en 2010).

Les émotions anticipées sont positivement corrélées avec le fait d'avoir déjà subi une inondation, et avec l'évaluation de la probabilité subjective d'inondation. La sévérité de l'inondation vécue est corrélée positivement avec la probabilité subjective d'inondation, le niveau d'assurance des biens, et l'importance des actions prises pour limiter les effets d'une future inondation. Les traits de personnalité sont corrélés avec les comportements d'assurance et les décisions en incertitude.

L'étude des Consentements à payer (CAP) pour se prémunir collectivement du risque (scénario travaux) ou individuellement des conséquences (scénario assurance) indique un taux de réponses de protestation plus faible pour les communes non inondées (30%) que pour les communes inondées (55%). Elle indique également un CAP similaire pour les deux scénarios (120 euros par an) dans les communes non inondées, mais différents (87 euros pour assurance et 74 euros pour travaux) dans les communes inondées.

L'analyse des déterminants des CAP indique que la probabilité subjective d'être inondé, le fait d'être en état de stress post-traumatique, le niveau de patrimoine, le niveau de connaissance du risque, la capacité à contrôler et réguler ses pulsions augmentent le CAP alors que le sentiment de contrôle et la préférence pour le présent le diminue.

L'enquête dite soldats a porté sur 462 soldats danois, interrogés en janvier 2011 avant leur départ en mission pour 6 mois en Afghanistan ou au Liban, puis à leur retour en août 2011.

L'étude avant/après mission au niveau individuel indique une augmentation significative du sentiment de contrôle dans la vie courante, une diminution de la capacité à contrôler et réguler ses pulsions, de la réactivité émotionnelle et de la vulnérabilité au stress, et une absence de modification significative dans les choix en incertitude. On trouve également une surestimation des émotions et réactions anticipées en situation de combat.

Les émotions anticipées sont négativement corrélées avec le fait d'avoir déjà effectué une mission. Les émotions ressenties pendant la mission ont une influence positive significative sur le syndrome de stress post-traumatique, sur la capacité à contrôler et réguler ses pulsions mais négative sur le sentiment de contrôle. Les traits de personnalité sont corrélés avec les comportements d'assurance et de préférence pour le présent.

Résultats issus des expériences (Partie 6)

Une série d'expériences préalables a conduit à une expérience finale sur le risque catastrophique dont nous tirons nos résultats concernant le rôle de l'anxiété sur le comportement.

Les sujets font face à des choix d'assurance répétés dans une succession de bingos. Un bingo consiste en 5 essais de la tâche perceptive pour lesquels il faut atteindre un objectif minimal de réussite pour le gagner. Il débute par la prise de connaissance d'informations sur le bingo (objectif à atteindre, montant en jeu, gain ou perte). Les sujets expriment ensuite leur niveau d'anxiété puis choisissent leur niveau d'assurance avant d'indiquer leur niveau de confiance dans le fait de réussir le bingo. Pour chacun des 5 essais, les sujets, en plus de leur choix, doivent exprimer leur confiance dans leur réponse donnée. Avec les données recueillies, 4 effets des émotions (mesurées par le niveau d'anxiété déclarée avant le choix) peuvent être étudiés en correspondance avec les processus impliqués dans la prise de décision : la décision d'assurance elle-même (effet 1), les probabilités subjectives i.e. la confiance dans le fait de réussir le bingo (effet 2), la formation de ces croyances i.e. le lien entre les confiances exprimées essais par essais et les confiances pour le bingo (effet 3), et les capacités métacognitives i.e. la calibration et la discrimination (effet 4). Le tableau 1 suivant synthétise les résultats significatifs obtenus pour ces 4 effets.

Tableau 1 Synthèse des résultats significatifs pour les 4 effets testés dans les expériences

		Effet moyen de l'anxiété
Effet 1	Décision d'assurance	Entre +2% et +9% selon la méthode d'estimation
Effet 2	Probabilités subjectives	-8,0 %
Effet 3	Formation des probabilités	Entre + 1,3 % et +9,7 % d'augmentation de la dissonance cognitive selon la méthode d'estimation
Effet 4	Métacognition : calibration	Surconfiance significativement plus faible lorsque l'anxiété est supérieure à la moyenne.
	Métacognition : discrimination	Discrimination significativement meilleure lorsque l'anxiété est supérieure à la moyenne.

Nos expériences ont donc permis de mettre en évidence, dans un environnement contrôlé, les effets des émotions sur les processus de prise de décision et sur la formation des probabilités subjectives.

Conclusion

De façon générale, nos résultats confirment l'intérêt d'une prise en compte de la dimension émotionnelle au sens large (incluant les traits de personnalité et l'état de stress post-traumatique) pour expliquer les choix en incertitude, en particulier ceux relevant des risques de type catastrophique. De nombreux enseignements devraient découler dans les années à venir, des travaux qui seront menés sur les données accumulées.

En particulier, les émotions ne peuvent être anticipées tant qu'elles n'ont pas été vécues personnellement. Cela plaiderait pour une composition adéquate des groupes amenés à prendre des décisions publiques impliquant des risques de catastrophe naturelle. Des différences sur l'impact des émotions anticipées entre une situation subie (inondation) et une situation choisie (mission militaire) ont également été mises en évidence, si bien que cette dimension mérite d'être approfondie. Enfin, le fait d'avoir subi une inondation semble générer une défiance envers les moyens (assurance ou travaux) permettant de réduire la

probabilité d'occurrence ou l'importance des dégâts, ce qui mériterait une étude plus approfondie afin d'améliorer l'acceptabilité de tels systèmes.

Références

- Caplin A., Leahy J., (2001) Psychological Expected Utility Theory and Anticipatory Feelings, *Quarterly Journal of Economics*, 116(1), p. 55-79
- Chanel O., G. Chichilnisky, S. Massoni, J.-P. Richard, J.-C. Vergnaud, (2011), Revue de la littérature sur la thématique catastrophes naturelles et théorie de la décision, *rapport intermédiaire du programme Riskemotion*, mars, 172 p.
- Chanel, O., G. Chichilnisky (2013), Valuing life: experimental evidence using sensitivity to rare events, *Ecological Economics* 85, p. 198–205.
- Chanel, O., S. Luchini, S. Massoni, J.-C. Vergnaud, (2011), Impact of information on intentions to vaccinate in a potential epidemic: swine-origin Influenza A (H1N1), *Social Science and Medicine* 72(2) p. 142-148.
- Chichilnisky, G., (2009), The topology of fear. *Journal of Mathematical Economics* 45, p. 807–816.
- Gajdos, T., S. Massoni, J.-C. Vergnaud (2012), Elicitation of Subjective Probabilities in the Light of Signal Detection Theory, submitted.
- Gul F. (1991). A Theory of Disappointment Aversion, *Econometrica* 59(3), p. 667-686.
- Hollard, G., S. Massoni, J-C Vergnaud (2010), Subjective beliefs formation and elicitation rules: experimental evidence, *miméo*.
- Oatley K., D. Keltner, J. Jenkins (2006), Understanding emotions. New York : Wiley-Blackwell, 2nd édition.
- Rick S., G. Loewenstein (2008), The role of Emotion in Economic Behavior, In The Handbook of Emotion, Third Edition, Lewis, M., Haviland-Jones, J. and Feldman-Barrett, L. (Eds.), New York Guilford, p. 138-156.
- Schultz W., Dayan P., Montague PR. (1997). A Neural Substrate of Prediction and Reward, *Science* 275 (5306), p. 1593-1599

INTRODUCTION

Les individus confrontés à des risques de catastrophes naturelles, adoptent souvent des comportements peu rationnels, de sur couverture pour les conséquences matérielles de faibles probabilité d'occurrence et de sous couverture pour les risques de catastrophes naturelles. A l'inverse, quand le risque touche plus directement l'intégrité des personnes, les comportements sont fort différents, certains paraissant très ou trop prudents. Si les déterminants psychologiques expliquent pour partie ces comportements, dont l'irrationalité apparente peut être reliée aux nombreux biais psychologiques connus dans la perception des risques, les modèles économiques chargés de les expliquer restent relativement muets.

En effet, la branche de l'économie qui étudie les préférences individuelles face à des situations risquées repose sur le modèle d'espérance d'utilité (EU), dont l'axiomatique a été formalisée par von Neumann et Morgenstern (1944). Toutefois, dès le début des années 50, un certain nombre de faiblesses de ce modèle furent mises en évidence, malgré des amendements au modèle initial, en particulier pour rendre compte de choix impliquant des risques catastrophiques, combinant pertes importantes et faible probabilité d'occurrence. Cette incapacité constitue un obstacle à la prise de décision (publique) rationnelle qui permettrait de réduire la vulnérabilité de la population. Chichilnisky (2000, 2009) propose une axiomatique permettant une sensibilité du classement des préférences à des événements catastrophiques, qui constitue une façon théorique pertinente d'introduire le sentiment de peur comme émotion dans la décision.

Les premiers travaux qui prirent en compte le fait que les émotions anticipées des individus pouvaient, affecter la décision portèrent sur le regret (Bell, 1982 ; ou Loomes et Sugden, 1982) ou le désappointement (Loomes et Sugden, 1986 ; Gul, 1991). Loewenstein et al. (2001) introduisirent ensuite la possibilité que les émotions ressenties pendant le processus de décision puissent influencer les décisions à travers leur hypothèse de « risks as feelings ». Plus récemment, Reid (2006) a proposé un modèle dans lequel une fraction de l'émotion ressentie durant le processus cognitif entre explicitement dans la fonction de pondération déterminant le comportement.

Les catastrophes naturelles relèvent bien du domaine des risques catastrophiques, et posent à ce titre un double problème : la prise en compte par les individus de très faibles probabilités et l'évaluation de conséquences graves.

Nous cherchons à formaliser la prise de décision face à des risques catastrophiques de type catastrophe naturelle, en intégrant les émotions (prises dans une acception large), dans des conditions contrôlées d'économie expérimentale. En menant en parallèle des enquêtes par questionnaire, il est possible d'examiner si les facteurs psychologiques individuels mesurés expérimentalement ont un pouvoir prédictif des comportements réels. Enfin, il s'agit de tester l'efficacité de mécanismes incitatifs permettant de réduire les biais psychologiques dans la prise de décision.

Mieux comprendre le rôle des émotions dans la prise de décision apparaît comme un

enjeu important pour appréhender les déterminants psychologiques sous-jacents des comportements réels et éventuellement les contrôler pour guider les comportements vers des décisions plus rationnelles (problème d'assurance, perception des risques, protection collective contre protection individuelle, évaluation économique dans le contexte des risques naturels).

L'enjeu est d'autant plus important que le coût total des catastrophes naturelles dans le monde s'est élevé à 122 milliards d'euros selon l'assureur allemand Munich Re, dont près de 50 milliards de dollars de pertes assurées (Le Monde, 03/01/13), en croissance quasi continue depuis 1970. Il est intéressant de noter qu'entre cette date et 2011, parmi les 10 catastrophes mondiales les plus coûteuses pour les assurances, la moitié a impliqué des inondations, trois des tremblements de terre, un ouragan et une les attaques du 11/09/01, seule d'origine non naturelle (Sigma, 2012). Les inondations constitue donc le risque naturel majeur dans le monde, mais également au niveau français, puisqu'un quart de la population est exposé à un risque d'inondation (MEDE, 2012). Ce risque représente le premier aléa, en nombre de sinistres indemnisés et en coût pour le régime Cat Nat, puisqu'avec 4,7 milliards d'euros versés entre 1995 et 2006 au titre de la garantie catastrophe naturelle (dont 10% aux particuliers), il représente 57% des dépenses (Cepri, 2013). Ceci explique que nous porterons une attention particulière au risque inondation, en y consacrant une des trois études empiriques.

Nous allons nous attaché à déterminer, au travers d'enquêtes, comment différentes populations (habitants exposés à différents niveaux de risque d'inondation, individus ayant des comportements à risque - sport, santé, vie quotidienne... - , soldats lors de conflits armés) prennent leurs décisions en incertitude avant et après les événements émotionnels. Sont en particulier recueillies et analysées des données sur leurs émotions, leurs anticipations de ces émotions, sur leur personnalité et déterminants psychologiques, sur les symptômes avant et après les événements catastrophiques générant les émotions. En parallèle à ces enquêtes, des protocoles expérimentaux sont utilisés pour étudier de manière précise le rôle des émotions dans la prise de décisions et la formation des croyances. Ces expériences permettent de multiplier les données comportementales dans un cadre contrôlé et de manipuler grâce à des éléments de contexte, la charge émotionnelle ressentie. Ces protocoles permettent de tester les mêmes hypothèses que celles considérées dans les enquêtes et utilisent des paradigmes expérimentaux issus de la psychophysique qui permettent un contrôle sur les sources d'incertitudes ressentis par les sujets. On observera notamment comment les choix d'assurance et la formation des croyances sont influencés par les effets de l'anxiété.

La suite du rapport se présente de la façon suivante. Nous commençons par une analyse de la littérature portant sur le rôle des émotions dans les comportements économiques (partie 1), avec la synthèse des enseignements tirés des 145 fiches de lecture effectuées. Puis, nous exposons le passage de l'analyse de la littérature aux enquêtes, en détaillant les résultats de trois pré-tests réalisés et les différentes hypothèses concernant le lien entre décision en incertitude et émotion (partie 2). Nous présentons ensuite les trois études empiriques effectuées : une enquête sur le risque inondation auprès de 602 habitants de quatre communes de la région PACA différemment exposées, une enquête auprès de 462 soldats avant et après leur mission en Afghanistan, et une série d'expériences en laboratoire

(partie 3). La partie 4 explore les liens entre émotion et décision dans les enquêtes Inondation et Soldat. La partie 5 étudie les consentements à payer pour réduire le risque (ou la vulnérabilité) dans le cas d'une inondation. La partie 6 présente les résultats des expériences. Finalement, une conclusion reprend les principaux résultats.

Références

- Bell D., (1982), Regret in Decision-making Under Uncertainty, *Operations Research* 30(5), p. 961-981.
- Centre Européen de Prévention du Risque Inondation, (2013), Indemnisation des victimes, <http://www.cepri.net/indemnisation-des-victimes.html>, accédé le 28/03/13.
- Chichilnisky G., (2000), An Axiomatic Approach to Choice under Uncertainty with Catastrophic Risks, *Resource and Energy Economics* 22, p. 221-231.
- Chichilnisky, G., (2009), The topology of fear. *Journal of Mathematical Economics* 45, p. 807–816.
- Gul F., (1991), A Theory of Disappointment Aversion, *Econometrica* 59(3), p. 667-686.
- Loewenstein, G. F., E. U. Weber, C. K. Hsee, N. Welch, (2001), Risk as Feelings, *Psychological Bulletin* 127(2), p. 267-286.
- Loomes G., R. Sugden, (1982), Regret Theory: An Alternative Theory of Rational Choice under Uncertainty, *Economic Journal* 92, p. 805-824.
- Loomes G., R. Sugden, (1986), Disappointment and Dynamic Consistency in Choice under Uncertainty, *Review of Economic Studies* 53, p. 271-282.
- Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2012), Première évaluation nationale des risques d'inondation, Principaux résultats - EPRI 2011, juillet.
- Reid A, (2006), On the Nature of Preference in Decisions Involving Risk: A Proportion of Emotion Mechanism, PhD, Faculty of the College of Arts and Sciences of Ohio University, August.
- Sigma, (2012), Natural catastrophes and man-made disasters in 2011, N°2/12, Swiss Reinsurance Company Ltd, order 270_0212_en, 44 p.
- von Neumann J., Morgenstern O, (1944), Theory of Games and Economic Behavior, Princeton University Press.

PARTIE 1

Le rôle des émotions dans les comportements économiques :

analyse de la littérature¹

0 Introduction

Le modèle d'un agent rationnel est central dans la méthodologie économique. Cet agent est conséquentialiste et l'utilité espérée (EU) est considérée comme le modèle standard pour prendre des décisions rationnelles dans l'incertain (voir l'encadré 1-1 pour un rappel succinct). Les nombreuses anomalies observées dans les comportements individuels ont conduit les économistes à s'intéresser aux rôles des émotions dans la prise de décision, l'intuition étant que les émotions peuvent biaiser les décisions prises dans un sens irrationnel. Pour ce qui concerne les risques catastrophiques, l'observation que les individus s'assurent peu et ne se préparent pas contre les risques extrêmes pourrait être vu comme un mécanisme de « refoulement » (on ne veut pas voir), et se traduire dans une sous estimation des probabilités d'occurrence. Pour certaines violations du modèle de l'utilité espérée observées expérimentalement (effets de présentations, sensibilité au mode de résolution de l'incertitude...), l'idée que les émotions altèrent la perception des conséquences ou des probabilités a aussi été avancée.

A l'origine du projet, nous pensions retirer de l'analyse de la littérature des éléments pour amender les modèles de théorie de la décision de façon à leur faire prendre en compte des éléments émotionnels. En effet beaucoup d'évidences empiriques montrant les interférences entre décisions et émotions ont été accumulées ces dernières années, et des modèles à la frontière entre économie et psychologie ont été proposés. Toutefois, l'enseignement principal de l'analyse de la littérature pluridisciplinaire fut la conclusion qu'il serait très artificiel en l'état de proposer des variations des modèles classiques de la décision car les travaux récents en neuroscience montrent que les émotions jouent plutôt un rôle central dans les processus mentaux et non simplement un rôle annexe venant perturber le processus rationnel de la décision, comme voudraient l'entendre les économistes.

Dans cette partie, nous allons tout d'abord présenter les évidences empiriques (chapitre 1) pour ensuite présenter les tentatives de formalisation proposées (chapitre 2). Nous concluons par un aperçu de la complexité du rôle des émotions et en tirerons des conséquences méthodologiques (chapitre 3).

¹ Les chiffres entre crochets dans le texte renvoient aux 145 fiches numérotées présentées dans le rapport intermédiaire (Chanel et al., 2011). Ce rapport a bénéficié de la collaboration de Jean-Philippe Richard, à l'époque étudiant à l'Ecole Centrale de Marseille.

Encadré 1-1 Bref aperçu du modèle d'espérance d'utilité et de ses dérivés

Depuis la parution de l'ouvrage de Von Neumann et Morgenstern (1944), le modèle d'espérance d'utilité s'est largement imposé dans tous les domaines de la théorie économique, et principalement dans celui de la théorie de la décision. Son succès est aussi dû aux généralisations que l'EU a connues, notamment celle de l'utilité espérée subjective (SEU), qui permet l'application de l'EU à un univers d'évènements possibles sans mesure de probabilité sur ceux-ci. Nous reprenons ci-dessous la description de Petit [1] du modèle de l'EU et ses dérivés, de façon volontairement peu formalisée.

A) Le modèle d'espérance d'utilité (EU)

Le modèle d'espérance d'utilité (EU) s'applique dans le cadre du risque, c'est-à-dire avec des distributions de probabilités connues sur les conséquences. Les probabilités étant connues, on peut modéliser le choix du décideur comme des loteries. On utilise ici des loteries simples, qui peuvent s'écrire $(x_1, p_1; x_2, p_2, \dots; x_n, p_n)$ où les p_i sont des probabilités qui se somment à 1 et où le décideur reçoit x_i avec une probabilité p_i pour tout $i=1, \dots, n$. Dans le cadre de l'espérance d'utilité, chaque loterie est alors représentée par :

$$(x_1, p_1; x_2, p_2, \dots; x_n, p_n) \rightarrow \sum_{i=1}^n p_i u(x_i) \text{ où } u \text{ est une fonction d'utilité, continue et strictement}$$

croissante, définie sur \mathbb{R} et unique à une transformation affine près. Le décideur, pour prendre le « meilleur » choix, doit donc maximiser cette espérance d'utilité. Le modèle de Von Neumann et Morgenstern repose sur quatre axiomes (préordre total, indépendance, monotonie, continuité) et permet de trier les choix.

B) Le modèle d'espérance subjective d'utilité (SEU)

Le modèle d'espérance subjective d'utilité (SEU) développé par Savage (1954) a permis la première axiomatisation du modèle de l'EU dans le cadre de l'incertitude, c'est-à-dire lorsque les probabilités ne sont pas connues. Dans ce cas, il existe alors des états de la nature dont un seul se révélera vrai. S est l'univers ou ensemble des états de la nature. Par simplicité, on suppose l'univers fini et donc $S = \{1, \dots, m\}$ avec m fini. Un acte sera alors une fonction qui associe à chaque élément de S une conséquence et sera représenté par f, g, \dots . Comme S est fini, de tels actes peuvent s'écrire comme des éléments de \mathbb{R}^m , (x_1, \dots, x_m) où x_i est la conséquence associée à l'état i . Savage a alors donné des conditions suffisantes pour que la relation de préférence sur les actes permette de définir une mesure de probabilité (une fonction P définie de $\mathcal{P}(S)$, l'ensemble des parties de S , vers $[0, 1]$ pour laquelle $P(S)=1$ et pour tout couple d'évènements E et F tels que $E \cap F = \emptyset$, $P(E \cup F) = P(E) + P(F)$, telle que les préférences du décideur soient représentées par une fonctionnelle d'utilité espérée. En effet dans le cadre des hypothèses de Savage, les préférences sont représentées par l'utilité espérée subjective, i.e. $(x_1, \dots, x_m) \rightarrow \sum_{i=1}^m (P(i)u(x_i))$ où u est une fonction d'utilité unique à une

transformation affine près et où P est une mesure de probabilité unique. Il est important de noter que Savage a ainsi fourni une première fondation au concept de probabilité subjective.

C) Le modèle d'utilité espérée de Choquet (CEU) et d'utilité à dépendance de rang (RDEU)

Le modèle d'utilité espérée de Choquet (CEU) et d'utilité à dépendance de rang (RDEU) sont une axiomatisation plus générale des probabilités subjectives et permettent de prendre en compte certains paradoxes célèbres sont celui d'Allais (1953) ou d'Ellsberg (1961). Le modèle CEU abandonne l'additivité tandis que le modèle RDEU abandonne l'indépendance.

1 Evidence empirique

Nous commençons par donner un aperçu des définitions phénoménologiques des émotions, des moyens de les mesurer et de les manipuler. Concernant les évidences empiriques de l'implication des émotions dans les décisions, nous nous limiterons au champ des comportements économiques, notamment en lien avec la question de la perception des risques de catastrophe naturelle, et n'aborderons pas la très importante littérature psychologique sur les émotions. La frontière entre les deux domaines étant loin d'être claire, notre revue n'est sans doute pas systématique, mais elle donnera une idée correcte des travaux empiriques dans le domaine.

Nous distinguerons deux voies au sein des évidences empiriques. D'une part les résultats expérimentaux qui tentent d'identifier la présence ou le rôle des émotions au moyen de protocoles contrôlés, notamment en matière de choix dans le risque et l'incertain : les comportements observés concernent alors des objets paramétrés (loteries, jeux...). D'autre part, les résultats empiriques reportant l'existence des émotions et leur impact dans des processus décisionnels, mais qui ne se fondent pas sur des protocoles expérimentaux.

1.1 Caractérisation des émotions

Il n'y a pas en psychologie de définition simple et consensuelle des émotions. L'approche classique consiste à définir les émotions par leurs composantes et leurs conséquences, comme Oatley et Jenkins (1996) par exemple, qui proposent une définition en trois parties.

1. Une émotion est généralement subie par une personne, consciemment ou inconsciemment, évaluant un événement en lien avec des intérêts jugés importants : l'émotion est ressentie positivement lorsque la réalisation de ses intérêts est avancée et négativement lorsqu'elle est repoussée.

2. L'essentiel d'une émotion est de créer un empressement à agir ; une émotion rend prioritaire une action ou quelques actions possibles pour lesquelles elle crée un sentiment d'urgence. Différents types d'empressement créent différentes perceptions dans les relations avec les autres.

3. Une émotion est généralement vécue comme un état mental particulier, accompagnée parfois ou suivi de changements physiologiques, d'expressions et d'actions.

Les émotions se caractérisent par les réactions corporelles qu'elles induisent (expressions du visage, effet sur la voix...), les réactions physiologiques, les comportements automatiques qu'elles peuvent déclencher (fuite...). On peut ainsi distinguer, avec Ekman et al. (1982), six émotions, dites « basiques », car elles sont caractérisées par un unique sous-ensemble de mouvements de muscles faciaux, et qu'elles possèdent un caractère universel puisqu'elles ont pu être observées dans toutes les cultures. Ces six émotions sont la gaieté, la tristesse, la peur, la colère, le dégoût et la surprise. Certains auteurs y ajoutent la honte et la détresse (Izard, 1977 ; Tomkins, 1984).

Phelps [64] donne une description très complète des émotions. Bien que souvent confondus, les termes *affect* et *émotion* ne désignent pas la même chose. Les affects englobent les émotions et comprennent entre autres les humeurs, les attitudes et préférences, les

dispositions affectives et autres phénomènes affectifs. Les différentes caractéristiques des émotions sont les sentiments ou sensations (« *feeling* »), les réponses physiologiques (battements de cœur, respiration haletée...), les réponses motrices (changements dans la voix, expressions faciales...), la fonction d'évaluation. En effet les émotions permettent d'évaluer la pertinence ou l'importance d'un événement. Cette évaluation est rapide et peut être inconsciente, sans évaluation cognitive même si cela est rare. De plus, les émotions peuvent être suivies de réponses comportementales (« *action tendencies* ») qui sont automatiques, comme des réflexes. Par exemple, un sentiment de honte pousse à s'isoler.

Une autre approche consiste à considérer les émotions comme un point dans un espace multidimensionnel (Posner et al., 2005), deux axes suffisant généralement à représenter un grand nombre d'états émotionnels. Une émotion est ainsi caractérisée par deux dimensions en particulier : l'éveil (« arousal ») et la valence. L'« arousal » réfère à l'intensité de la réponse physiologique à un stimulus, tandis que la valence reflète le degré du plaisir subi lors de l'émotion; la valence pouvant être positive ou négative. Ces deux dimensions permettent de classifier les émotions dans le cadre du Circumplex model (Russel, 1980), dont nous donnons une représentation graphique dans la figure 1-1.

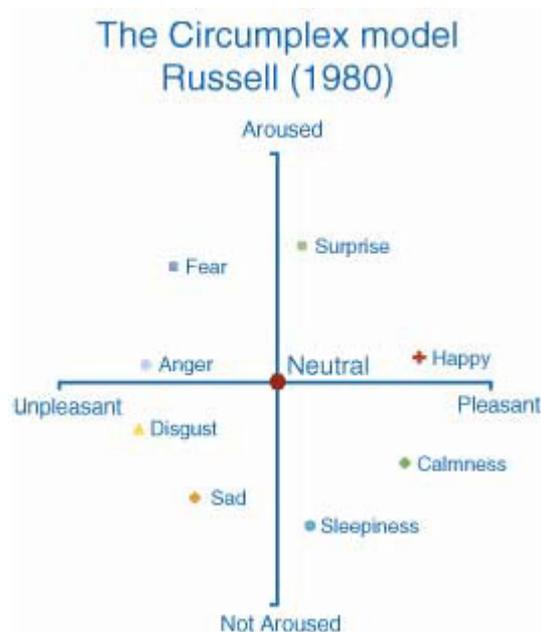


Figure 1-1 : Circumplex model Russel (1980)

Pfister et Böhm [5] proposent enfin une classification fonctionnelle des émotions. Selon eux, les émotions peuvent avoir quatre rôles principaux dans la prise de décision : fournir l'information pour la prise de décision, permettre de prendre rapidement une décision, sélectionner les aspects pertinents du problème, générer de l'engagement.

Nous finirons par une évocation des liens entre émotions et personnalité, cette dernière étant également souvent représentée dans la littérature sous une forme multidimensionnelle (Boutin, 2007). Leur nombre est très variable selon les auteurs, et nous n'évoquerons que le modèle dit « Big Five » (John et al., 1991), qui retient 5 facteurs de personnalité, caractérisés au moyen de 44 questions (version américaine) ou 45 (version française ou allemande).

Ce sont (reprenant la traduction française de Plaisant et al., 2010) :

- Extraversion (Extraversion, Energie, Enthousiasme), qui traduit un engagement dans le monde extérieur, le fait d'apprécier être avec des gens,
- Agreeableness (Agréabilité, Altruisme, Affection), qui traduit une recherche de coopération et d'harmonie sociale,
- Conscientiousness (Conscience, Contrôle, Contrainte), qui représente la capacité à se contrôler et à réguler nos pulsions,
- Neuroticism (Emotions Négatives, Névrosisme, Nervosité), traduisant l'instabilité émotionnelle, la capacité à ressentir les émotions négatives, l'anxiété
- Openness (Ouverture, Originalité, Ouverture d'esprit), qui traduit l'imagination, la créativité, la curiosité intellectuelle.

Les liens les plus marqués entre ces traits de personnalité et les émotions concernent le neuroticism, qui entraîne une sensibilité plus forte pour les émotions négatives, l'extraversion, qui fait de même avec les émotions positives, et la Conscientiousness qui tend à les contrôler. Nous reviendrons sur ces traits de personnalité dans la partie 3.

12 Induction et mesure des émotions

La mesure des émotions se fait empiriquement par différentes techniques. Certaines se concentrent sur la mesure d'une émotion particulière, d'autres enregistrent la présence d'émotion de manière plus générale.

- Report subjectif : demander aux personnes de reporter leur état émotionnel est la façon la plus simple pour obtenir des données, notamment par des échelles de Likert. Le problème est qu'éventuellement ce report subjectif peut modifier l'état émotionnel.
- Mesures physiologiques : les émotions s'accompagnant de réactions physiologiques, la mesure des secondes constitue un indicateur de la présence des premières. La mesure de l'évolution de la conductance électrodermale est un moyen d'observer chez les sujets des évolutions émotionnelles sans interférer avec celles-ci. L'électromyographie permet de mesurer des réactions des muscles du visage.
- Autres techniques : des techniques d'observation faciales ont été développées. Par ailleurs, les temps de réponse permettent de détecter les émotions : les émotions peuvent tout à la fois augmenter les temps de réaction quand elles interfèrent avec la prise de décision ou les réduire quand les émotions facilitent l'exécution d'une tâche.

Les techniques de manipulation des émotions sont de plusieurs ordres.

- Stimuli induisant des émotions: la technique principale est de présenter des stimuli ou de présenter des situations évocatrices qui induisent des émotions. Il existe ainsi trois bases mises gratuitement à la disposition des chercheurs (<http://csea.php.ufl.edu/media.html>) : une sur les stimuli visuels (des scènes complexes (International Affective Picture System (IAPS)), une sur les mots (Affective Norms for English Words (ANEW)) et une sur des sons (International Affective Digital Sounds (IADS)). Ces trois bases ont été validées par des reports subjectifs sur un important

échantillon. Il existe également une base de photos de visages exprimant des émotions (<http://www.paulekman.com/>).

- Stimuli de renforcement : des stimuli sont utilisés pour des renforcements primaires, soit pour créer des mécanismes de répulsion (chocs électriques pour créer de la peur) ou d'appétence (nourritures ou boissons pour des sujets qui ont faim ou soif). On peut induire du stress ou de la pression sociale par des mises en scènes d'évaluation sociale. L'argent peut aussi être utilisé : donner ou prendre induit des réactions émotionnelles.
- Manipulation de l'humeur : de courts films, des morceaux de musique permettent d'induire de la tristesse ou inversement de l'euphorie. Demander au sujet d'imaginer ou de se remémorer certaines situations peut aussi être efficace. La procédure sera jugée effective si les sujets reportent effectivement un changement d'humeur dans le sens attendu.
- Manipulation pharmacologique : pour un certain nombre de produits, les effets sur le système nerveux central sont bien identifiés (epinephrine, propanolol, oxytocin...). Ces manipulations pharmacologiques sont particulièrement intéressantes pour les expériences en neurosciences.

13 Résultats expérimentaux

Rick et Loewenstein [74] recensent trois domaines d'économie expérimentale où la question des émotions a été posée :

- le comportement face au risque et à l'incertain,
- les comportements inter temporels,
- les comportements pro sociaux.

Le premier domaine est le plus en rapport avec le présent projet , et nous nous focalisons donc sur lui. Notons toutefois que ce sont dans les deux derniers domaines que le lien entre comportement et émotion est le plus facile (par exemple Bosman et al [121]). Il est en effet clair que dans des problèmes d'anticipation, la nature des conséquences, qu'elles soient agréables ou désagréables induit des phénomènes émotionnels qui peuvent produire une actualisation hyperbolique par des effets d'anxiété ou de stress, ou à l'inverse, par de la « salivation ». Les jeux expérimentaux, tels celui de l'ultimatum, induisent aussi clairement des émotions : la colère ou l'indignation sont un facteur déterminant dans l'acceptation ou le refus par le second joueur du partage proposé par le premier joueur. En matière de comportement dans le risque, l'intérêt a principalement porté sur les violations observées du modèle de l'utilité espérée et sur les explications qui ont été apportées, dont certaines mobilisent le rôle des émotions : regret, aversion aux pertes... Nous nous concentrons ici sur ces deux aspects en présentant les résultats expérimentaux les concernant.

131 Regret

Quand l'option risquée que l'on a choisie produit finalement un résultat décevant, le niveau de déception dépend aussi du résultat que l'on aurait pu obtenir en choisissant une autre option. C'est une réaction que tout le monde a déjà ressentie ex post. L'idée est que

l'anticipation du regret peut jouer un rôle au moment même de la décision. Cette idée de regret a d'abord été développée dans un cadre théorique. Savage (1954) avait proposé le critère du Maxmin regret comme un critère de décision pragmatique alternatif au modèle rationnel de l'utilité espérée avec probabilités subjectives. Loomes et Sugden [72] ont proposé un modèle dans lequel les agents effectuent un choix en cherchant à minimiser leur espérance de regret : lorsque le choix est binaire, le regret est mesuré pour chaque contingence possible comme une fonction de la conséquence qui serait obtenue avec le choix considéré et de la conséquence qui serait obtenue avec le second choix possible (voir aussi Bell [71]). Cette théorie est difficilement généralisable à des problèmes de choix non binaires ou quand il n'y a pas de contingences explicites qui permettent de comparer les conséquences éventuelles. De fait, les évidences empiriques sont fragiles et dépendent beaucoup, dans la présentation des choix, de la saillance des éléments qui peuvent induire une anticipation de regret (voir Van Dijk, Van Den Bos et Pieters [12], Zeelenberg, et al. [38], Zeelenberg, et Beattie (1997) et également Hopfensitz et Van Wieden [131]).

Si les évidences empiriques sur le rôle d'un regret anticipé sont réduites, par contre le rôle du regret, où dans les termes neuronaux, le signal d'*error negativity*, est lui bien établi pour l'apprentissage de la stratégie optimale (voir Bechara et Damasio [62] ou Coricelli et al., 2005). Dans des expériences au cours desquelles les sujets doivent découvrir les options risquées les plus profitables (tâche comme l'Iowa Gambling Task avec 4 paquets de cartes inconnues, 2 paquets ayant une espérance de gain positive, les 2 autres, négative) la déception engendrée par une perte est essentielle dans les mécanismes de renforcement qui vont permettre aux sujets d'apprendre à choisir les options profitables. En cours d'apprentissage, il a été observé par Bechara et ses collègues, que les sujets avaient des anticipations émotionnelles positives au moment de choisir un choix optimal alors même que les sujets n'étaient pas encore conscients, à ce stade de leur exploration, que ce choix était optimal. A contrario, sur des patients dont certaines fonctions cérébrales sont lésées et qui ne ressentent pas de regret, cette convergence du comportement vers la prise de décision optimale ne se produit pas alors même que certains patients reconnaissent que les paquets qu'ils continuent à choisir leur font perdre de l'argent. Le système dopaminergique est à l'origine de ces signaux d'*error negativity* et les manipulations pharmacologiques de la dopamine (neurotransmetteur utilisée par certains neurones) produisent bien des effets sur le comportement d'apprentissage. Pessiglione et al (2006) observent que les sujets traités par la L-DOPA (qui augmente la disponibilité en dopamine) ont une plus grande propension à découvrir les choix qui sont les plus rémunérateurs que les sujets traités par de l'halopéridol (neuroleptique inhibiteur de la dopamine).

On peut interpréter les résultats de Mc Clelland et al., [138] comme une illustration du rôle joué par des « marqueurs » émotionnels : les sujets se mettent à s'assurer après l'occurrence d'un dommage. Nous n'avons pas recensé de travaux manipulant explicitement le « regret », mais de manière indirecte, De Donno et al., [124] et Fernandez-Duque et al., [125] en jouant sur la perception du temps disponible pour exécuter les choix, induisent du stress et du regret.

132 Aversion aux pertes

D'un point de vue expérimental, le phénomène de « loss aversion » est bien établi. L'aversion aux pertes se réfère à la tendance à être beaucoup plus sensible aux pertes qu'aux possibilités de gains. Cette asymétrie de sensibilité génère des effets de contexte ou de présentation ; selon le mode de présentation des choix (gain ou perte). L'*asian disease* (Tversky et Kahneman, 1981) en est certainement l'exemple le plus connu (voir l'encadré 1-2). Considérer que ce phénomène peut s'expliquer par des facteurs émotionnels est intuitif : les pertes induisent un sentiment de manque et génèrent des réactions aversives. A l'appui de cette hypothèse, on peut citer quelques expériences comportementales qui manipulent des émotions. Hsee et al., [129] manipulent un sentiment d'attachement à des objets et observent les choix d'assurance : ils constatent que plus les individus sont attachés à un objet donné, plus ils sont disposés à souscrire une assurance pour l'objet en question. Lerner et al., [135] induisent des émotions du type dégoût ou tristesse. L'idée est que ces deux émotions négatives ont des effets différents sur le sentiment d'attachement aux autres. Ils testent cette hypothèse sur l'effet de dotation (*endowment effect*) : les sujets demandent des prix beaucoup plus élevés pour vendre un objet qu'ils possèdent que ce qu'ils sont prêts à payer pour l'acquérir, cet effet étant considéré comme lié à la *loss aversion* (voir Kahneman et al., 1991). De fait l'induction de dégoût conduit à une baisse des prix de vente et d'achat et à la disparition de l'*endowment effect* alors que la tristesse induit une baisse des prix de vente mais une augmentation des prix d'achat et l'apparition d'un *endowment effect* inversé.

Encadré 1-2 Asian disease (Tversky and Kahneman, 1981)

L'expérience portait sur la grippe asiatique. Un premier groupe de sujets (n = 152) s'est vu proposer un choix, avec des conséquences présentées en termes positifs :

« Essayez d'imaginer que les Etats-Unis se préparent à faire face à une grippe asiatique qui pourrait tuer 600 personnes. Deux traitements alternatifs sont possibles.

Si le traitement A est adopté, 200 personnes seront sauvées.

Si le traitement B est adopté, il y a une chance sur trois de sauver 600 personnes et 2 chances sur 3 de n'en sauver aucune.»

Présenté sous cette forme, 75% des répondants préfèrent A. Un second groupe (n = 155) s'est vu présenter le problème en termes négatifs :

« Essayez d'imaginer que les Etats-Unis se préparent à faire face à une grippe asiatique qui pourrait tuer 600 personnes. Deux traitements alternatifs sont possibles.

Si le traitement A est adopté, 400 personnes vont mourir.

Si le traitement B est adopté, il y a une chance sur trois que personne ne meure et 2 chances sur 3 que 600 personnes meurent.»

Présenté ainsi, 78% des répondants préfèrent B.

Les deux façons de présenter étant strictement similaires en terme de décès, la seule explication possible pour les différences observées dans les préférences réside dans le contexte (framing) utilisé.

Des travaux de neuroscience (De Martino et al, 2006 ; Knutson et al, 2008) ont identifié des corrélats neuronaux de la *loss aversion* et de l'*endowment effect* impliquant notamment l'amygdale et l'insula dont on sait par ailleurs que ce sont des zones liées à des émotions. Le protocole expérimental développé par De Martino et al. (2006) est le premier à permettre l'observation d'effet de présentation avec des données intra sujets (cf. figure 1-2).



Figure 1-2 : Protocole de De Martino (2006). Au début d'un essai (choix), une croix de fixation ramène le sujet dans un état neutre. Ensuite on lui indique d'abord la somme dont il est doté avant de lui indiquer un choix entre une alternative certaine avec deux modes de présentation alternatives (Keep (contexte gain) ou Lose (contexte perte)) et une loterie qui peut lui permettre de tout conserver.

Les résultats sont marqués (voir figure 1-3) et on observe par ailleurs une grande hétérogénéité individuelle de sensibilité à cet effet de contexte.

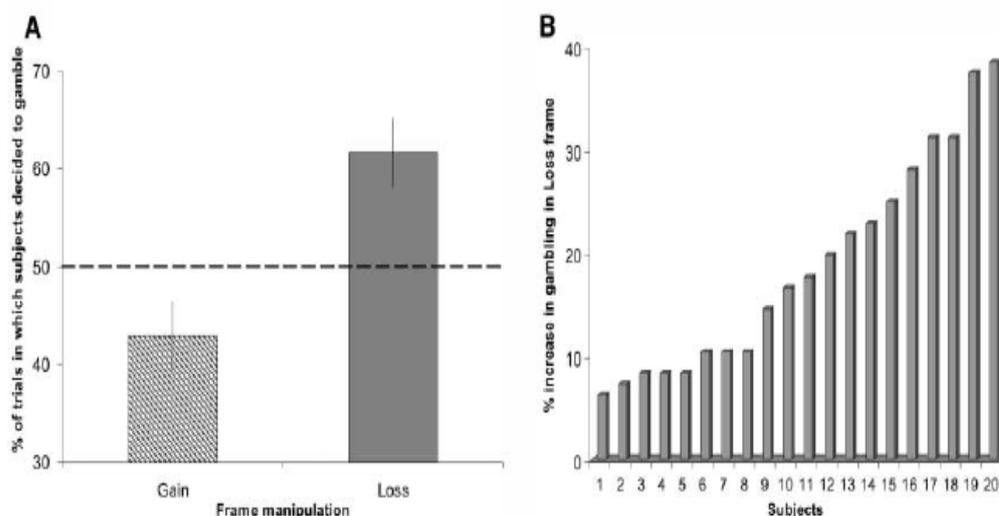


Figure 1-3: Résultats comportementaux de De Martino (2006). A) Les sujets choisissent beaucoup plus la loterie dans le contexte gain que dans le contexte perte. B) L'accroissement de choix risqué entre le contexte gain et le contexte perte est très variable selon les sujets.

Un type sophistiqué d'effet de contexte, en lien avec la *loss aversion*, se produit dans le cas de choix répétés. En effet, face à une succession de choix de loterie, un décideur averti devrait se rendre compte que les gains et les pertes peuvent se compenser et devrait donc être moins sensible au risque de perte. Encore faut-il que le décideur analyse son problème de choix de cette manière et qu'il n'effectue pas ses choix un par un de manière indépendante. L'idée est que dans un contexte de choix répétés, la *loss aversion* peut se transformer en *myopic loss aversion*. Le protocole proposé par Gneezy et Potters [126] démontre exactement ce phénomène : lorsqu'ils forcent les individus à faire des choix à long terme, ils prennent plus de risque que lorsqu'ils font simplement une succession de choix de court terme.

14 Résultats empiriques

Nous reportons maintenant des travaux qui relèvent des comportements économiques mais qui ne se fondent pas sur les protocoles habituellement utilisés par les économistes expérimentaux. De ce fait, les phénomènes passés en revue ci-dessous pourront paraître disparates et ce recensement est loin d'être exhaustif. Pour organiser la présentation, nous suivons les phases de la prise de décision telle qu'on la conçoit dans la vision conséquentialiste traditionnelle (cf. figure 1-4).

Avant la prise de décision, l'agent économique doit identifier les actions à sa disposition, les contingences possibles, ainsi que les conséquences auxquelles peuvent conduire les actions selon les contingences. Il doit aussi quantifier l'incertain, c'est-à-dire établir des probabilités subjectives sur les contingences et de ce fait sur les conséquences possibles. Ensuite la décision est prise selon un critère de rationalité, de façon quasi exclusive l'espérance d'utilité.

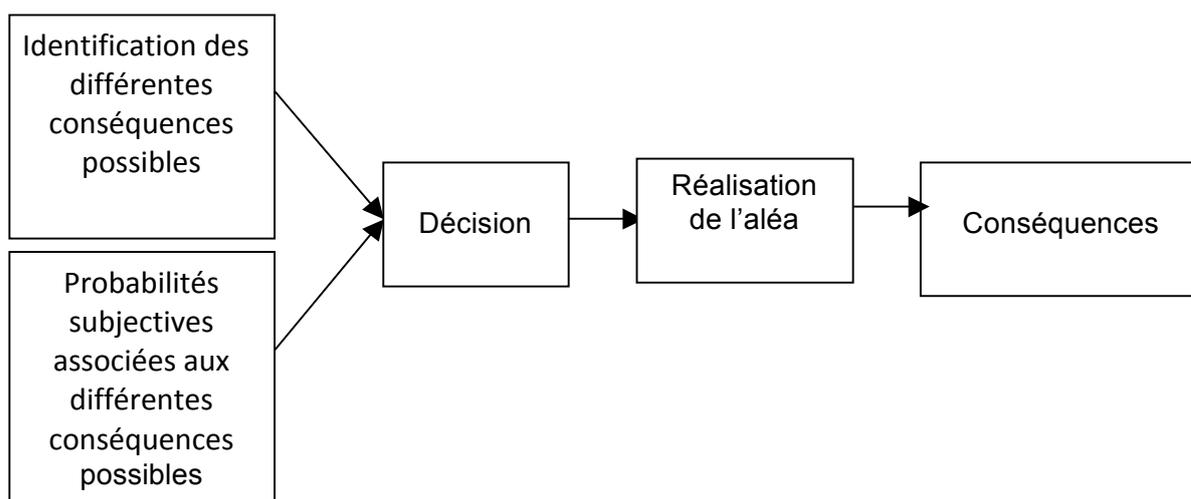


Figure 1-4 : Vue conséquentialiste traditionnelle de la perception du risque.

L'intervention des émotions se fera à trois niveaux. En amont de la décision tout d'abord, les facteurs émotionnels peuvent jouer dans la phase d'analyse des risques. Les émotions peuvent ensuite venir modifier le processus de prise de décision. Enfin, la décision elle-même et les conséquences obtenues peuvent aussi induire des émotions.

141 Rôle des émotions dans l'analyse des risques

En matière de catastrophe naturelle, une des difficultés de l'analyse est la capacité à établir des probabilités, qui dépend des données disponibles. Tout d'abord, comme pour toute autre décision, l'individu a besoin d'informations sur le risque afin de l'identifier et de la caractériser. De nombreuses études telles celle de Kreibich et al. [16] montrent en effet le manque d'informations sur les catastrophes de la part de l'individu, et donc une certaine inconscience. Il existe globalement quatre sources d'information possibles :

- communication de l'information par les médias,
- communication de l'information par les autorités publiques,
- recherches personnelles d'informations (sur internet principalement) ou auprès d'autres individus,
- apport d'informations par le vécu personnel de catastrophes antérieures.

On note une très grande présence des catastrophes naturelles dans les médias, notamment dans les journaux télévisés. Néanmoins, comme le soulignent Kreibich et al. [16], il convient de mettre un bémol à l'utilisation exclusive des médias comme source d'informations sur les risques de catastrophe naturelle. En effet, les catastrophes naturelles les plus présentes dans les médias sont celles qui sont les plus spectaculaires, les plus aptes à générer de l'audience, celles causant malheureusement le plus de morts. C'est ainsi qu'on retrouve surtout les séismes, ouragans, tsunamis. Par contre certains risques comme les inondations dues à la montée du niveau de l'eau par ruissellement par exemple, ne sont pas jugés suffisamment dignes d'intérêt et sont sous-représentés. Il faut ainsi se méfier de ce qu'on appelle « *l'availability heuristic* » : la tendance à associer à un événement une probabilité qui dépend de la facilité à se rappeler d'occurrences passées de ce même événement. Une sur-représentation de certains risques dans les médias peut donc conduire à une surestimation du risque par l'individu, tandis qu'une sous-représentation peut conduire à l'effet inverse.

De la même manière, des risques non environnementaux comme le chômage préoccupent souvent les individus de façon plus importante, car ils sont plus présents à l'esprit dans la vie de tous les jours. De plus, Slovic et al. [21] invoquent le fait que les risques les plus publicisés sont souvent ceux les plus chargés en affect, les plus sensationnels et que cela peut expliquer à la fois leur grande présence dans les médias et leur probabilité relativement surestimée. Pour sensibiliser les gens sur certains risques, les autorités publiques réalisent souvent des campagnes de communication et d'information. Skanavis et al. [44] évoquent la nécessité d'éveiller le public aux risques environnementaux, et proposent à cette fin plusieurs moyens de communication par les autorités publiques : des focus, des brochures d'informations, des accès online à des bases de données, des comités de conseils aux citoyens. Ils insistent surtout la nécessité d'engager le public dans ces campagnes pour augmenter leur confiance en les autorités.

Heitz et al. [26] montrent que la confiance dans la source de l'information est essentielle : les gens accordent plus d'importance à des informations émanant d'autorités locales qu'à des informations provenant d'une personne inconnue ou même de scientifiques. Baker et al.

[88] étudient les raisons qui expliquent le retour d'une population évacuée sur le lieu d'une catastrophe (ici les cyclones Katrina et Rita à la Nouvelle-Orléans en 2005). Ils trouvent que les perceptions subjectives du risque de cyclone sont plus élevées que les estimations scientifiques, et que la décision de revenir habiter à la Nouvelle-Orléans dépend significativement du niveau de perception subjective du risque. Ils s'intéressent également à la façon dont l'évaluation subjective évolue avec l'apport d'informations (avec trois niveaux : sans information, avec de l'information, avec de l'information quantifiée par une échelle), et à l'impact de l'incertitude sur l'évaluation subjective du risque.

La recherche personnelle d'information est quant à elle plutôt rare et dépend pour beaucoup du vécu personnel. Browne et al. [13] observent par exemple que la demande d'assurance pour des inondations dépend du nombre d'inondations de l'année précédente. Plus particulièrement, le fait d'avoir été une victime directe d'inondation a beaucoup d'effet sur les comportements futurs, comme l'observent Zaalberg et al [19] (voir aussi Heitza et al [26]). Pour amplifier l'information, la manipulation émotionnelle, par exemple en communiquant sur la peur ou en demandant de se remémorer des épisodes de peur, est efficace, comme semblent le montrer les résultats de Keller et al [20]. Il est probable que les émotions vécues aient un rôle important du fait qu'elles restent prégnantes en mémoire et qu'elles jouent un rôle de sensibilisation et d'alarme (voir Sotgiu et al. [23], Rüstemli et al. [49] et la section suivante où nous considérerons l'influence du vécu sur la perception des risques).

Burningham et al. [93] s'intéressent aux raisons expliquant le manque de conscience d'être à risque chez des individus dont l'habitation figure pourtant dans une zone inondable. Elles mentionnent ainsi des problèmes d'information, d'invisibilité du risque, la période écoulée depuis la dernière inondation, le fait de penser que l'endroit ne présente que peu de risque, le peu de dommages occasionnés à leur habitation par des inondations dans le passé, et le déni du risque. Au final, les auteurs se focalisent sur le rejet du statut "à risque" par les habitants. Dans le même ordre d'idée, Weinstein [144] observe des biais d'optimisme.

On peut imaginer que des facteurs émotionnels puissent perturber une analyse rationnelle des risques. C'est une hypothèse avancée par Harries [63] (Brunnermeier et al [123] en proposent une formalisation). Par exemple, des perspectives positives pour une action (elle peut rapporter beaucoup) conduiraient à en minimiser les risques. Peters et al [68] mettent en avant des résultats expérimentaux en faveur de cette hypothèse. Il y a toutefois peu d'évidences empiriques, puisqu'on imagine en effet la difficulté à identifier de tels effets proprement. De plus, il est probable que même si de tels mécanismes de refoulement existent, ils n'ont qu'un effet marginal et les personnes conservent la conscience des risques réels. Par exemple Ho et al. [24] ont réalisé une étude sur la perception du risque de catastrophe naturelle en Thaïlande par ses habitants et montrent que la perception de risque de glissement de terrain est plus grande par les habitants des régions montagneuses, tandis que les habitants des régions urbaines perçoivent des risques tels la pollution, comme plus élevés. Par contre, tous perçoivent le risque de tremblement de terre car la Thaïlande entière est située dans une zone sismique active. Les réponses de l'individu et sa perception du risque dépendent donc naturellement de la région où il habite, et ceci nous amène à distinguer les risques ayant un ancrage territorial connu (inondations, glissements de terrain) et ceux moins localisés (tsunamis, séisme, tempête).

Sjöberg [112] propose d'améliorer les modèles expliquant la variance dans la perception des risques par les individus, en les opposant dans trois de leurs dimensions: la sensibilité au risque, l'attitude vis à vis du risque et la peur spécifique qu'il engendre. Leur modèle explique ainsi 40% de la variance, contre 20% pour le modèle dit Psychometric, fondé sur l'approche « Affect heuristic » (Slovic et al. [141]). Sjöberg [113] critique également ce dernier en ce qu'il n'est pas fondé sur les émotions, mais principalement sur des éléments mesurant la sévérité des conséquences. Il mesure l'impact des émotions sur les attitudes et les perceptions de risques et insiste sur le fait que l'identité de la personne dont on demande l'évaluation des émotions face au risque (le répondant, ou la société) possède son importance. Dans plusieurs études exploitées dans l'article, la peur se trouve avoir un rôle important. Il conclut : "Summing up, emotions can be powerful explanatory factors of attitudes and risk perception, but how they are measured is crucially important."

142 Rôle des émotions dans l'appréciation des risques

1421 Facteurs affectant l'appréciation des risques

Au niveau de la prise de décision, le problème principal est celui de l'appréhension des petites probabilités, le risque de catastrophes naturelles étant faible au niveau individuel. De nombreux articles montrent la difficulté à appréhender des petites probabilités pour prendre des décisions. Par exemple, Camerer et Kunreuther [11] (voir aussi Kunreuther et al [133]) soulignent la difficulté à se représenter certaines probabilités faibles, même pour des personnes avec un niveau d'étude élevé et qui sont familières avec les probabilités (voir également sur ce point Chanel et Chichilnisky, 2013, en annexe 1). Ceci peut donc affecter la représentation correcte du danger par les individus. De nombreux articles comme Siegrist [15] insistent sur la nécessité d'utiliser d'autres formats que les probabilités pour communiquer sur des risques ayant une faible probabilité de réalisation. Différents formats possibles pour remplacer les probabilités peuvent être les fréquences (3 pour 1 000 000 par exemple au lieu de 0,000003), la comparaison avec des risques plus courants (sécurité au volant, cigarette...), le temps moyen entre chaque mort, ou bien encore des méthodes graphiques visuelles (voir Corso et al, 2001). Siegrist [15] réalise ainsi l'étude expérimentale suivante : les gens doivent révéler leur consentement à payer pour un nouveau médicament qui divise le risque de décès par deux par rapport à l'ancien. Les risques sont tantôt représentés en probabilité, tantôt en fréquence. Les résultats montrent que les individus sont prêts à payer plus quand le risque est exprimé en fréquence, et ce aussi bien avec un risque élevé qu'un risque faible. D'autres études concluent sur des résultats similaires (voir Kunreuther et al [134]).

De plus, les gens ont des perceptions des risques qui dépendent beaucoup de la nature des risques (voir Gyrd-Hansen et al. [98] dans le cadre de la valeur de la vie humaine), ce qui conduit à des grandes différences de perceptions des risques entre les experts et les autres groupes. Les travaux de Slovic (par exemple Slovic [48]) montrent que les gens perçoivent plus négativement les risques subis (sur lesquels ils n'ont pas de contrôle), les risques catastrophiques (événements qui créent de nombreuses victimes *a contrario* de risques avec des victimes plus diffuses), les risques mal connus (nouvelles technologies).

De nombreux articles se sont intéressés, dans leur étude expérimentale de la perception du risque de catastrophe naturelle, aux différences démographiques (Armas [84, 85], Takao [115]). Malgré quelques articles qui n'aboutissent pas à des conclusions marquées, on peut noter que la majorité souligne des différences entre locataires et propriétaires. Les propriétaires semblent avoir une plus grande perception du risque (quatre fois plus par exemple chez Burningham et al. [93]). Ceci peut intuitivement se comprendre, car ils ont d'une part plus à perdre qu'un locataire en cas de catastrophe, et d'autre part, on peut supposer que lors de l'achat, l'analyse des différentes caractéristiques du bien - dont les risques auxquels il est exposé - a été plus poussée que lors d'une location. On note aussi une différence selon l'éducation, les gens les plus éduqués semblent être ceux subissant globalement le moins de dégâts (peu marqué chez Eraybar et al. [95]). Une différence est aussi constatée entre célibataires et personnes ayant fondé une famille. Le souci de protéger les autres, surtout ses enfants, entraîne une perception du risque plus importante chez ces derniers (Chanel et Chichilnisky, 2013). Enfin, la perception du risque est aussi plus importante chez les femmes que chez les hommes, et celles-ci sont plus enclines à prendre des mesures de prévention.

1422 Emotions et appréciation des risques

La perception cognitive des risques peut différer d'un ressenti émotionnel. Loewenstein [72] note ainsi une insensibilité de la réaction émotionnelle de l'individu face aux probabilités. Les faibles probabilités de réalisation d'une catastrophe naturelle ne jouent donc pas ici de rôle important. L'aspect le plus important dans notre cadre est la conséquence d'une catastrophe naturelle : des pertes importantes, des émotions fortement négatives comme la peur, l'horreur, le sentiment d'impuissance. Ces dernières émotions jouent en effet un grand rôle. Selon Sunstein [114], des émotions fortes telles la peur ou le regret, lorsqu'elles sont associées à un outcome, peuvent conduire à prendre des décisions qui ne sont pas rationnelles si les probabilités d'occurrence de cet outcome sont négligeables. C'est en effet l'outcome véhiculant les émotions les plus fortes qui l'emporte dans la décision. Il appelle ce phénomène « probability neglect », et le décrit comme une focalisation sur l'outcome générateur d'émotions négatives sans considération pour sa probabilité d'occurrence. Ce phénomène existe tant au niveau des décisions individuelles que des décisions publiques. Dans ce dernier cas, elle peut entraîner un coût financier important pour la collectivité lorsqu'elle cherche à réduire encore le risque déjà très faible, associé à ces outcomes.

Le vécu (cf. *supra*) peut ainsi influencer la perception du risque. Dans les études qui comparent la différence de perception d'un certain risque (comme une inondation) par des individus ayant déjà souffert d'une inondation par le passé et par des individus n'ayant jamais subi d'inondations nous avons déjà évoqué Zaalberg et al. [19] qui montrent par une étude expérimentale aux Pays-Bas une différence de perception du risque entre le groupe « victimes d'inondation » et le groupe de « non-victimes ». Siegrist [18] permet d'expliquer cette différence : les personnes avec une expérience des inondations pensent à l'aspect émotionnel que peut provoquer une inondation, à savoir un sentiment d'impuissance, de peur par exemple; tandis que les autres pensent plus à l'aspect financier de la catastrophe, à savoir coût des dégâts provoqués par la catastrophe.

Selon leur vécu, les personnes ne forment pas les mêmes anticipations et les émotions passées peuvent modifier l'évaluation du futur. Comme le souligne Böhm [30], l'« affective forecasting » est susceptible d'évoluer au cours du vécu. Elle a ainsi réalisé une étude prédisant les émotions de sujets avant qu'ils ne soient confrontés à la pollution. Elle note un mauvais affective forecasting (émotions positives surestimées, émotions négatives sous-estimées) qui est rectifié par les sujets après avoir été confronté à la pollution. Les émotions ressenties lors d'anciennes catastrophes naturelles jouent donc un rôle important dans la perception du risque et comme le soulignent Zaalberg et al. [19] : pour pouvoir parler d'expérience de désastre, il faut y avoir été confronté à la fois physiquement et psychologiquement. Keller et al. [20] soulignent le fait d'insister sur les affects lors de la communication sur les risques, et pas seulement sur l'aspect technique. Un point important est l'impossibilité pour le groupe des non-victimes, même quand ils sont conscients du risque de catastrophe naturelle, de se représenter des émotions. Cette vivacité avec laquelle les conséquences émotionnelles peuvent être représentées est essentielle à une prédiction correcte.

Sotgiu et al. [23] se sont intéressés à la mémoire après avoir vécu une catastrophe naturelle. Ils montrent ainsi que les souvenirs que l'on a de la catastrophe correspondent aux souvenirs des moments les plus critiques de celle-ci, les moments où les émotions négatives sont les plus intenses. Ils concluent aussi que, de par leur expérience passée, les victimes d'inondations qui font face à un nouveau désastre pourraient être plus capable que les autres à identifier et reconnaître des signaux de menace dans l'environnement et d'y réagir de manière adaptée. Il recense aussi les émotions les plus intensément ressenties pendant la catastrophe : tristesse, peur et surprise. Finnsdottir et al. [31] vont dans le même sens et soulignent les séquelles émotionnelles après le vécu d'une catastrophe. Ils trouvent la même corrélation négative entre le niveau d'exposition et l'intensité des émotions.

Une autre étape importante du processus émotionnel, mise en avant par Slovic [21], est ce qu'il appelle l'« affective mapping ». Voici l'exemple qu'il utilise pour la mettre en évidence. Des individus sont confrontés à un choix entre deux loteries A et B. La loterie A offre 7 chances sur 36 de gagner 9\$ et rien pour les 29 chances restantes. La loterie B offre de la même manière 7 chances sur 36 de gagner 9\$ mais les 29 chances restantes font perdre 5 cents. Il apparaît donc de manière évidente que la loterie A est plus avantageuse que la B, et qu'une décision rationnelle serait de choisir A. Or de manière étonnante, les gens préfèrent en moyenne B à A. Slovic explique ce choix par le processus d'affective mapping. Dans la loterie A, les gens n'ont pas de référence, ils peuvent gagner 9\$ mais ne savent pas vraiment si c'est bien ou pas : ils n'ont pas de point de référence pour évaluer le gain de 9\$. Dans la seconde loterie par contre, les gens peuvent perdre 5 cents ce qui est minuscule par rapport à 9\$, ils parviennent alors à placer les 9\$ sur une échelle d'affect et jugent très satisfaisant le gain de ces 9\$. Cette étape consistant à placer les conséquences sur une échelle d'affect (à affecter une valeur d'affect) est essentielle.

1423 Influence des émotions dans la prise de décision

Dans les deux sections précédentes, nous avons présenté des évidences empiriques concernant l'éventuel rôle des émotions dans l'analyse et la perception des risques. Nous présentons quelques résultats montrant que les émotions ressenties ou l'humeur au moment de la décision, peuvent également modifier la décision.

Il existe de nombreuses évidences que la bonne humeur augmente l'aversion au risque au contraire de la mauvaise humeur (voir Kliger [132]). Il peut néanmoins y avoir des nuances, notamment comme le montre Raghunathan et al. [139], entre la tristesse (moins d'aversion au risque) et l'anxiété (plus d'aversion au risque). Pour expliquer ces résultats, il est fait l'hypothèse que l'état émotionnel modifie l'évaluation des conséquences. Rottenstreich et al. [66] montrent également que l'évaluation des probabilités pourrait être également modifiée. En effet, elles ne sont pas évaluées indépendamment des conséquences mais leur évaluation dépend des émotions induites par les conséquences associées. Notamment, les émotions positives augmenteraient l'envie. En changeant l'évaluation des conséquences, les émotions positives ont par ailleurs un effet d'efficacité dans l'apprentissage comme l'indique Isen [130] et comme le montrent De Vries et al. [143] dans l'Iowa Gambling Task (déjà évoqué précédemment).

Dans un problème de décision, la décision dépend de processus émotionnel comme dans le cas de l'aversion aux pertes. Sokol-Hessner et al. [142] montrent que le processus émotionnel est lui-même régulable (demander au sujet de se projeter dans un rôle particulier) et que la modification des réactions émotionnelles va bien de pair avec des changements de comportements (« Thinking like a trader selectively reduces individuals' loss aversion »).

2 Modèles économiques

Pour présenter les formalisations développées pour tenir compte des émotions, à la frontière de l'économie et de la psychologie, nous distinguerons deux niveaux. Tout d'abord les modèles d'utilité alternatifs au modèle de l'utilité espérée, dans lesquels le décideur est considéré comme une « entité unique ». Ensuite, au second niveau, le décideur est vu comme un système dual (multi self).

21 Tentative de prise en compte dans l'approche traditionnelle de la théorie de la décision

L'économie a adopté une méthodologie particulière pour l'étude des comportements individuels. Elle s'en tint tout d'abord à une approche « behavioriste » : elle n'utilise comme données que les comportements observés. D'autre part, l'analyse est conséquentialiste : comme indiqué sur la figure 1-4, on suppose que les objectifs des individus sont inclus dans les conséquences. Enfin le modèle de l'utilité espérée est le critère de décision considéré

comme rationnel (voir également l'encadré 1-1). Rappelons que le modèle de l'utilité espérée est fondé axiomatiquement selon les lignes suivantes :

- Pour le décideur, il s'agit de choisir entre des loteries, c'est-à-dire entre des distributions de probabilité sur des conséquences ou dans une liste de conséquences contingentes à différents états de la nature.
- Le décideur possède des préférences sur ces loteries.
- Ces préférences vérifient le système d'axiome suivants : 1) les préférences sont complètes et transitives, 2) elles vérifient un axiome d'indépendance, 3) elles vérifient un axiome de continuité.

Les principales violations du modèle concernent l'axiome d'indépendance mais les deux autres axiomes sont aussi discutés. Comme indiqué précédemment, les économistes suspectent les « émotions » d'être de potentiels facteurs d'irrationalité et ont tenté de proposer des critères d'utilité dont les prédictions soient les plus conformes aux comportements observés. Notons, toutefois que cette démarche continue à s'inscrire dans une approche « behavioriste » et conséquentialiste. Par conséquent, les modèles alternatifs proposés ne sont pas en mesure d'intégrer directement dans la modélisation ces facteurs émotionnels. Par exemple, des données physiologiques, des données de temps de réponse, des reports subjectifs, des données sur la personnalité (par exemple le score de stabilité émotionnel) sont des paramètres qui ne peuvent pas entrer directement dans ces modèles : le rôle des émotions n'est donc pas décrit de manière causale et explicite.

Des modèles alternatifs sont donc proposés, accompagnés d'une rhétorique qui se veut convaincante sur le fait que ces modèles instrumentaux prennent bien en compte les émotions. L'idée est que les émotions modifient l'évaluation conséquentialiste traditionnelle. Par exemple, Rick et Loewenstein [74] proposent le schéma suivant (voir Figure 1-5) pour figurer l'approche adoptée.

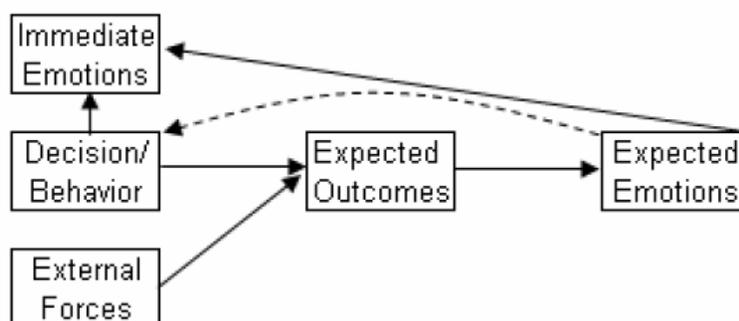


Figure 1-5 : Modèle conséquentialiste avec émotions (Rick et Loewenstein [74])

Parmi ces modèles alternatifs qui se réfèrent aux émotions, on distinguera les modèles fondés axiomatiquement de ceux proposant seulement une fonctionnelle d'utilité.

Pour le premier groupe de modèles, il s'agit de modifier les axiomes de l'utilité espérée. L'exercice est pratiqué par exemple par Bell [71], Loomes et al. [70], Gul [128], Kahneman et al. (1979) et Chanel et Chichilnisky [51] : pour les premiers il s'agit d'un relâchement de

l'axiome d'indépendance alors que pour le dernier, c'est l'axiome de continuité qui est remis en cause.

Les modèles du second groupe sont plus descriptifs : ces travaux présentent une fonction d'utilité dont ils cherchent à justifier la forme. On peut classer dans cette catégorie les travaux de Caplin et al. [78] et Brunnermeier et al. [123]. L'idée de base est que parmi les aléas, il existe un délai entre la prise de décision et la réalisation de la conséquence. Le temps de résolution de l'incertitude (l'attente) induit des émotions (stress, anxiété, peur ou inversement salivation...) qui font donc partie en soit des conséquences de la décision. Par conséquent, la décision se prend en tenant compte de cette période d'attente à subir.

Au final, on notera qu'aucun de ces modèles ne précise explicitement de quel type d'émotions ils tiennent compte.

22 Vision duale du décideur

L'idée d'opposer cognition et émotion possède une longue histoire en philosophie et c'est une vision commune en psychologie. Pour les économistes, cette opposition est intéressante car elle peut se formaliser avec les outils de théorie des jeux (voir Fudenberg et Levine, 2006; Brocas et Carrillo, 2008) en présentant un conflit de « self » comme une interaction stratégique entre agents. L'idée théorique est toutefois difficile à tester empiriquement et en pratique la description de ce système dual n'est pas vraiment précise (voir Rustichini, 2008 ou Keren et Schul, 2009).

Slovic [30] désigne ce système dual de perception de risque par les termes « risk as feelings » et « risk as analysis ». Il énumère les caractéristiques de ces « modes de pensée ». Ce qu'il faut retenir est que le mode « risk as feelings » est rapide, intuitif et fait appel aux émotions tandis que le mode « risk as analysis » est lent et fait appel et à la logique.

Néanmoins, il souligne que pour lui, « une décision rationnelle est un mélange des deux processus (cognitif et émotionnel) ». Même si l'un des deux systèmes peut l'emporter, l'émotion peut être conseillère ou bien déterminante selon l'intensité de cette dernière, comme l'écrit Zinn [3]. Les différents articles de Loewenstein [69], [72], [74] et principalement [73] reprennent cette idée et expliquent que les facteurs viscéraux sont à la base de divergence entre comportement et intérêt individuel. Le tableau 1-1, repris de Epstein et al (1991), synthétise les différences entre les deux systèmes, dits « automatique » et « rationnel » selon une terminologie communément utilisée.

Tableau 1-1 Comparaison des systèmes « automatique » et « rationnel » (Epstein et al., 1991)

Table 1

Comparison of the Experiential and Rational Systems

Experiential system	Rational system
1. Holistic	1. Analytic
2. Affective: Pleasure–pain oriented (what feels good)	2. Logical: Reason oriented (what is sensible)
3. Associationistic connections	3. Logical connections
4. Behavior mediated by "vibes" from past experiences	4. Behavior mediated by conscious appraisal of events
5. Encodes reality in concrete images, metaphors, and narratives	5. Encodes reality in abstract symbols, words, and numbers
6. More rapid processing: Oriented toward immediate action	6. Slower processing: Oriented toward delayed action
7. Slower to change: Changes with repetitive or intense experience	7. Changes more rapidly: Changes with speed of thought
8. More crudely differentiated: Broad generalization gradient; stereotypical thinking	8. More highly differentiated
9. More crudely integrated: Dissociative, emotional complexes; context-specific processing	9. More highly integrated: Cross-context processing
10. Experienced passively and preconsciously: We are seized by our emotions	10. Experienced actively and consciously: We are in control of our thoughts
11. Self-evidently valid: "Experiencing is believing"	11. Requires justification via logic and evidence

Note. From "Cognitive–Experiential Self-Theory: An Integrative Theory of Personality" by S. Epstein, in R. C. Curtis, *The Relational Self: Theoretical Convergences in Psychoanalysis and Social Psychology*, New York: Guilford Press. Copyright 1991 by Guilford Press. Adapted by permission.

Pour la perception du risque de catastrophe naturelle, on peut mettre en évidence ce double processus et les interactions « évaluation cognitive » - « évaluation émotionnelle » dans la figure 1-6. L'approche conséquentialiste standard, lorsqu'elle intègre les émotions, le fait par l'intermédiaire du bloc « évaluation émotionnelle ». Toutefois, celui-ci n'intervient dans le processus de décision, que par l'intermédiaire de la flèche la plus épaisse : le bloc dual n'existe pas. Dans la vision duale, les blocs « évaluation cognitive » et « évaluation émotionnelle » interagissent et affectent le processus de décision via le bloc dual. Dans les deux cas, reste à décider ce que l'on met dans le bloc « évaluation émotionnelle » : expected emotions, immediate emotions, anticipatory emotions.

Cette vision duale est toutefois discutée (voir Keren et Schul, 2009). Price et Norman [41] soulignent les nombreuses ambiguïtés d'une dichotomie entre processus cognitif et processus émotionnel, et réfutent plutôt cette dichotomie. De leur étude, il ressort que les « intuitive feelings » (=résultats d'un processus émotionnel) ont une influence certaine sur le processus cognitif de la décision. Mais leur principale interrogation est de savoir si cette influence est consciente ou non. Cette notion de conscience est souvent mentionnée dans les différents articles de la bibliographie; la plupart du temps il est avancé sans preuve que l'influence des émotions peut être consciente ou inconsciente. Price et Norman [41] répondent qu'il y a bien conscience car on a accès à l'information véhiculée par ce processus émotionnel. Toutefois, des études sur la conscience des émotions dans le processus des émotions manquent.

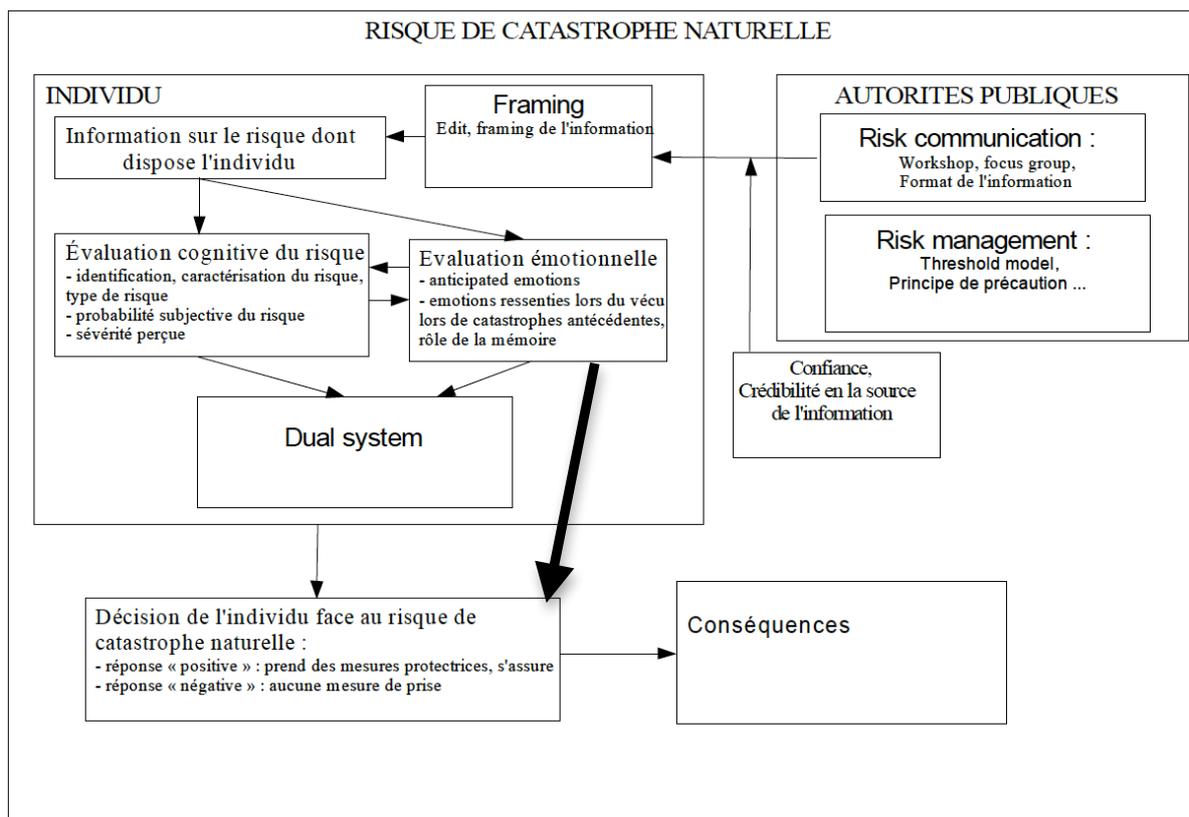


Figure 1-6 : Processus de décision face au risque de catastrophe naturelle (source personnelle)

Les travaux récents sur l'aversion aux pertes permettent d'aller plus loin dans cette discussion. Rappelons que De Martino et al. (2006) observent que lorsque les sujets renversent leur choix dans le sens prédit par l'aversion aux pertes, c'est-à-dire quand ils choisissent de parier dans le contexte de perte et de prendre le gain sûr dans le contexte de gain, l'activation de l'amygdale est plus élevée comparativement au contexte de perte. Inversement, ils observent que les sujets les moins sensibles aux effets de contexte (ceux effectuant le moins de renversement de choix) sont ceux qui ont les plus hauts niveaux d'activation d'une zone du cortex préfrontal. Comme, d'un côté, l'amygdale est impliquée dans des émotions (elle joue un rôle clé pour la peur : on observe que les patients lésés au niveau de l'amygdale ne ressentent pas de peur alors qu'ils ressentent d'autres émotions) et qu'au contraire le cortex est vu comme la zone dédiée aux tâches cognitives, ces résultats ont été interprétés comme une illustration d'un fonctionnement dual : le cortex (système 2) s'efforce de maîtriser l'amygdale (système 1). Les commentaires de Kahneman et Frederick (2007) sur les résultats de De Martino et al (2006) suggèrent une telle interprétation.

La pertinence de cette interprétation est largement mise en doute. En effet, le rôle de l'amygdale ne se résume pas à un rôle émotionnel de déclencheur d'alerte. L'amygdale joue des rôles nombreux et complexes (voir Seyman et Dolan, 2008 ou Pessoa, 2010; pour une synthèse des connaissances) et il est très hasardeux de l'identifier comme un des lieux d'exécution du système 1. Au total, la balance semble pencher actuellement du côté de ceux qui conçoivent le fonctionnement cérébral comme un système multi modulaire avec des zones dédiées à certaines fonctions (mémoire, vision, langage, attention...) et qui sont

interconnectées. Les émotions ont aussi des rôles fonctionnels, probablement différents selon les types d'émotion.

3 Du rôle des émotions à la modélisation économique : quelles perspectives méthodologiques ?

Les évidences empiriques ont montré l'importance des émotions dans la prise de décision dans le risque et l'incertain. Mais au-delà du constat que les émotions modifient la prise de décision (par une altération de l'évaluation des conséquences ou par la mise en avant de certains événements ou conséquences possibles), l'observation la plus importante est que les émotions sont des processus essentiels à l'appréhension des situations de risque et à l'adaptation du comportement. Pour s'en convaincre, il suffit de se reporter au fait que des patients chez qui certaines émotions sont absentes (du fait de lésions physiques) ne sont plus capables d'identifier les stratégies optimales de prise de risque. En effet, les émotions jouent de nombreux rôles. Il y a d'abord les rôles d'évaluation, d'information, de sélection des actions que nous venons de rappeler et qui ont directement un impact dans la prise de décision. Mais les émotions jouent aussi un rôle de mémoire (elles permettent la mise en mémoire d'événements vécus et inversement elles aident à retrouver ces éléments mis en mémoire), un rôle dans le traitement de l'information...

A la lumière de cette complexité des fonctions émotionnelles, les propositions existantes de formalisation à usage des économistes sont peu convaincantes. Tout d'abord les modèles behavioristes conséquentialistes, qui constituent le cœur méthodologique de l'analyse économique de la décision, ne permettent pas par nature d'incorporer explicitement les émotions. D'autre part, la vision populaire d'un système émotionnel fonctionnant en parallèle d'un système cognitif qui vient altérer la prise de décision est largement remise en cause actuellement. Au total, si dans le but de disposer de modèles comportementaux réalistes, les économistes veulent poursuivre dans la voie des émotions, et notamment intégrer les connaissances et les modèles des psychologues, ils font face à des questions méthodologiques importantes et une remise en cause de leur cadre d'analyse.

On peut conclure en indiquant quelques points de tension :

- **Modèles descriptifs versus modèles instrumentaux :** les modèles proposés par les psychologues sont descriptifs, en particulier ils décrivent parfois les différentes fonctionnalités des parties cérébrales (vision, mémoire, motricité...) alors que les économistes donnent une lecture instrumentale à leurs modèles behavioristes (*les agents choisissent entre des loteries comme s'ils maximisaient leur utilité espérée*). Ces deux types de modélisations conduisent à une opposition entre une vision mécaniste (le cerveau vu comme un espace multi modulaire qui exécute des tâches) et une vision de l'individu comme d'une personne dotée de préférences et dont l'action « rationnelle » consiste à maximiser ses préférences.
- **Approche statique versus dynamique :** Les modèles de décision économique s'intéressent à la prise de décision à un moment donné alors que les données psychologiques indiquent que les émotions sont importantes pour l'apprentissage.

- **La décision vue comme un problème de choix entre loteries** : Dans la vision conséquentialiste des modèles économiques, les comportements individuels, les décisions sont ramenés à un problème de choix entre des loteries. Si cette représentation est pertinente dans certaines situations, il est probable qu'elle est trop restrictive pour de nombreuses situations réelles. Dans les protocoles de psychologie expérimentale, il est très courant de faire exécuter des tâches et les psychologues considèrent que, lors de l'exécution de ces tâches, le sujet prend une série de microdécisions. La question de ce qu'est une décision et des objets sur lesquels portent ces décisions est assez peu discutée en économie.

4 Bibliographie

Fiches réalisées (voir détail des fiches dans le rapport intermédiaire Chanel et al., 2011)

- [1] Petit, E. (2009). Le rôle des affects en économie. *Revue d'économie politique*, 119, p. 859-897.
- [2] Schmidt, C. (2006). Some meeting points between economists and psychologists. *Revue Economique* 57 (2), p. 243-258.
- [3] Zinn, J.O. (2006). Risk, affect and emotion. *Forum Qualitative Sozialforschung* 7 (1).
- [4] Douglas, K., Jones, D (2007). How to make better choices. *New Scientist* 194 (2602), p. 35-43.
- [5] Pfister, H.-R., Böhm, G. (2008). The multiplicity of emotions: A framework of emotional functions in decision making. *Judgment and Decision Making* 3 (1), p. 5-17.
- [6] Connolly, T., Butler, D. (2006) Regret in economic and psychological theories of choice *Journal of Behavioral Decision Making* 19 (2), p. 139-154.
- [7] Lerner, J.S., Tiedens, L.Z. (2006). Portrait of the angry decision maker: How appraisal tendencies shape Anger's influence on cognition. *Journal of Behavioral Decision Making* 19 (2), p. 115-137.
- [8] Han, S., Lerner, J.S., Keltner, D. (2007). Feelings and consumer decision making: The appraisal-tendency framework. *Journal of Consumer Psychology* 17 (3), p. 158-168.
- [9] Laury, S.K., McInnes, M.M., Todd Swarthout, J. (2009). Insurance decisions for low-probability losses. *Journal of Risk and Uncertainty* 39 (1), p. 17-44
- [10] Peterson, M. (2002). The limits of catastrophe aversion. *Risk Analysis* 22 (3), p. 527-538.
- [11] Camerer, C.F., Kunreuther, H. (1989). Decision Processes for Low Probability Risks: Policy Implications. *Journal of Policy Analysis and Management* 8 (4), p. 565.
- [12] Zeelenberg, M., Van Dijk, E., Van Den Bos, K., Pieters, R. (2002). The inaction effect in the psychology of regret. *Journal of Personality and Social Psychology* 82 (3), p. 314-327.
- [13] Browne, M.J., Hoyt, R.E.(2000). The Demand for Flood Insurance: Empirical Evidence. *Journal of Risk and Uncertainty*, 20 (3), p. 291-306.
- [14] Terpstra, T., Lindell, M.K., Gutteling, J.M. (2009). Does communicating (flood) risk affect (flood) risk perceptions? Results of a quasi-experimental study. *Risk Analysis*, 29 (8), p. 1141-1155.
- [15] Siegrist, M. (1997). Communicating Low Risk Magnitudes : Incidence Rates Expressed as Frequency Versus Rates expressed as Probability. *Risk Analysis*, 17(4).

- [16] Kreibich, H., Thieken, A.H., Grunenberg, H., Ullrich, K., Sommer, T. (2009). Extent, perception and mitigation of damage due to high groundwater levels in the city of Dresden, Germany. *Natural Hazards and Earth System Science* 9 (4), p. 1247-1258.
- [17] Grothmann, T., Reusswig, F. (2006). People at risk of flooding: Why some residents take precautionary action while others do not. *Natural Hazards*, 38 (1-2), p. 101-120.
- [18] Siegrist, M., Gutscher, H. (2008). Natural hazards and motivation for mitigation behavior: People cannot predict the affect evoked by a severe flood. *Risk Analysis* 28 (3), p. 771-778.
- [19] Zaalberg, R., Midden, C., Meijnders, A., McCalley, T. (2009). Prevention, adaptation, and threat denial: Flooding experiences in the Netherlands. *Risk Analysis* 29 (12), p. 1759-1778.
- [20] Keller, C., Siegrist, M., Gutscher, H. (2006). The role of the affect and availability heuristics in risk communication. *Risk Analysis* 26 (3), p. 631-639.
- [21] Slovic, P., Finucane, M.L., Peters, E., MacGregor, D.G. (2004). Risk as Analysis and Risk as Feelings: Some Thoughts about Affect, Reason, Risk, and Rationality. *Risk Analysis*, 24 (2), p. 311-322.
- [22] Whitney, D.J., Lindell, M.K., Nguyen, H.-H.D. (2004). Earthquake Beliefs and Adoption of Seismic Hazard Adjustments. *Risk Analysis*, 24 (1), p. 87-102.
- [23] Sotgiu, I., Galati, D. (2007). Long-Term Memory for Traumatic Events: Experiences and Emotional Reactions During the 2000 Flood in Italy. *The Journal of Psychology* 141(I), 91-108
- [24] Ho, M.-C., Shaw, D., Lin, S., Chiu, Y.-C. (2008). How do disaster characteristics influence risk perception? *Risk Analysis* 28 (3), p. 635-643.
- [25] Davis, T., Love, B.C., Todd Maddox, W. (2009). Anticipatory emotions in decision tasks: Covert markers of value or attentional processes? *Cognition* 112 (1), p. 195-200.
- [26] Heitz, C., Spaeter, S., Auzet, A.-V., Glatron, S. (2009). Local stakeholders' perception of muddy flood risk and implications for management approaches: A case study in Alsace (France). *Land Use Policy* 26 (2), p. 443-451.
- [27] Mellers, B., Schwartz, A., Ritov, I. (1999). Emotion-based choice. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128 (3), pp. 32-345.
- [28] Ermoliev, Y.M., Ermolieva, T.Y., MacDonald, G.J., Norkin, V.I., Amendola, A. (2000). System approach to management of catastrophic risks. *European Journal of Operational Research* 122 (2), p. 452-460.
- [29] Ganderton, P.T., Brookshire, D.S., McKee, M., Stewart, S., Thurston, H. (2000). Buying Insurance for Disaster-Type Risks: Experimental Evidence. *Journal of Risk and Uncertainty* 20(3), p. 271-289.
- [30] Böhm G., Pfister H-R. (2008). Anticipated and experienced emotions in environmental risk perception. *Judgment and Decision Making* 3(1), p. 73-86.
- [31] Finnsdottir, T., Elklit, A. (2002). Posttraumatic sequelae in a community hit by an avalanche. *Journal of Traumatic Stress* 15 (6), p. 479-485.
- [32] Demaree, H.A., Burns, K.J., DeDonno, M.A. (2010). Intelligence, but not emotional intelligence, predicts Iowa Gambling Task performance. *Intelligence* 38 (2), pp. 249-254.
- [33] Van Dijk, E., Zeelenberg, M. (2006). The dampening effect of uncertainty on positive and negative emotions. *Journal of Behavioral Decision Making* 19 (2), pp. 171-176.
- [34] Schunk, D., Betsch, C. (2006). Explaining heterogeneity in utility functions by individual differences in decision modes. *Journal of Economic Psychology* 27 (3), pp. 386-401.

- [35] Tiedens, L.Z., Linton, S. (2001). Judgment under emotional certainty and uncertainty: The effects of specific emotions on information processing. *Journal of Personality and Social Psychology* 81:6, pp. 973-988.
- [36] Kunreuther, H. (1996). Mitigating disaster losses through insurance. *Journal of Risk and Uncertainty*, 12 (2-3), pp. 171-187.
- [37] Knutson, B., Peterson, R. (2005). Neurally reconstructing expected utility. *Games and Economic Behavior* 52 (2), pp. 305-315.
- [38] Zeelenberg, M., Nelissen, R., Breugelmans, S. and Pieters, R. (2008). On Emotion Specificity in Decision Making: Why Feeling is for Doing. *Judgment and Decision Making*, vol.3(1), pp.18-27.
- [39] Makowski, M. (2006). Structured modeling for coping with uncertainty in complex problems. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems* 581, pp. 47-64.
- [40] Wilke, M., Haug, H., Funke, J. (2008). Risk-specific search for risk-defusing operators. *Swiss Journal of Psychology* 67 (1), pp. 29-40.
- [41] Price, M.C., Norman, E. (2008). Intuitive decisions on the fringes of consciousness: Are they conscious and does it matter?. *Judgment and Decision Making* 3 (1), pp. 28-41.
- [42] Slovic, P. (1999) Trust, Emotion, Sex, Politics, and Science: Surveying the Risk-Assessment Battlefield. *Risk Analysis* 19(4).
- [43] Dekay, M.L., Patiño-Echeverri, D., Fischbeck, P.S. (2009). Better safe than sorry: Precautionary reasoning and implied dominance in risky decisions. *Journal of Behavioral Decision Making* 22 (3), pp. 338-361.
- [44] Skanavis, C., Koumouris, G.A., Petreniti, V. (2005). Public participation mechanisms in environmental disasters. *Environmental Management* 35 (6), pp. 821-837.
- [45] Gattig, A., Hendrickx, L. (2007). Judgmental discounting and environmental risk perception: Dimensional similarities, domain differences, and implications for sustainability. *Journal of Social Issues* 63 (1), pp. 21-39.
- [46] Basili, M. (2006). A rational decision rule with extreme events. *Risk Analysis* 26 (6), pp. 1721-1728.
- [47] Slovic Paul, Elke U. Weber (1999). Perception of Risk Posed by Extreme Events. *Risk Management strategies in an Uncertain World*, Palisades, New York.
- [48] Böhm, G., Pfister, H.-R. (2000). Action tendencies and characteristics of environmental risks. *Acta Psychologica* 104 (3), pp. 317-337.
- [49] Ahmet, R., Nuray, K. (1999). Correlates of Earthquake Cognitions and Preparedness Behavior in a Victimized Population. *Journal of Social Psychology*, 139(1).
- [50] Barron, G., Yechiam, E. (2009). The coexistence of overestimation and underweighting of rare events and the contingent recency effect. *Judgment and Decision Making*, 4(6), pp. 447-460.
- [51] Chanel, O., Chichilnisky, G. (2009). The influence of fear in decisions: Experimental evidence. *Journal of Risk and Uncertainty* 39 (3), pp. 271-298.
- [52] Ayres R.U., Sandilya, M.S. (1986). Catastrophe avoidance and risk aversion: Implications of formal utility maximization. *Theory and Decision*, 20 (1), pp. 63-78.
- [53] Lave, L.B., Apt, J. (2006). Planning for natural disasters in a stochastic world. *Journal of Risk and Uncertainty* 33 (1-2), pp. 117-130.
- [54] Epstein, R.A. (1996). Catastrophic responses to catastrophic risks. *Journal of Risk and Uncertainty* 12 (2-3), pp. 287-308.

- [55] Walther, H. (2010). Anomalies in intertemporal choice, time-dependent uncertainty and expected utility - A common approach. *Journal of Economic Psychology* 31 (1), pp. 114-130.
- [56] Hermalin, B.E., Isen, A.M. (2008). A model of the effect of affect on economic decision making. *Quantitative Marketing and Economics* 6 (1), pp. 17-40.
- [57] Nerb, J., Spada, H.(2001). Evaluation of environmental problems: A coherence model of cognition and emotion. *Cognition and Emotion* 15 (4), pp. 521-551.
- [58] Krantz, D. H, Kunreuther, H. C. (2007).Goals and plans in decision making. *Judgment and Decision Making*, 2(3), pp. 137-168.
- [59] Tamura, H., Yamamoto, K., Tomiyama, S., Hatono, I. (2000). Modeling and analysis of decision making problem for mitigating natural disaster risks. *European Journal of Operational Research* 122 (2), pp. 461-468.
- [60] Tamura, H. (2008). Behavioral models of decision making under risk and/or uncertainty with application to public sectors. *Annual Reviews in Control* 32 (1), pp. 99-106.
- [61] Tamura, H. (2005). Behavioral models for complex decision analysis. *European Journal of Operational Research* 166 (3), pp. 655-665.
- [62] Bechara, A., Damasio, A.R.(2005).The somatic marker hypothesis: A neural theory of economic decision. *Games and Economic Behavior* 52 (2), pp. 336-372.
- [63] Harries, T. (2008). Feeling secure or being secure? Why it can seem better not to protect yourself against a natural hazard. *Health, Risk and Society* 10 (5), pp. 479-490.
- [64] Phelps, E. (2009). The study of emotion in neuroeconomics.
- [65] Plapp, T., Werner, U. (2006). Understanding risk perception from natural hazards: examples from Germany. *RISK 21 – Coping with Risks due to Natural Hazards in the 21st Century, Amman, Dannenmann & Vulliet (eds), Taylor & Francis Group, London, 101-108.*
- [66] Rottenstreich, Y., Hsee, C. K. (2001). Money, Kisses, and Electric Shocks: on the affective psychology of risk. *Psychological Science*, 12(3) 185-190.
- [67] Whitmarsh, L. (2008). Are flood victims more concerned about climate change than other people? The role of direct experience in risk perception and behavioural Response. *Journal of Risk Research* Vol. 11, No. 3, April 2008, 351-374.
- [68] Peters, E.M., Burraston, B., Mertz, C.K. (2004). An emotion-based model of risk perception and stigma susceptibility: Cognitive appraisals of emotion, affective reactivity, worldviews, and risk perceptions in the generation of technological stigma. *Risk Analysis*, 24 (5), pp. 1349-1367.
- [69] Loewenstein, G. (2000). Emotions in Economic Theory and Economic Behavior. *American Economic review*, 90(2) 426-432.
- [70] Loomes, G., Sugden R. (1982).Regret theory : an alternative theory of rational choice under uncertainty. *Economic journal*, 92(368) 805-824.
- [71] Bell D.E. (1982). Regret in Decision Making under Uncertainty. *Operations Research*, 30(5) 961-981.
- [72] Loewenstein G., Weber E., Hsee C.; Welch N. (2001). Risk as feelings. *Psychological Bulletin*, 127(2) 267-286.
- [73] Loewenstein G. (1996). Out of control : visceral influences on Behavior. *Organizational Behavior and Human decision Processes* 65(3), 272-292.
- [74] Rick S., Loewenstein G. (2008). The role of Emotion in Economic Behavior. *The Handbook of Emotion*, Third Edition, editors Lewis, M., Haviland-Jones, J. and Feldman-Barrett, L., New York Guilford, pp.138-156.

- [75] Cohen Jonathan D. (2005). The Vulcanization of the Human Brain : A Neural Perspective on Interactions between Cognition and Emotion. *Journal of Economic Perspectives* 19(4) 3-24.
- [76] Berezin M. (2005). Emotions and the Economy. *Handbook of Economic Sociology*, editors Smelser, N. and Swedberg, R., Russell Sage Foundation and Princeton University Press, pp.109-127.
- [77] Elster J. (1998). Emotions and Economic Theory. *Journal of Economic Literature* XXXVI, 47-74.
- [78] Caplin A, Leahy J. (2001). Psychological expected utility theory and anticipatory feelings. *Quarterly Journal of Economics*, vol. 116(1), 55-79.
- [79] Merz B., Elmer F., Thieken A.H.(2009).Significance of « high probability/low damage » versus « low probability/high damage » flood events. *Natural Hazard Earth System science* 9, p. 1033-1046.
- [80] Isen A. (2001). An influence of Positive Affect on Decision Making in Complex Situations: Theoretical Issues with practical Implications. *Journal of Consumer Psychology* 11(2), p. 75-85.
- [81] Klinke A., Renn O. (2002). A new approach to risk evaluation and management: risk-based, precaution-based, and discourse-base strategies. *Risk Analysis* 22(6), p. 1071-1094.
- [82] Reid A., Gonzalez-Vallejo C. (2009). Emotion as a Tradeable Quantity. *Journal of Behavioral Decision Making* 22, p. 62-90.
- [83] Wu G. (1999). Anxiety and Decision making with delayed resolution of uncertainty. *Theory and Decision*, 46, p. 159-198.
- [84] Armas, I. (2008). Social vulnerability and seismic risk perception. Case study: the historic center of the Bucharest Municipality/Romania. *Natural Hazards* 47, 397–410.
- [85] Armas, I.(2006). Earthquake Risk Perception in Bucharest, Romania. *Risk Analysis*, 26(5), 1223-1234.
- [86] Asgary, A.,Levy, J.,Mehregan, N (2007). Estimating willingness to pay for a hypothetical earthquake early warning systems *Environmental Hazards* (7), p. 312–320.
- [87] Asgary, A., Willis, K. (1997). Household Behaviour in Response to Earthquake Risk: An Assessment of Alternative Theories *Disasters*, 21(4), p. 354-365.
- [88] Baker, J., Shaw, D., Bell, D., Brody, S., Riddel, M., Woodward, R., Neilson, W. (2009). Explaining Subjective Risks of Hurricanes and the Role of Risks in Intended Moving and Location Choice Models *Natural Hazards Review*, 10(3), p.102-112.
- [89] Botzen, W.J.W.; Aerts, J.C.J.H; van den Bergh, J.C.J.M. (2009). Willingness of homeowners to mitigate climate risk through insurance. *Ecological Economics* 68 p. 2265–2277.
- [90] Botzen, W.J.W, van den Bergh, J. (2010). Monetary Valuation of Insurance against Flood Risk under Climate Change, *Article présenté au WCERE*, Montréal, 41 p.
- [91] Brouwer, R., Akter, S., Brander, L., Haque, E. (2007). Socioeconomic Vulnerability and Adaptation to Environmental Risk: A Case Study of Climate Change and Flooding in Bangladesh *Risk Analysis*, 27(2), p. 313-326
- [92] Brouwer, R., Akter, S., Brander, L., Haque, E. (2006). Economic valuation of flood risk exposure and flood control in a severely flood prone developing country Working PaperPoverty Reduction and Environmental Management (PREM) 06/02, 21 p.
- [93] Burningham, K., Fielding, J., Thrush, D. (2008). It'll never happen to me': understanding public awareness of local flood risk *Disasters*, 32(2), p. 216- 238.

- [94] Peters, E., Slovic, P., Gregory, R. (2003). The Role of Affect in the WTA/WTP Disparity *Journal of Behavioral Decision Making*, 16, p. 309–330
- [95] Eraybar, K., Okazaki, K., Ilki, A. (2010). An exploratory study on perceptions of seismic risk and mitigation in two districts of Istanbul *Disasters*, 34(1), p. 71–92
- [96] Figueiredo, E., Valente, S., Coelho, C., Pinho, L. (2009). Coping with risk: analysis on the importance of integrating social perceptions on flood risk into management mechanisms – the case of the municipality of Agueda, Portugal *Journal of Risk Research*, 12(5), p. 581–602
- [97] Glenk, K., Fischer, A. (2010). Insurance, prevention or just wait and see? Public preferences for water management strategies in the context of climate change *Ecological Economics*, 69, p. 2279-2291.
- [98] Gyrd-Hansen, D., Halvorsen, P.A., Kristiansen, I.S. (2008). Willingness-to-pay for a statistical life in the times of a pandemic *Health Economics*, 17, p. 55–66
- [99] Hung, H.-C. (2009). The attitude towards flood insurance purchase when respondents' preferences are uncertain: a fuzzy approach *Journal of Risk Research*, 12(2), p. 239–258
- [100] Ikeda, S. (2006). An Integrated Risk Analysis Framework for Emerging Disaster Risks: Toward a better risk management of flood disaster in urban communities In A better integrated management of disaster risks: Toward resilient society to emerging disaster risks in mega-cities, (Eds. S. Ikeda, T. Fukuzono, and T. Sato), p. 1–21.
- [101] Kleindorfer, P., Kunreuther, H. (2000). Managing Catastrophe Risk *Regulation*, 26(4), p. 26-31
- [102] Kreibich, H., Thielen, A.H. (2009). Coping with floods in the city of Dresden, Germany *Natural Hazards*, 51, p. 423–436
- [103] Li, G. (2009). Tropical cyclone risk perceptions in Darwin, Australia: a comparison of different residential groups *Natural Hazards*, 48, p. 365–382
- [104] Lindell, M. K., Whitney, D. J. (2000). Correlates of Household Seismic Hazard Adjustment Adoption *Risk Analysis*, 20(1), p. 13-25
- [105] Maruyama, A., Kikuchi, M. (2004). Risk-Learning Process in Forming Willingness-to-Pay for Egg Safety *Agribusiness*, 20(2), p. 167–179
- [106] Motoyoshi, T. (2006). Public Perception of Flood Risk and Community-based Disaster Preparedness In A better integrated management of disaster risks: Toward resilient society to emerging disaster risks in mega-cities, (Eds. S. Ikeda, T. Fukuzono, and T. Sato), p. 121-134.
- [107] Parker, D., Tapsell, S., McCarthy, S. (2007). Enhancing the human benefits of flood warnings *Natural Hazards*, 43, p. 397–414
- [108] Paul, B.K., Bhuiyan, R.H. (2010). Urban earthquake hazard: perceived seismic risk and preparedness in Dhaka City, Bangladesh *Disasters*, 34(2), p. 337–359
- [109] Rheinberger C., Leiter A., McCormick C., Mizrahi A., Alberini A. (2010). What is the Value of Hazardous Weather Forecasts? Evidence from a Survey of Backcountry Skiers *Article présenté au WCERE*, Montréal, 27 p.
- [110] Salcioglu E., Basoglu, Me., Livanou M. (2007). Post-traumatic stress disorder and comorbid depression among survivors of the 1999 earthquake in Turkey *Disasters*, 31(2), p. 115–129.
- [111] Hong S., Collins A. (2006). Societal Responses to Familiar Versus Unfamiliar Risk: Comparisons of Influenza and SARS in Korea, *Risk Analysis*, 26(5).
- [112] Sjöberg, L. (2000). Factors in Risk Perception *Risk Analysis*, 20(1).

- [113] Sjöberg, L. (2007). Emotions and risk perception *Risk Management: An International Journal*, 9, p. 222-237
- [114] Sunstein, C. (2002). Probability Neglect: Emotions, Worst Cases, and Law *The Yale Law Journal*, 112:1, p. 61-107
- [115] Takao, K. (2006). Residents' Perception about Disaster Prevention and Action for Risk Mitigation: The case of the Tokai flood in 2000 In A better integrated management of disaster risks: Toward resilient society to emerging disaster risks in mega-cities, (Eds. S. Ikeda, T. Fukuzono, and T. Sato), p. 135–151.
- [116] Tekeli-Yeşil S., Dedeoğlu N., Tanner M., Braun-Fahrlaender C., Obrist B. (2010). Individual preparedness and mitigation actions for a predicted earthquake in Istanbul *Disasters*, 34(4), p. 910–930.
- [117] Varela E., Koustouki V., Davos C. H., Eleni, K. (2008) Psychological consequences among adults following the 1999 earthquake in Athens, Greece *Disasters*, 32(2), p. 280-291.
- [118] Whitmarsh L. (2008). Are flood victims more concerned about climate change than other people? The role of direct experience in risk perception and behavioural response *Journal of Risk Research* 11(3), p. 351–374.
- [119] Zhai, G., Sato, T., Fukuzono, T., Ikeda, S., Yoshida, K. (2006). Willingness to Pay for Flood Risk Reduction and Its Determinants in Japan. *Journal of the American Water Resources Association*, 42(4), p. 927-940.
- [120] Benzion U, Shahraban S, Shavit T (2009) Emotions and perceived risks after the 2006 Israel–Lebanon war *Mind and Society* 8 (1), p. 21-41
- [121] Bosman, R., van Winden F. (2002) Emotional Hazard in a Power-to-Take Experiment, *The Economic Journal*, 112, n°476, p. 147-169
- [122] Bosman, R., van Winden, F. (2001). Anticipated and experienced emotions in an investment experiment. Tinbergen Institute Discussion Paper #TI 2001-058/1.
- [123] Brunnermeier, M.K., Parker, J.A. (2005), Optimal Expectations, *American Economic Review*, Vol(4), p. 1092-1118
- [124] DeDonno M.A., and Demaree H. (2008) Perceived time pressure and the Iowa Gambling Task *Judgment and Decision Making*, 3(8), p. 636–640
- [125] Fernandez-Duque, D., Landers, J. (2008) “Feeling more regret than I would have imagined”: Self-report and behavioral evidence *Judgment and Decision Making*, 3(6), p. 449–456
- [126] Gneezy, U., Potters, J. (1997). An experiment on risk taking and evaluation periods, *Quarterly Journal of Economics*, 112 (2), p. 631-645.
- [127] Dipankar G. Manash R. (1997). Risk, Ambiguity, and Decision Choice: Some Additional Evidence, *Decision Sciences*, 28 1, p. 81-104.
- [128] Gul, F. (1991), A Theory of Disappointment Aversion, *Econometrica*, vol.59 (3), p.667-687
- [129] Hsee, C. K., Kunreuther H. C. (2000). The affection effect in insurance decisions. *Journal of Risk and Uncertainty*. 20, p. 141-159.
- [130] Isen, A., (2001) An Influence of Positive Affect on Decision Making in Complex Situations: Theoretical Issues with Practical Implications, *Journal of Consumer Psychology*, 11(2), p. 75-85
- [131] Hopfensitz, A. and Van Wieden, F. (2008), Dynamic Choice, Independence and Emotions, *Theory and Decision*, 64(2-3), p. 249-300.
- [132] Doron K., Levy, O. (2003) Mood-induced variation in risk preferences *Journal of Economic Behavior and Organization*, 52(4), p. 573-584

- [133] Kunreuther, H., R Meyer, R. Zeckhauser, P. Slovic, B. Schwartz, C. Schade, M. F. Luce, S. Lippman, D. Krantz, B. Kahn, R. Hogarth. (2002) High Stakes Decision Making: Normative, Descriptive and Prescriptive Considerations, *Marketing Letters*, 13(3), p. 259-268.
- [134] Kunreuther, H., Novemsky, N., Kahneman, D. (2001), Making Low Probabilities Useful, *Journal of Risk and Uncertainty*, 23(2) p. 103-20.
- [135] Lerner, J.S., Small, D.A., Loewenstein, G. (2004), Heart Strings and Purse Strings - Carryover Effects of Emotions on Economic Decisions, *Psychological Science*, 15(5), p. 337-341
- [136] Lerner J.S., Tiedens L.Z. (2006) Portrait of The Angry Decision Maker: How Appraisal Tendencies Shape Anger's Influence on Cognition, *Journal of Behavioral Decision Making* 19, p. 115-137.
- [137] Levy, H., Levy M. (2005) Overweighing Recent Observations: Experimental Results and Economic Implications in *Experimental Business Research Marketing, Accounting and Cognitive Perspectives* Volume III (Ed. Rami Zwick and Amnon Rapoport), p. 155-183
- [138] McClelland, G., Schulze, W., Coursey, D. (1993) Insurance for Low-Probability Hazards: A Bimodal Response to Unlikely Events. *Journal of Risk and Uncertainty* 7, p. 95-116.
- [139] Raghunathan, R., Pham, M. (1999), All negative moods are not equal: Motivational influences of anxiety and sadness on decision making, *Organizational Behaviour and Human Decision Processes* 79(1), p. 56-77.
- [140] Ochsner, K.N., Gross J.J. (2005) The cognitive control of emotion, *Trends in Cognitive Sciences*, 9, p. 242-249
- [141] Slovic, P., Finucane, M., Peters, E., MacGregor, D.G. (2007), The Affect Heuristic, *European Journal of Operational Research*, 177(3), p 1333-1352
- [142] Sokol-Hessner, P., Hsu, M., Curley, N.G., Delgado, M.R., Camerer, C., Phelps, E.A. (2009) Thinking like a trader selectively reduces individuals' loss aversion *PNAS* 106(13), p. 5035-5040
- [143] de Vries, M., Holland, R.W., Witteman, C.L.M (2008) In the winning mood: Affect in the Iowa gambling task, *Judgment and Decision Making*, 3(1), p. 42-50
- [144] Weinstein, N.D. (1980) Unrealistic Optimism About Future Life Events *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(5), p. 806-820
- [145] Wright W.F., Bower G.H. (1992), Mood Effects on Subjective Probability Assessment, *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 52, p. 276-291.

Autres références du rapport

- Allais, M. (1953). Le comportement de l'homme rationnel devant le risque: critique des postulats et axiomes de l'école américaine, *Econometrica*, 21, p. 503-546.
- Boutin F. (2007), Dialogue intégrant les émotions et la personnalité, *Mémoire de Master 2 Informatique Spécialité Intelligence Artificielle et Décision*, Université Pierre et Marie Curie
- Brocas, I., J. Carrillo, (2008): The Brain as a Hierarchical Organization, *American Economic Review* 98(4), p. 1312-1347.
- Chanel O., Chichilnisky C. (2013), Valuing life: experimental evidence using sensitivity to rare events, *Ecological Economics*, 85, 198-205.

- Chanel, O., G. Chichilnisky, S. Massoni, J.-P. Richard, J.-C. Vergnaud (2011), Revue de la littérature sur la thématique catastrophes naturelles et théorie de la décision, *rapport intermédiaire ANR Riskemotion, mars*, 172 p.
- Coricelli, G. et al. (2005), Regret and its avoidance: a neuroimaging study of choice behavior. *Nature Neurosci.* 8, p. 1255–1262.
- Corso, P. S., Hammitt, J. K., & Graham, J. D. (2001). Valuing mortality-risk reduction: using visual aids to improve the validity of contingent valuation. *Journal of Risk and Uncertainty*, 23(2), p. 165-184.
- De Martino, B., Kumaran, D., Seymour, B., Dolan, R.J. (2006). Frames, biases, and rational decision-making in the human brain. *Science*, 313, p. 684–687.
- Ekman, P., Friesen, W. V., Ellsworth, P. (1982). What emotion categories or dimensions can observers judge from facial behavior? In P. Ekman (Ed.), *Emotion in the human face* (p. 39-55). New York: Cambridge University Press.
- Ellsberg, D. (1961). Risk, Ambiguity, and the Savage Axioms. *Quarterly Journal of Economics*, 75, p. 643-669.
- Fudenberg, D., Levine, D. K. (2006). A dual-self model of impulse control. *American Economic Review*, 96, p. 1449-1476.
- Izard, C. E. (1977). *Human emotions*. New York: Plenum Press
- John, O. P., Donahue, E. M., Kentle, R. L. (1991). The Big Five Inventory-Versions 4a and 54. Berkeley, CA: University of California, Berkeley, Institute of Personality and Social Research.
- Kahneman, D., Frederick, S. (2007). Frames and brains: Elicitation and control of response tendencies. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(2), p. 45-46.
- Kahneman, D., Knetsch J.L., Thaler, R.H. (1991). The Endowment Effect, Loss Aversion, and Status Quo Bias, *Journal of Economic Perspectives*, 5 (1), p. 193-206
- Kahneman, D., Tversky, A. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica* 47, p. 263-291.
- Keren, G., Schul, Y. (2009). Two is not always better than one: A critical evaluation of two system theories. *Perspectives on Psychological Science*, 4, p. 533–550.
- Knutson, B., Wimmer, G.E., Rick, S., Hollon, N.G., Prelec, D., Loewenstein, G. (2008). Neural antecedents of the endowment effect. *Neuron* 58, p. 814–822.
- Oatley, K., Jenkins J. (1996) *Understanding emotions*. New York : Blackwell Publishers.
- Pessiglione, M. et al. (2006) Dopamine-dependent prediction errors underpin reward-seeking behaviour in humans. *Nature* 442, p. 1042–1045.
- Pessoa L. (2010) Emotion and cognition and the amygdala: From "what is it?" to "what's to be done?" *Neuropsychologia*.
- Plaisant O., Courtois R., Réveillère C., Mendelsohn G.A., John, O.P. (2010). Analyse Factorielle du Big Five Inventory français (BFI-Fr) Analyse Convergente avec le NEO-PI-R, *Annales Médico-Psychologiques*, 168 (2), p. 97-106.
- Posner, J., Russell, J. A., Peterson, B. S. (2005), The circumplex model of affect: An integrative approach to affective neuroscience, cognitive development, and psychopathology, *Development and Psychopathology* 17(03), p. 715–734.
- Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39, p. 1161–1178.
- Rustichini, A. (2008). Dual or unitary system? Two alternative models of decision-making. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 8, p. 355-362.
- Savage, L. J. (1954) *The Foundations of Statistics*. New York: Dover.

- Seymour, B., Dolan, R. (2008). Emotion, decision-making, and the amygdala. *Neuron*, 58, p. 662–671.
- Tomkins, S. (1984). Affect theory. In K. R. Scherer & P. Ekman (Eds.), *Approaches to emotion* (p. 163-195). Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974) Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *Science*, 185, p. 1124-1131.
- Von Neumann J. and Morgenstern O. (1944) *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton New Jersey: Princeton University Press.
- Zeelenberg, M., Beattie, J. (1997). Consequences of regret aversion: 2. Additional evidence for effects of feedback on decision making. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 72(1), p. 63–78.

PARTIE 2

De l'analyse de la littérature aux études empiriques

0 Introduction

Cette partie rassemble les différents éléments ayant sous-tendu la mise en œuvre des travaux empiriques, à partir d'un rappel des enseignements issus de la revue de la littérature (chapitre 1). Elle commence par les enquêtes (chapitre 2), en présentant les deux pré-tests ayant été conduits et leurs enseignements, les enquêtes menées et les hypothèses testées, établies dans un cadre général. Elle se poursuit par les expériences de laboratoires (chapitre 3), brièvement présentées ainsi que la tâche perceptive et la théorie de la Détection du Signal qu'elles mobiliseront, et les hypothèses testées, focalisées sur la prise de décision. Cette partie se termine par une analyse critique de la possibilité d'une prise en compte des émotions dans l'approche standard de la théorie de la décision (chapitre 4) avant de conclure (chapitre 5).

1 Enseignements de l'analyse de la littérature

En matière d'influence des émotions sur les décisions (en particulier des décisions en incertitude), la revue de la littérature a apporté un certain nombre d'enseignements, présentés dans la première partie. Nous ne retenons ici que ceux qui nous semblent les plus pertinents pour les travaux empiriques.

Dans une phase d'anticipation de l'émotion

a - l'émotion du type anxiété ressentie au moment de la prise de décision, vient modifier l'évaluation des conséquences et a donc une influence sur l'utilité attendue, donc sur la décision.

b - l'émotion est une utilité anticipée subie (modèle Caplin et Leahy, 2001), qui est maintenant vécue *a contrario* d'une utilité attendue ou "espérée". On peut avoir un intérêt à occulter un événement futur négatif (inconsciemment, on sous-estime la probabilité d'occurrence).

c- En prenant une décision maintenant, les individus doivent se projeter dans ce qu'ils seront susceptibles de ressentir dans le futur, lorsqu'une des conséquences se sera réalisée.

Dans la phase où l'événement est subi

a- l'émotion dépend du ressenti

b- l'émotion est fonction de l'écart entre ce qui était attendu (quel était le ressenti auquel l'individu s'attendait) et ce qui est vécu. En neuroéconomie / biologie, cet écart est appelé l'error negative reward : un signal qui mesure la différence entre le reward et l'expected reward quand le reward est moins bon que ce qui était attendu. Cet « error negative reward » a semble-t-il un rôle dans l'apprentissage (renforcement).

Après l'événement

a- la remémoration de l'événement et les éventuels signes émotionnels ressentis dans le cas de cette remémoration, constituent un rappel de l'émotion ressentie et sert pour actualiser l'évaluation des conséquences. On peut aussi imaginer que cela rend plus saillant la possibilité du renouvellement de l'événement (modification de la perception de la probabilité de l'événement).

b- on peut penser que des émotions négatives extrêmes ont des effets irréversibles dommageables et se traduisent par des effets sur la personnalité ou sur les préférences.

Au total, les émotions en tant que signaux, auraient un rôle bénéfique sur la rationalité des comportements. A contrario, les patients lésés dont les fonctions cognitives de traitements de l'information sont conservées mais pas les fonctions émotionnelles ou assimilées, ont des conduites "irrationnelles" (en jouant trop, par exemple, car ils n'éprouvent pas de regret).

D'un point de vue empirique, l'analyse de la littérature nous renseigne sur les différents domaines qu'il convient d'explorer chez les personnes interrogées dans les études (enquêtes et expériences).

Tout d'abord, il sera intéressant de révéler leurs préférences lors de décisions en incertitude dans différents domaines (financier dans les gains et les pertes, temporel), et en présence de faibles probabilités, afin d'étudier si le fait d'avoir été exposé à un événement de type catastrophique, a affecté leurs décisions. On recourra également à l'évaluation contingente pour déterminer les consentements à payer pour se soustraire à un risque ou à ses conséquences matérielles.

Ensuite, il conviendra également de collecter des informations sur les anticipations des émotions ressenties, sur les émotions réellement ressenties pendant l'événement catastrophique, sur certains traits de personnalité (dont le sentiment de contrôle, la capacité à s'inquiéter, le tempérament inquiet ou consciencieux), ou leur vécu (avec une évaluation du stress post traumatique, une quantification de la sévérité des expériences vécues ...). On pourra alors rechercher si les individus qui sont des mauvais prédicteurs de leurs émotions (signe qu'ils veulent éviter de penser à l'événement catastrophique), ont un comportement particulier, présentent des symptômes spécifiques ou distordent plus ou moins le problème de décision posé.

Enfin, des informations sur leur degré de connaissance et d'information sur l'événement considéré, sur leur humeur (anxiété, état émotionnel), sur leur perception et leurs attitudes

vis à vis du risque dans la vie quotidienne, sur leurs caractéristiques socio-démographiques usuelles viendront compléter la liste des variables collectées.

Au final, le dispositif de collecte de données des études empiriques devrait permettre de tester un certain nombre d'hypothèses, que nous détaillons dans les chapitres qui suivent en distinguant les enquêtes des expériences de laboratoire.

2 Les enquêtes

21 Enseignements des pré-enquêtes

211 Enseignements du pré-test par courriel

Un premier pré-test a recherché les raisons de changements de décision en incertitude dans une loterie impliquant un risque catastrophique à laquelle a répondu une même population à 11 ans d'intervalle. Il s'agissait de prolongements de travaux engagés par deux membres de l'équipe, et dont le second volet a été passé en 2009 auprès de 120 membres du Greqam. Le premier volet, passé en 1998 par courriel auprès de 64 membres du Greqam à cette date, consistait en répondre à la question suivante :

« On vous propose de jouer à un jeu dans lequel vous devez choisir et avaler une capsule parmi 1 milliard de capsules identiques. Une seule contient un poison mortel qui entraînera la mort dans des souffrances atroces (et longues), les autres étant sans effet. Si vous survivez (donc si vous avalez une des 999.999.999 capsules sans effets), vous gagnez 1.000.000 de francs net d'impôts
Acceptez vous de choisir une capsule et de l'avalier ? »

Le second volet, également passé par courriel, reprenait la question précédente, et y ajoutait les éléments suivants :

« A l'époque, vous aviez répondu OUI / NON
Nous vous posons aujourd'hui la même question (en exprimant la somme en euros et en l'actualisant) :
Si vous survivez (donc si vous avalez une des 999.999.999 capsules sans effets), vous gagnez 182.000 euros net d'impôts.
Acceptez vous de choisir une capsule et de l'avalier ? " »

Les personnes ayant répondu aux deux volets sont au nombre de 57, et 15 d'entre elles ont changé d'avis entre les deux enquêtes. Un certain nombre de facteurs étaient proposés pour expliquer ces changements, au moyen de la question suivante :

« Donnez une note s'il vous plaît à chacun des facteurs ci-dessous selon l'influence qu'il a eu sur votre réponse (de 0 « aucune influence » à 5 « très forte influence »):
- ma situation familiale :
- ma situation financière :
- mon état de santé :
- mon âge :

- mon espérance de vie :
- ma perception de la probabilité :
- ma position face à ce type de problème :
- mon rapport à la chance :
- mon rapport à la mort :
- autre (précisez et donnez une note s'il vous plait) ».

Nous avons cherché les déterminants d'un changement de réponse entre 1998 et 2009 en étudiant les réponses des 57 membres ayant participé aux deux enquêtes au moyen d'un modèle Logit dont la variable dépendante vaut 1 si la personne a changé d'avis, et 0 sinon. Les résultats de l'estimation se trouvent dans le tableau 2-1, dont les deux dernières colonnes expriment les effets marginaux des variables sur la probabilité de changer d'avis (et la p-value du test de nullité associé).

Tableau 2-1 Modèle logit sur la probabilité de changer d'avis (n=57)

Variable	Estimate	Robust p-value	Marg. effect	Robust p-value
Intercept	-3.954	.000	-	-
Female (=1)	2.386	.008	.396	.007
Older than 50 (=1)	2.815	.030	.583	.018
Family (0-5)	0.524	.003	.070	.022
PercProba (0-5)	0.431	.019	.058	.026
LRI / Pseudo R ²			0.3640	
Wald test of joint nullity (p-value)			15.41 (.0039)	
Percentage of correct predictions			84.2%	

Source : Chanel et Chichilnisky (2013), p. 201.

Le pourcentage de prédictions correctes est 84.2%, et le pseudo R² de 0.3641, ce qui est très correct. Le test de nullité jointe de variables (sauf la constante) est rejeté fortement, avec une p-value inférieure à 0,0039. Parmi les variables significatives, le fait d'être une femme augmente la probabilité de changer d'avis de 39,6%, et que le fait d'avoir plus de 50 ans l'augmente de 58,3%.

Nous mettons également en évidence deux raisons expliquant un changement de décision, pour lesquelles les émotions semblent pouvoir être significativement impliquées : des modifications dans la composition de la famille (une augmentation de 1 point du score correspondant entraînant une augmentation de 7% de la probabilité de changer d'avis), et un changement dans la perception des probabilités (qui entraîne une augmentation de 5,8% par point supplémentaire. Ainsi, il est probable que l'arrivée d'enfants dans le foyer affecte la perception des émotions anticipées par le répondant quand il envisage l'impact de son décès potentiel sur le futur de sa famille. De même, la modification des perceptions des probabilités fait que le risque, bien qu'objectivement inchangé, paraît subjectivement supérieur et insupportable pour les répondants qui changent d'avis et passent d'une réponse « oui » à une réponse « non ». Ce pré-test et ses extensions, ont donné lieu à publication dans *Ecological Economics* (voir l'annexe 1).

212 Enseignements du pré-test simultané

Un second pré-test a mené des expériences de décision collective sur des risques catastrophiques en condition expérimentale réelle, et en particulier l'éventuelle modification des réponses des individus à des apports d'information. Un événement co-organisé par deux membres de l'équipe (portant sur la grippe A) a en effet permis une pré-enquête en décembre 2009, auprès de 175 personnes issues de la population générale dans l'hémicycle du Conseil Régional PACA. Cet hémicycle permet d'accueillir un grand nombre de sujets par session et de mener des expériences interactives au cours desquelles les sujets reçoivent de l'information sur les comportements des autres, et peuvent réagir subséquemment, ce qui est rendu possible par la simultanéité de l'enquête. L'âge moyen des sujets était de 39,6 ans et 50,3% d'entre eux étaient de sexe masculin.

La procédure demandait à chaque participant ses préférences pour réduire son risque de décès de 0.01% (1 cas sur 10.000), qualifié de risque catastrophique. Une échelle visuelle de risque, adaptée de Corso et al. (2001), était distribuée à tous les participants (voir Figure 2-1). Nous avons en particulier étudié trois aspects propres à alimenter l'organisation et le contenu des enquêtes.

2121 L'influence de l'information sur la volonté de réduire un risque donné

Les préférences pour réduire ce risque, ont été élicitées à 5 reprises au moyen de la question suivante (« *Avez-vous l'intention de vous faire (ou vous êtes-vous déjà fait) vacciner contre la grippe A(H1N1) ?* »), en apportant aux participants différents niveaux d'information entre chaque question :

- Au début de séance (s1), donc sans information préalable
- Après affichage des intentions de l'ensemble de la salle (s2), donc après un apport d'information subjectif sur les préférences de la salle
- Après affichage des avis de l'ensemble de la salle sur l'utilité de la campagne de réduction (s3), donc après un apport d'information subjectif sur les croyances de la salle en la pertinence d'une campagne de réduction des risques,
- Après affichage de l'évaluation subjective de l'ensemble de la salle sur les probabilités de morbidité et de mortalité (s4),
- Après organisation d'une table ronde avec deux experts et la distribution d'informations scientifiques sur le risque considéré (s5), donc après apport d'information objectif, contradictoire et argumenté de la part d'experts.

Nous avons commencé par rechercher les déterminants de la probabilité de se faire vacciner au début de la séance (s1), lorsqu'aucune information n'a encore été communiquée sur le risque. Chaque individu exprime donc des préférences fondées sur ses propres sources d'information et croyances.

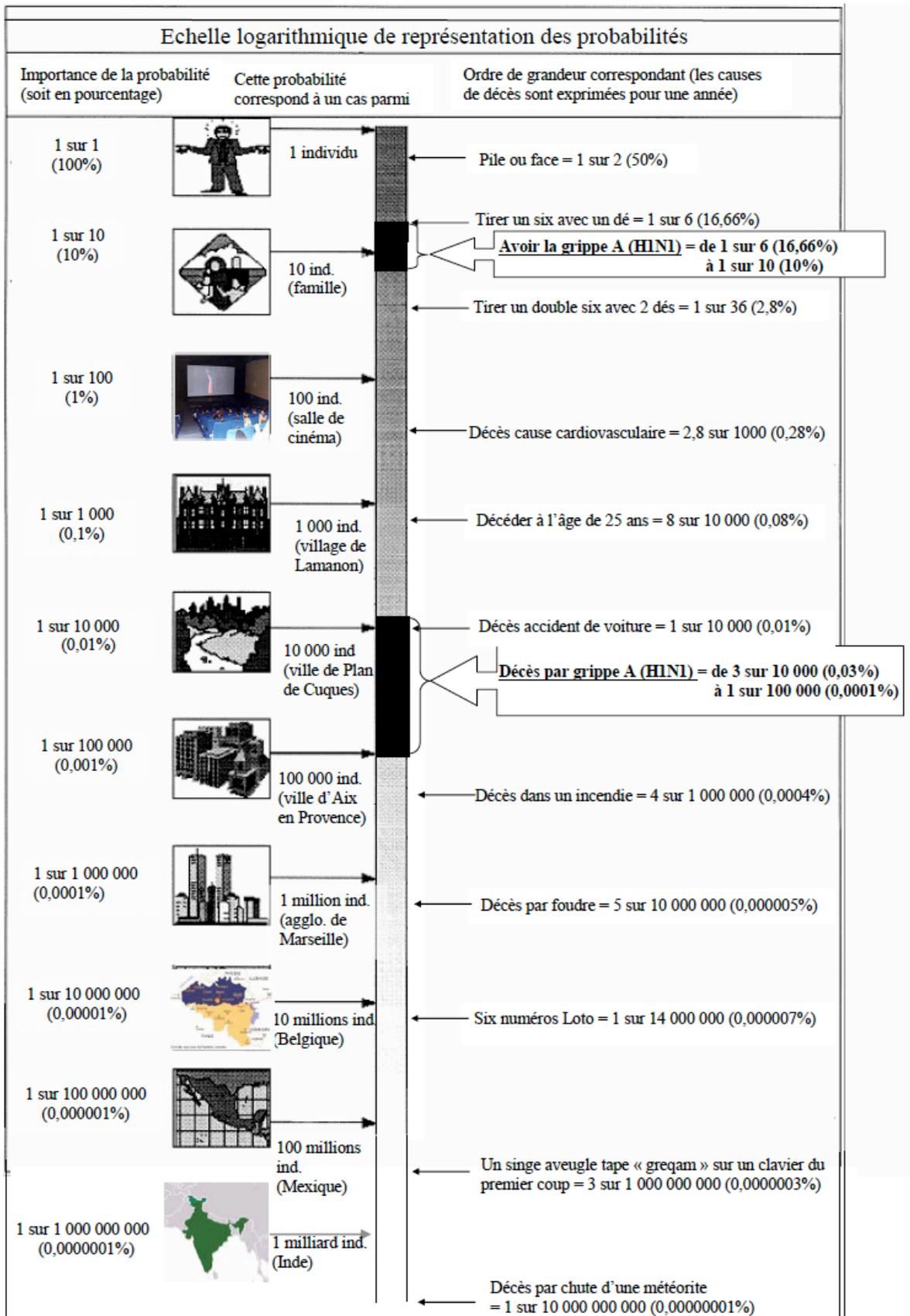


Figure 2-1 Feuille de risque distribuée aux participants du second pré-test (source personnelle)

Nous avons commencé par rechercher les déterminants de la probabilité de se faire vacciner à étape 1 à partir d'un modèle Logit binaire. Nous présentons les résultats du modèle dans le tableau 2-2, dans lequel n'ont été conservées que les variables dont la significativité était inférieure à 0,2. Les effets marginaux sont calculés dans le tableau 2-3, en la moyenne des variables explicatives. Le pourcentage de prédictions correctes est 84,62%, le pseudo R² est de 0,2542, ce qui est correct, et le test de nullité jointe de variables (sauf la constante) est rejeté (p-value = 0,0011). Nous détaillons les effets marginaux des variables significatives (au seuil de 10%) sur la probabilité de vaccination: le fait d'être de sexe MASCULIN l'augmente de 11,4%, le fait de s'être fait vacciné dans le passé contre la grippe (PAST_VACC) l'augmente de 21,7%, une augmentation d'un point du score d'attitude vis à vis de la vaccination (ATTIT_VACC, qui va de 3 (min) to +3 (max)) l'augmente de 4%, se renseigner auprès du corps médical sur la grippe H1N1 (INFO_MED) l'augmente de 8% de même qu'estimer avoir une bonne connaissance de la vaccination (INFOVAC_H), de presque 13%. L'état de santé subjectif (HEALTH, note sur 100) et le fait de se renseigner sur Internet sur la grippe (INFO_WEB) ne sont pas significatifs au seuil considéré.

Tableau 2-2 Modèle logit sur l'intention de vaccination à l'étape s1

Logistic regression	Number of obs = 156					
	Wald chi2(7) = 24.10					
	Prob > chi2 = 0.0011					
Log pseudolikelihood = -54.750253	Pseudo R2 = 0.2542					

		Robust				
VACC_OUI	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	

HEALTH	.023871	.0151435	1.58	0.115	-.0058096	.0535516
MASCULIN	1.253528	.5581595	2.25	0.025	.1595558	2.347501
PAST_VACC	1.671025	.5373353	3.11	0.002	.6178676	2.724183
ATTIT_VACC	.4413121	.1896045	2.33	0.020	.0696942	.81293
INFO_MED	.8522621	.5207872	1.64	0.102	-.1684621	1.872986
INFOVAC_H	1.110269	.5220312	2.13	0.033	.0871071	2.133432
INFO_WEB	-.6008105	.4704119	-1.28	0.202	-1.522801	.3211798
_cons	-4.223902	1.26499	-3.34	0.001	-6.703236	-1.744567

Tableau 2-3 Effets marginaux sur l'intention de vaccination à l'étape s1 (n=156)

variable	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% C.I.]	

HEALTH	.0021215	.00144	1.47	0.141	-.000707	.00495
MASCULIN*	.1139945	.04855	2.35	0.019	.018834	.209155
PAST_VACC*	.2171725	.08805	2.47	0.014	.044603	.389742
ATTIT_VACC	.0392212	.01524	2.57	0.010	.009354	.069088
INFO_MED*	.080505	.04811	1.67	0.094	-.013796	.174806
INFOVAC_H*	.1296218	.07678	1.69	0.091	-.020874	.280117
INFO_WEB*	-.0561128	.04813	-1.17	0.244	-.15045	.038225

(*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1						

Nous avons ensuite étudié la façon dont les préférences en faveur (et contre) la vaccination évoluent en fonction des apports successifs d'information (voir Figure 2-2). Les résultats indiquent que l'information la plus pertinente pour motiver une décision réduisant la probabilité de décès est celle de nature scientifique. En effet, c'est à la suite de l'apport d'information par les experts (s5) que les intentions de vaccination évoluent de façon significativement différente de celles des étapes précédentes. Ces résultats ont fait l'objet d'une publication dans *Social Science and Medicine* (Voir Annexe 2).

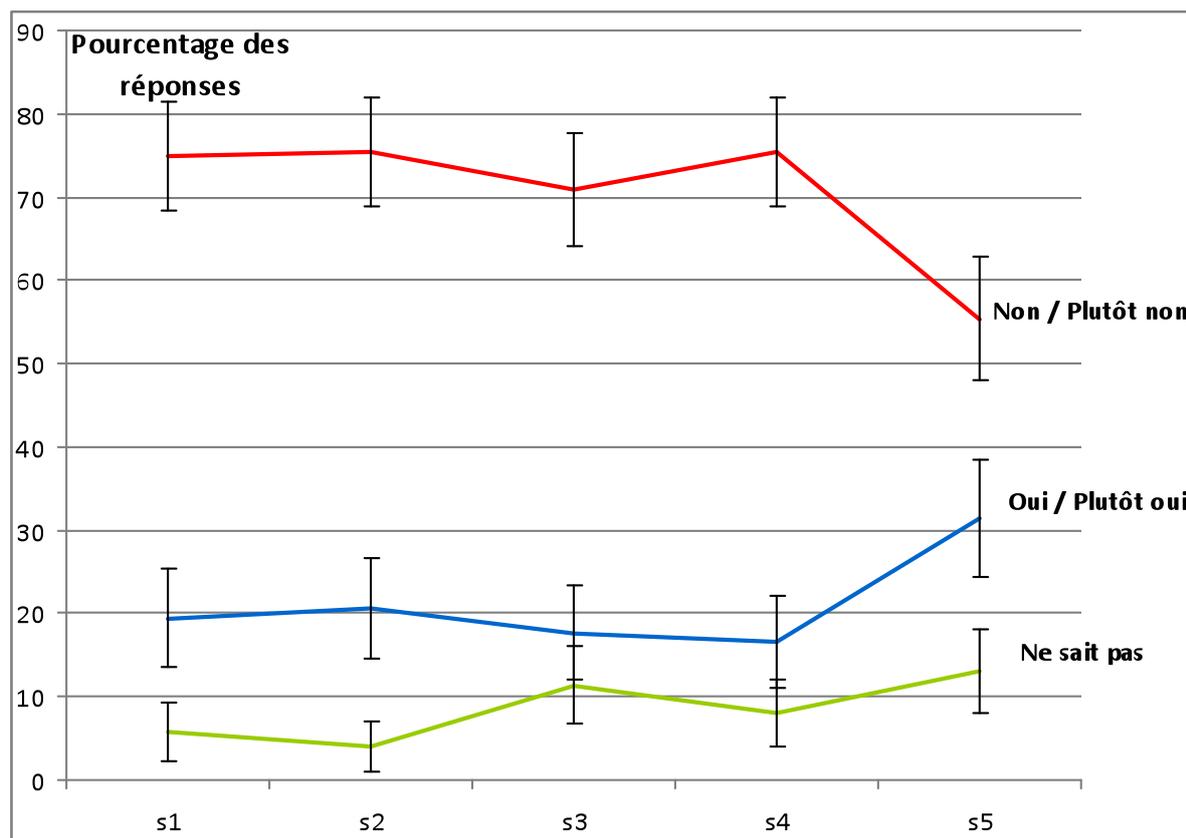


Figure 2-2 : Proportion de réponses en faveur de la vaccination, en fonction des apports d'informations (n=175)

Nous avons également exploré les déterminants de la volonté de réduire le risque après l'apport d'information scientifique (évolution entre s4 et s5). Nous avons pour cela estimé un modèle logit ordonné (voir sa description dans la partie 4, section 3), en regroupant les changements d'opinion en trois classes : « évolue vers moins favorable à la vaccination » (codage « -1 »), « n'évolue pas » (codage « 0 »), et « évolue vers plus favorable à la vaccination » (codage « 1 »). Nous présentons les résultats du modèle dans le tableau 2-4, dans lequel n'ont été conservées que les variables dont la significativité était inférieure à 0.2.

Le pourcentage de prédictions correctes est 65,50%, et le pseudo R^2 de 0,1381, ce qui est correct. Le test de nullité jointe de variables (sauf les seuils (cut-offs)) est rejeté très fortement, avec une p-value inférieure à 0,0001. Les deux valeurs estimées des cut-offs sont significativement différentes si l'on compare leurs intervalles de confiance.

Tableau 2-4 Modèle ordonné sur la probabilité d'évolution des intentions de vaccination

Ordered logistic regression		Number of obs = 171				
		Wald chi2(5) = 34.30				
		Prob > chi2 = 0.0000				
Log pseudolikelihood = -120.10002		Pseudo R2 = 0.1381				

		Robust				
EVOLs5-s4		Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]

MASCULIN		-1.250448	.3424422	-3.65	0.000	-1.921622 - .5792734
SCIENCE_NSP		1.820101	.7058955	2.58	0.010	.4365713 3.203631
SCIENCE_POS		.6544332	.3964566	1.65	0.099	-.1226075 1.431474
PROBSUB_LOW		-1.196264	.3455786	-3.46	0.001	-1.873586 -.5189422
CONTACT		.8443205	.3428282	2.46	0.014	.1723896 1.516251

/cut1		-2.572349	.5379542			-3.62672 -1.517978
/cut2		1.705525	.4823575			.7601219 2.650929

Tableau 2-5 Effets marginaux sur la probabilité d'évolution des intentions de vaccination (n=171)

		Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]

-1						
MASCULIN*		.0319481	.0141962	2.25	0.024	.0041241 .0597721
SCIENCE_NSP*		-.0225648	.010028	-2.25	0.024	-.0422193 -.0029104
SCIENCE_POS*		-.0184696	.0136516	-1.35	0.176	-.0452263 .0082871
PROBSUB_LOW*		.0310368	.0145433	2.13	0.033	.0025324 .0595412
CONTACT*		-.0225933	.0124209	-1.82	0.069	-.0469378 .0017511

0						
MASCULIN*		.2468628	.0685813	3.60	0.000	.112446 .3812797
SCIENCE_NSP*		-.3994536	.13009	-3.07	0.002	-.6544253 -.1444819
SCIENCE_POS*		-.1231721	.0699227	-1.76	0.078	-.2602181 .0138739
PROBSUB_LOW*		.2346738	.0677854	3.46	0.001	.1018169 .3675307
CONTACT*		-.1635798	.0650541	-2.51	0.012	-.2910835 -.036076

1						
MASCULIN*		-.2788109	.0732204	-3.81	0.000	-.4223202 -.1353016
SCIENCE_NSP*		.4220185	.1325927	3.18	0.001	.1621416 .6818954
SCIENCE_POS*		.1416417	.0808021	1.75	0.080	-.0167275 .3000109
PROBSUB_LOW*		-.2657106	.0735738	-3.61	0.000	-.4099127 -.1215085
CONTACT*		.1861731	.0725647	2.57	0.010	.0439489 .3283973

(*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1						

Si l'on s'intéresse aux variables expliquant les probabilités d'évolution, nous trouvons une plus grande tendance à évoluer favorablement vers la vaccination chez ceux qui n'avaient pas d'opinion sur l'utilité des informations données (SCIENCE_NSP), chez ceux qui avaient

une opinion favorable sur l'utilité des infos données (SCIENCE_POS), chez ceux qui ont été en contact avec une personne ayant H1N1 (CONTACT). A l'inverse, les hommes (MASCULIN), et ceux qui estiment que la probabilité de contracter la grippe H1N1 est faible (PROBSUB_LOW) ont une plus grande tendance à évoluer vers la non vaccination, après avoir assisté à la table ronde.

Les effets marginaux (c'est à dire, de l'impact d'une modification des variables explicatives sur les probabilités d'évolution) doivent être calculés, puisque le modèle ordonné est non-linéaire, et nous le faisons dans le tableau 2-5 en la moyenne des variables explicatives.

Ainsi (pour ne commenter que l'effet sur la probabilité d'être plus favorable à la vaccination, codage « 1 »), être de sexe masculin le diminue de 27,9%, être indécis quant à l'utilité des informations données pendant l'enquête l'augmente de 42,2%, avoir une opinion favorable sur l'utilité des informations données l'augmente de 14%, avoir été en contact avec une personne ayant la grippe H1N1 l'augmente de 18,6% et estimer que la probabilité de contracter la grippe H1N1 est faible la diminue de 26,6%.

Nous avons finalement étudié l'influence du niveau de connaissance épidémiologique du risque associé à la grippe A (probabilités subjectives de contamination et de décès en cas de contamination) sur la volonté de réduire le risque (par la vaccination). Nous avons distingué deux groupes pour chacune de ces deux probabilités : les individus sous-estimant les probabilités et les individus en ayant une estimation correcte ou les sur-évaluant.

Les tests de proportion sont calculés afin de déterminer si le niveau de connaissance épidémiologique joue sur les choix de vaccination et sur les évolutions d'intention. Nous ne trouvons pas de résultats significatifs exceptés pour le cas d'une évolution positive des intentions de vaccination à l'issue de la table ronde (entre les réponses données après s4 et après s5), dans le cas des probabilités de contamination (p -value=0,0089). Ainsi, l'impact de la table ronde et de l'apport de données épidémiologiques est donc plus fort chez les individus sous-évaluant le risque de contamination de la grippe A que chez ceux l'évaluant correctement ou la sur-évaluant.

2122 Préférences entre deux risques de même nature mais de caractéristiques différentes

La littérature a depuis longtemps montré combien les préférences des individus en matière de décision en incertitude, étaient sensibles aux caractéristiques des risques sous-jacents (voir par exemple Slovic, 1987; Fischhoff, 1989). Nous explorons donc cette voie en considérant d'abord deux risques de même nature, mais de caractéristiques différentes, puis deux risques de nature différente.

Les préférences parmi des risques de même probabilité de décès individuel (1/10.000) mais de caractéristiques différentes sont étudiées sur une population de 1 million d'habitants. La première question concerne une grippe de type de la grippe A (H1N1) : la population atteinte est importante, environ 100.000 personnes touchées (soit 10%), mais c'est une grippe relativement bénigne environ 1 décès sur 1.000 cas, donc environ 100 décès au total, soit une probabilité de décès de 1 sur 10.000 habitants (soit 0,01%). La probabilité d'occurrence est donc élevée, mais la conséquence faible.

Dans la seconde question, il s'agit d'une grippe du type de la grippe aviaire : la population atteinte est faible, environ 1.000 personnes touchées (soit 0,1%), mais c'est une grippe très dangereuse avec 1 décès sur 10 cas, donc environ 100 décès au total, soit une probabilité de décès de 1 sur 10.000 habitants (soit 0,01%). La probabilité d'occurrence est donc faible, mais la conséquence élevée.

Il apparaît que les émotions attachées à la nature du risque peuvent constituer un élément significatif dans la volonté de le réduire, comme le montre la figure 2-3). En effet, alors que la probabilité de décès est la même pour les deux risques, les individus préfèrent significativement réduire le risque dont la probabilité d'occurrence est faible et aux conséquences élevées à celui dont la probabilité d'occurrence est élevée mais les conséquences faibles. Le test d'égalité de proportion apparié entre les deux volontés de réduire de risque est rejeté (p -value < 0,0001). Ceci conduit à penser que l'impact psychologique du risque, donc les émotions qu'il est susceptible de générer et/ou l'expérience passée de l'individu avec ce risque, sont des facteurs susceptibles d'expliquer les préférences pour s'en prémunir.

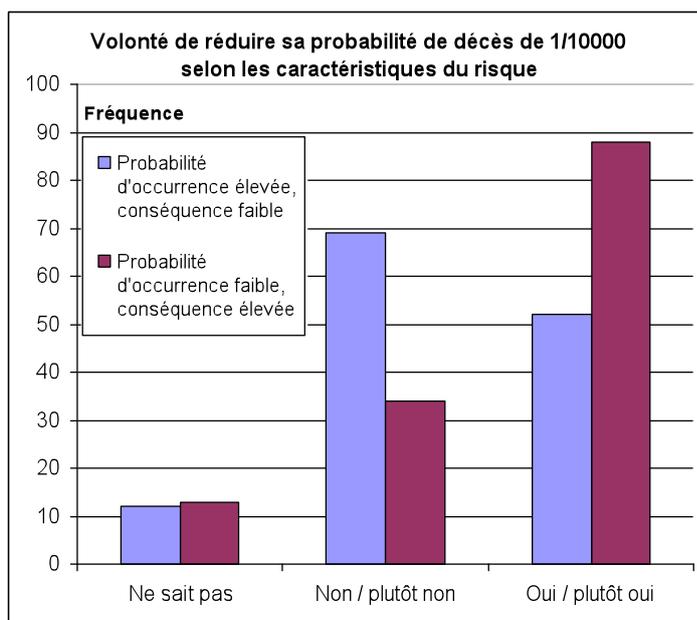


Figure 2-3 Volonté de réduire le risque selon les caractéristiques du risque

Nous avons également étudié l'influence du niveau de connaissance épidémiologique du risque associé à la grippe A (probabilités subjectives de contamination et de décès en cas de contamination) sur la volonté de réduire le risque (par la vaccination). Nous avons distingué deux groupes pour chacune de ces deux probabilités : les individus sous-estimant les probabilités et les individus en ayant une estimation correcte ou les sur-évaluant.

Les tests de proportion sont calculés afin de déterminer si le niveau de connaissance épidémiologique joue sur les choix de vaccination et sur les évolutions d'intention.

Nous ne trouvons pas de résultats significatifs exceptés pour le cas d'une évolution positive des intentions de vaccination à l'issue de la table ronde (entre les réponses données après s4

et après s5), dans le cas des probabilités de contamination (p-value=0.0089). Ainsi, l'impact de la table ronde et de l'apport de données épidémiologiques est donc plus fort chez les individus sous-évaluant le risque de contamination de la grippe A que chez ceux l'évaluant correctement ou la sur-évaluant.

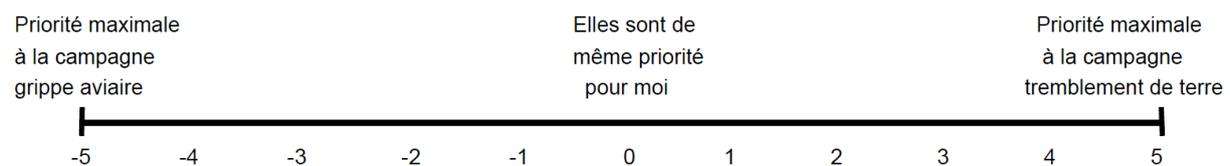
2123 Déterminants de l'intensité des préférences entre deux risques de nature différente

Enfin, nous introduisons spécifiquement un risque de catastrophe naturelle. Ainsi, l'intensité des préférences des participants pour réduire leur vulnérabilité face à un risque catastrophique (décès) de 0,01% associé soit à une catastrophe sanitaire, soit à une catastrophe naturelle (tremblement de terre), a été étudiée. Le texte ci-dessus était proposé aux individus :

« Les maladies ne sont pas les seuls facteurs causant des décès. Ainsi, le 11 juillet 1909 par exemple, un tremblement de terre avait fait 46 morts en Provence. Les scientifiques ont calculé qu'un tremblement de terre similaire ferait beaucoup plus de décès en 2009, mais qu'une large campagne de prévention et d'investissement dans des systèmes d'alerte dont le coût serait similaire à celui des campagnes d'information et de vaccination contre la grippe, aurait les effets suivants, par million d'habitants.

En 2009, pour un tremblement de terre similaire, la population atteinte serait faible, environ 1 000 personnes touchées (soit 0,1%), mais il provoquerait 1 mort sur 10 cas, donc environ 100 décès au total, soit une probabilité de décès de 1 sur 10 000 habitants (soit 0,01%). La campagne permettrait d'éviter ces décès.

La grippe de type aviaire avait les mêmes caractéristiques et le coût de la campagne était le même. Parmi ces 2 campagnes, quelle est celle selon vous qui devrait avoir priorité sur l'autre ? Sur une échelle de 0 à +5, où **0 correspond à « Les deux sont de même priorité pour moi »** et **5 « Je mets la priorité maximum »**, entourez le chiffre qui correspond le mieux à votre préférence entre ces 2 campagnes : »



Cette intensité est mesurée sur un échelle sur laquelle 0 indique l'indifférence, -5 une préférence maximale pour une campagne de prévention de la grippe aviaire et 5 une préférence maximale pour une campagne de prévention contre les tremblements de terre.

Nous regroupons l'intensité de préférences en 5 classes :

- q15=1 pour une priorité de -5 ou -4 (préférence marquée pour la campagne de grippe aviaire);
- q15=2 pour une priorité de -3 ou -2 (préférence pour la campagne de grippe aviaire);
- q15=3 pour une priorité de -1, 0 ou 1 (relative indifférence entre les deux campagnes de prévention);
- q15=4 pour une priorité de 2 ou 3 (préférence pour la campagne tremblement de terre);
- q15=5 pour une priorité de 4 ou 5 (préférence marquée pour la campagne tremblement de terre)

terre);

Nous estimons un modèle logit ordonné à 5 modalités sur la base de ce recodage, et obtenons un modèle assez satisfaisant dont le pseudo R^2 est de 0,1317. Le test du ratio de vraisemblance de nullité jointe des coefficients sauf les cut-offs est rejeté (p -value=0,0013). La proportion de prédictions correctes effectuées par le modèle est de 75,4%.

Le tableau 2-6, qui reprend les coefficients estimés, montre qu'aucune relation significative n'a été trouvée entre les préférences pour les programmes de prévention, et certaines variables comme le sexe, la situation matrimoniale, les autoévaluations des participants concernant leur prudence dans 7 domaines de la vie quotidienne, leur exposition à 5 types de risques ou leur comportement dans les jeux de hasard ou de pronostic (ces variables seront utilisées dans les enquêtes et les expériences présentées dans la suite de ce rapport, voir la partie 3). Les variables qui permettent d'expliquer cette intensité de choix sont le fait d'avoir un revenu individuel supérieur à 2.500 euros par an (rev_ind_plus2500), l'âge (à travers la variable retraite), les connaissances en matière de santé et de vaccination (vac_tb, vac_m, sante_m_tm) et le fait d'exercer un métier en relation avec la santé (prof_sante).

Tableau 2-6 Modèle ordonné estimant les préférences entre les deux campagnes (n=142)

Analyse des estimations de la vraisemblance maximum						
Paramètre	DF	Estimation	Erreur std	Khi 2 de Wald	Pr > Khi 2	
Intercept	1	1	-0.9275	0.6422	2.0858	0.0017
Intercept	2	1	-0.0822	0.6379	0.0166	0.0074
Intercept	3	1	3.0336	0.6713	20.4194	<.0001
Intercept	4	1	4.6439	0.7600	37.3375	<.0001
sante_m_tm	0	1	-0.5290	0.2411	4.8150	0.0282
vac_tb	0	1	-1.2235	0.6006	4.1502	0.0416
vac_m	0	1	0.5935	0.2197	7.3016	0.0069
rev_ind_plus2500	0	1	-0.4369	0.1857	5.5351	0.0186
retraite	0	1	-0.8096	0.3508	5.3252	0.0210
prof_sante	0	1	0.7102	0.4039	3.0921	0.0787

Source : Charni et Ilardi (2012), p. 7.

Le tableau 2-7 représente les effets marginaux d'une variation d'une unité des variables explicatives sur les probabilités de se trouver dans chacune des cinq classes de préférences. Ainsi, le fait d'être retraité augmente la probabilité de préférer la campagne de prévention axée sur la grippe aviaire plutôt que celle axée sur les tremblements de terre, de même que déclarer avoir une mauvaise ou une très mauvaise connaissance des questions sanitaires (sante_m_tm), déclarer avoir une très bonne connaissance en matière de vaccination (vac_tb) et avoir un revenu supérieur à 2.500 euros par mois. A l'inverse, le fait d'être un professionnel de santé augmente la probabilité de préférer la campagne en faveur des tremblements de terre et diminue celle de préférer la campagne en faveur de la grippe aviaire, de même que déclarer avoir une mauvaise connaissance en matière de vaccination (vac_m).

Tableau 2-7 Effets marginaux sur les probabilités de préférences pour les campagnes (n=142)

Marginal effect of retraite on the probability of q15=1	142	0.1659522
Marginal effect of retraite on the probability of q15=2	142	0.0935265
Marginal effect of retraite on the probability of q15=3	142	-0.0447678
Marginal effect of retraite on the probability of q15=4	142	-0.1456041
Marginal effect of retraite on the probability of q15=5	142	-0.0691068
Marginal effect of prof_sante on the probability of q15=1	142	-0.1285714
Marginal effect of prof_sante on the probability of q15=2	142	-0.0724596
Marginal effect of prof_sante on the probability of q15=3	142	0.0346839
Marginal effect of prof_sante on the probability of q15=4	142	0.1128068
Marginal effect of prof_sante on the probability of q15=5	142	0.0535404
Marginal effect of sante_m_tm on the probability of q15=1	142	0.1135218
Marginal effect of sante_m_tm on the probability of q15=2	142	0.0639780
Marginal effect of sante_m_tm on the probability of q15=3	142	-0.0306240
Marginal effect of sante_m_tm on the probability of q15=4	142	-0.0996024
Marginal effect of sante_m_tm on the probability of q15=5	142	-0.0472734
Marginal effect of rev_ind_plus2500 on the probability of q15=1	142	0.1038566
Marginal effect of rev_ind_plus2500 on the probability of q15=2	142	0.0585309
Marginal effect of rev_ind_plus2500 on the probability of q15=3	142	-0.0280167
Marginal effect of rev_ind_plus2500 on the probability of q15=4	142	-0.0911223
Marginal effect of rev_ind_plus2500 on the probability of q15=5	142	-0.0432485

Source : Charni et Ilardi (2012), p. 9.

213 Conclusion

Ces pré-tests nous ont montré que les caractéristiques du risque évalué, la nature de l'information proposée aux répondants sur le risque à évaluer, les croyances concernant ce risque ou les probabilités de sa réalisation sont autant d'éléments qui influencent la disponibilité des répondants à tenter de s'y soustraire.

D'un point de vue opérationnel, si la pré enquête simultanée confirme l'avantage important du format d'enquête (la simultanéité permet une réaction instantanée à l'information diffusée ou créée de façon collective), elle trouve ses limites lorsqu'il s'agit de présenter de faibles probabilités d'occurrence ou des questionnaires nécessitant une adaptation conditionnée par les réponses de l'enquêté à des phases précédentes. Nous avons donc décidé de modifier le mode de passation initialement prévu de façon simultanée, en utilisant des questionnaires en face à face.

22 Les enquêtes menées

Une enquête sur la population générale ainsi que sur des populations particulières (habitants en zone inondable, personnes ayant des comportements à risque (sport, santé, vie quotidienne...) était prévue. Deux événements survenus après le début de la recherche, nous ont permis de cibler ces populations, ainsi que le type de risque naturel.

Habitants en zone inondable

Une catastrophe naturelle dramatique survenue 18 mois après le début de la recherche et dans la zone étudiée (inondations dans le département du Var ayant provoqué le décès de 25 personnes le 15 juin 2010) nous conduit à approfondir le volet de l'enquête sur la population exposée aux risques naturels de type inondation, au moyen d'entretiens en face-

à-face.

Prévue dès le départ, et renforcée par l'analyse bibliographique des émotions générées par une catastrophe de laquelle ressort en particulier l'impossibilité de se projeter dans les émotions ressenties sans les avoir vécues, nous avons organisé l'enquête pour pouvoir mener une étude comparative du rôle des émotions anticipées / ressenties / remémorées sur quatre groupes :

- une population non exposée (population générale en zone non inondable),
- une population exposée n'ayant pas vécu d'inondation (population générale en zone inondable),
- une population exposée ayant vécu les émotions générées par une inondation il y a longtemps,
- une population exposée ayant vécu les émotions générées par une inondation très récemment.

Soldats exposés lors de missions

Au mois de septembre 2010, nous avons eu l'opportunité de prendre une part active à la construction d'une enquête chez des soldats danois volontaires pour partir en mission pour 6 mois en Afghanistan et au Liban. Outre le fait que ce type de population est sans doute très spécifique dans son rapport au risque, un élément crucial de cette enquête était la possibilité de les interroger avant le départ en mission, et après leur retour. Le fait de pouvoir les interroger sur leur attitude à l'égard du risque, leur état psychologique, et les émotions ressenties pendant leur mission va permettre une comparaison avant / après auprès d'environ 500 soldats danois qui vont être exposés de façon volontaire, à un risque de décès connu en espérance sur la durée de la mission. Ce profil de population est très rare dans une expérience.

En effet, les soldats vont être interrogés à deux reprises dans un délai de six mois, avant la réalisation du risque (décéder ou être blessé) et après. Ceci est impossible pour les risques naturels par nature imprévisibles, et il nous semble que cette enquête peut conduire à une analyse comparative très précieuse, en particulier en opposant un risque naturel subi de très faible probabilité et un risque humain choisi, de probabilité plus élevée, et d'autre part d'étudier comment le fait de vivre réellement un événement anticipé affecte les décisions chez une même population (et donc d'apporter des éléments de réponses aptes à éclairer le domaine des risques naturels). Nous avons donc conçu les deux questionnaires (inondation et soldat) de façon conjointe, moyennant les adaptations nécessaires, chez les soldats et les habitants des zones inondables.

23 Les hypothèses testées : un modèle général

Dans les enquêtes, nous avons choisi d'explorer les différents canaux par lesquelles les émotions, prises dans une acception volontairement large, sont impliquées dans la prise de décision face à des risques catastrophiques. A partir de la revue de la littérature de la première partie, nous nous focalisons sur les dernières relations du processus de décision

représenté dans la figure 1-5, le chaînage évaluation cognitive / émotionnelle du risque -> dual system -> décision -> conséquences. Cela nous conduit à la Figure 2-4, dont nous détaillons les composantes en mettant en évidence les hypothèses testées.

Les trois premiers effets, de A à C, sont dérivés de l'impact des émotions sur la décision tel qu'appréhendé par Rick and Loewenstein (2008) et Caplin and Leahy (2001).

L'effet A traduit le fait qu'en prenant une décision maintenant (à l'instant t), alors que les conséquences de cette décision ne lui seront connues que dans le futur (en t+1), l'état émotionnel de l'individu est affecté par le fait qu'il imagine les émotions qu'il sera susceptible de ressentir lorsqu'un des outcomes se sera finalement réalisé. La littérature évoque ainsi le rôle de ces *Expected (or anticipated) emotions* sur l'évaluation émotionnelle du risque, et l'on peut noter cet effet de la façon suivante :

$EMT_t = f(E_t([EMT_{t+1}]))$, où EMT représente les émotions, t dénote la période temporelle, et f(.) est une forme fonctionnelle non spécifiée.

L'effet B traduit le fait que les émotions que l'on ressent au moment de la prise de décision (en t), lorsque l'on imagine l'outcome futur (connu en t+1), viennent modifier l'évaluation cognitive du risque et de ses conséquences, et a donc une influence sur l'utilité attendue, donc sur la décision, via l'évaluation cognitive et l'évaluation émotionnelle du risque. La littérature les appelle *Immediate integral (or anticipatory) emotions*, et l'on peut noter cette relation par :

$EMT_t = f(OUT_{t+1})$ où OUT représente l'outcome.

L'effet C traduit le fait que les émotions que l'on ressent immédiatement (en t), associées à des facteurs extérieurs contemporains (en t) qui ne sont pas liés à la décision, sont susceptibles de modifier la décision. Il peut s'agir de l'état émotionnel, de l'humeur, de la personnalité de l'individu au moment de la décision, de sa perception des probabilités en général (et pas seulement dans le cadre de la décision à laquelle il est confronté) qui sont susceptibles d'affecter l'évaluation émotionnelle du risque. La littérature s'y réfère comme des *Immediate incidental emotions*, et l'on peut noter cette relation comme :

$EMT_t = f(EXT_t)$, où EXT représente les effets extérieurs.

Les quatre effets suivants, D, E, F et l'effet 2, sont issus de l'analyse de la littérature et des réflexions qu'elle a fait naître chez nous, sur la possibilité de relations entre divers éléments du processus de décision.

L'effet D traduit le fait que les émotions que l'individu a ressenties dans le passé (en t-1) lorsqu'il a vécu un événement de nature similaire, affectent son évaluation actuelle (en t) du risque et de ses conséquences. La remémoration de l'événement et les éventuelles émotions ressenties dans le cas de cette remémoration, constituent un rappel de l'émotion ressentie lors de cet événement passé. Nous appelons ces émotions les *Past emotions*, et représentons cet effet comme :

$EMT_t = f(EMT_{t-1})$.

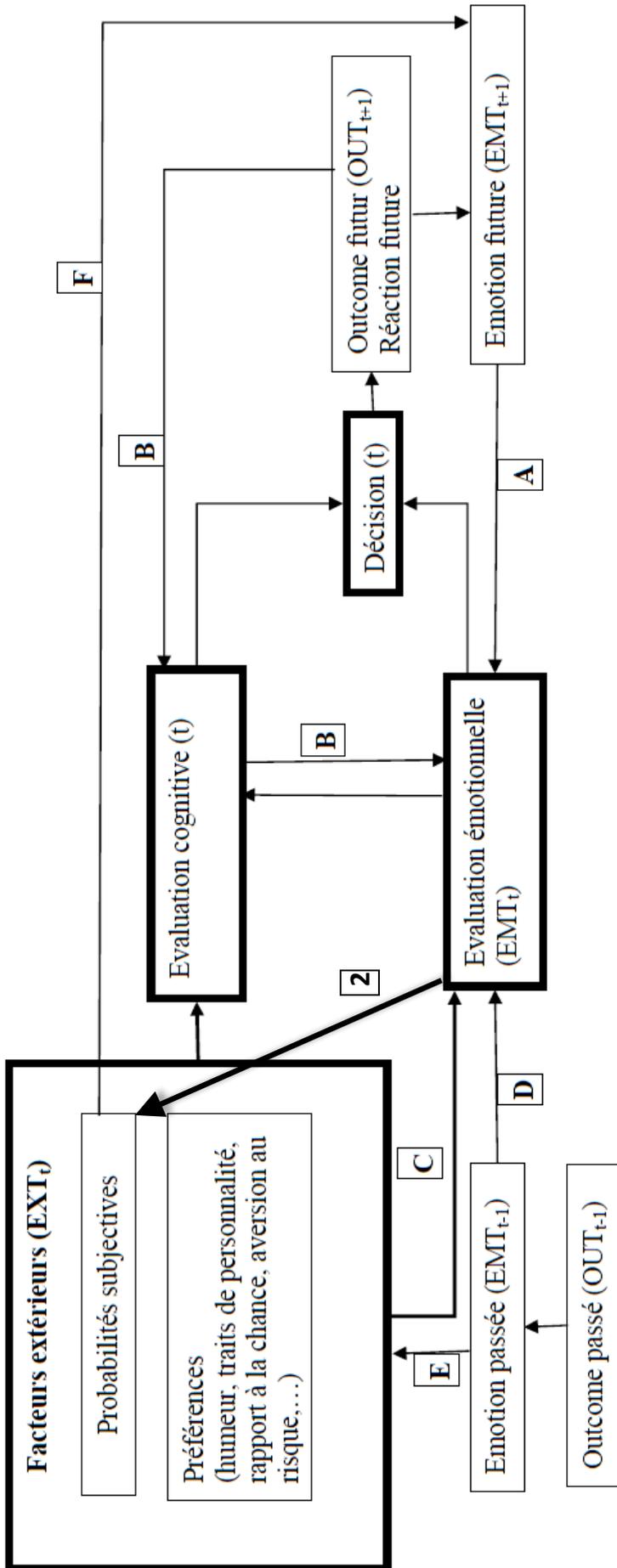


Figure 2-4 Représentation du processus de décision face au risque naturelle (source personnelle)

Etat de la littérature sur les liens entre émotions et décision (d'après Rick and Loewenstein, 2008 ; Caplin and Leahy, 2001)

- Effet A : $EMT_t = f(E_t([EMT_{t+1}]))$: Expected (or anticipated) emotions : les émotions que l'on pense ressentir une fois l'outcome futur réalisé.
- Effet B : $EMT_t = f(OUT_{t+1})$: Immediate integral (or anticipatory) emotions : les émotions que l'on ressent lorsque l'on imagine l'outcome futur.
- Effet C : $EMT_t = f(EXT_t)$: Immediate incidental emotions : les émotions que l'on ressent associées à des facteurs qui ne sont pas liées à la décision.

Nos hypothèses sur les liens entre émotions et décision

- Effet D : $EMT_t = f(EMT_{t-1})$: Past emotions : les émotions que l'on a ressenties dans le passé lorsqu'on a vécu un événement similaire.
- Effet E : $EXT_t = f(EMT_{t-1})$: Résilience : les émotions passées ont un impact sur les facteurs ne dépendant pas de la décision.
- Effet F : $EMT_{t+1} = f(ProbSubj_t)$: Les probabilités subjectives affectent les émotions futures ressenties.
- Effet 2 : $ProbSubj_t = f(E_t([EMT_{t+1}]))$: Les émotions jouent un rôle direct sur le niveau des probabilités subjectives.

L'effet E traduit le fait que les émotions ressenties dans le passé (en $t-1$) ont un impact sur les facteurs extérieurs actuels (en t) ne dépendant pas de la décision : sur la personnalité, les préférences ou la perception subjective de la probabilité d'occurrence de l'événement. Nous appelons cette relation *Resilience*, dans son sens physique originel, c'est à dire la capacité d'un matériau (ici, l'individu) soumis à un impact (ici, l'événement catastrophique), de retrouver son état initial (ici, le comportement d'individus n'ayant pas subi cet événement). La question sous-jacente est la suivante : est-ce qu'un choc émotionnel passé important est susceptible de modifier les préférences sur des choix risqués ou des traits de personnalité présents ? Nous pouvons le représenter de la façon suivante :

$$EXT_t = f(EMT_{t-1}).$$

L'effet F traduit le fait que l'évaluation des probabilités subjectives au moment de la décision (en t) est susceptible d'affecter les émotions ressenties une fois l'outcome réalisé (en $t+1$). Autrement dit, un individu qui sous-estime (ou sur-estime) la probabilité de subir un événement vivra-t-il plus mal (ou mieux) cet événement ? Aura-t-il des effets post traumatiques plus (ou moins) importants ? Cet effet ne pourra être testé que sur l'enquête auprès des soldats, du fait que les mêmes individus seront enquêtés avant et après la mission. Il peut se représenter de la façon suivante :

$$EMT_{t+1} = f(\text{ProbSubj}_t), \text{ où ProbSubj représente l'évaluation de la probabilité subjective.}$$

Enfin, **l'effet 2** traduit le fait que l'état émotionnel anticipé au moment de la décision (en t) est susceptible d'affecter l'évaluation des probabilités subjectives (en t) d'occurrence de l'événement. Autrement dit observe-t-on une sous-estimation (ou sur-estimation) des probabilités subjectives d'occurrence chez un individu selon son évaluation des émotions anticipées ? Cet effet 2 fait partie des quatre effets explorés dans les expériences de laboratoire (voir section 33), et peut se traduire de la façon suivante :

$$\text{ProbSubj}_t = f(E_t([EMT_{t+1}]))$$

3 Expériences de laboratoire

Outre les enquêtes en population générale considérant le risque catastrophique inondation, et l'enquête spécifique sur les soldats, des expériences de laboratoire ont été réalisées. Nous présentons ci-dessous les expériences menées (section 31), la théorie utilisée (section 32) et les hypothèses testées (section 33)

31 Expériences menées

En 2011 et 2012, nous avons mené une série d'expérience au Laboratoire d'Economie Expérimentale de l'université Paris 1 (LEEP). Toutes ces expériences reposent sur une tâche de perception simple bien connue en psychophysique. Nous avons retenu cette tâche parce qu'elle permet un contrôle de la difficulté et donc de la réussite et parce que d'autre part, grâce à la théorie psychophysique de la Détection du Signal on dispose de modèles des processus cognitifs qui permettent des prédictions sur la formation des probabilités subjectives.

Ce dispositif expérimental nous permet d'étudier comment des éléments de contexte dont on sait qu'ils déclenchent des effets émotionnels, viennent perturber l'évaluation et la prise de décision en situation risquée.

Une première expérience (Expérience Assurance) a consisté à étudier des décisions d'assurance.

Dans une seconde expérience pilote (Expérience Pilote), nous avons utilisé un protocole complexe mêlant plusieurs aspects contextuels. Pour exploiter plus précisément certains résultats obtenus, nous avons conçu une troisième expérience (Expérience Risque Catastrophique) se focalisant sur des effets de contexte moins nombreux.

Dans toutes ces expériences, les sujets devaient effectuer des choix d'assurance pour se couvrir contre le risque d'un échec à des « bingos ». Un « bingo » correspond à une série de 5 réalisations de la tâche perceptive dans les expériences Assurance et Risque Catastrophique. Pour le réussir un objectif variable de 2, 3 ou 4 essais réussis sur 5 est fixé. Il est aussi demandé aux sujets leurs probabilités subjectives de réussir chaque « bingo ». Ces deux protocoles seront présentés plus en détail dans la partie 3.

Les sujets qui ont participé aux expériences sont des personnes inscrites volontairement dans la base du LEEP, en grande majorité des étudiants. Comme la tâche perceptive est répétée un grand nombre de fois et nécessite de bonnes capacités visuelles, nous n'avons convoqué que des sujets jeunes, si bien que l'âge moyen est de 23 ans.

32 Présentation de la tâche perceptive et Théorie de la Détection du Signal

Tâche perceptive et confiance :

Les expériences reposent sur une tâche de perception simple. Le stimulus perceptif (voir figure 2-5) consiste en 2 cercles contenant des points répartis aléatoirement, un des cercles contenant plus de points que l'autre (un contient toujours 50 points et l'autre $50 + xc$ points). Le stimulus est présenté moins d'une seconde et les sujets doivent indiquer quel cercle contient le plus de points.

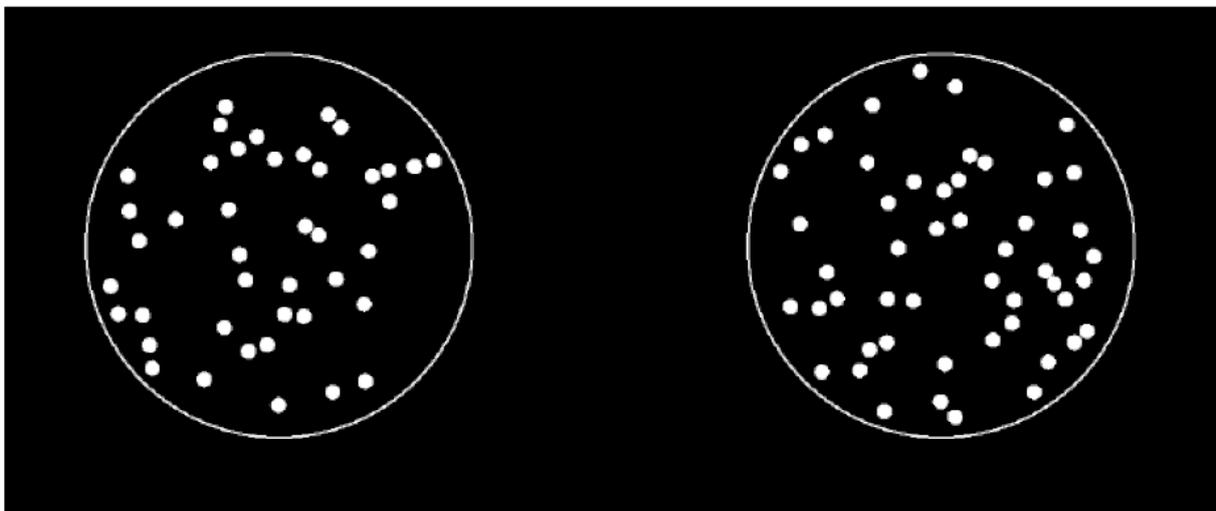


Figure 2-5 Représentation du stimulus perceptif

Une fois donnée leur réponse, les sujets doivent indiquer la confiance qu'ils ont dans cette réponse en choisissant l'une des 6 valeurs possibles (de 50% à 100 %) en utilisant la touche du clavier appropriée.

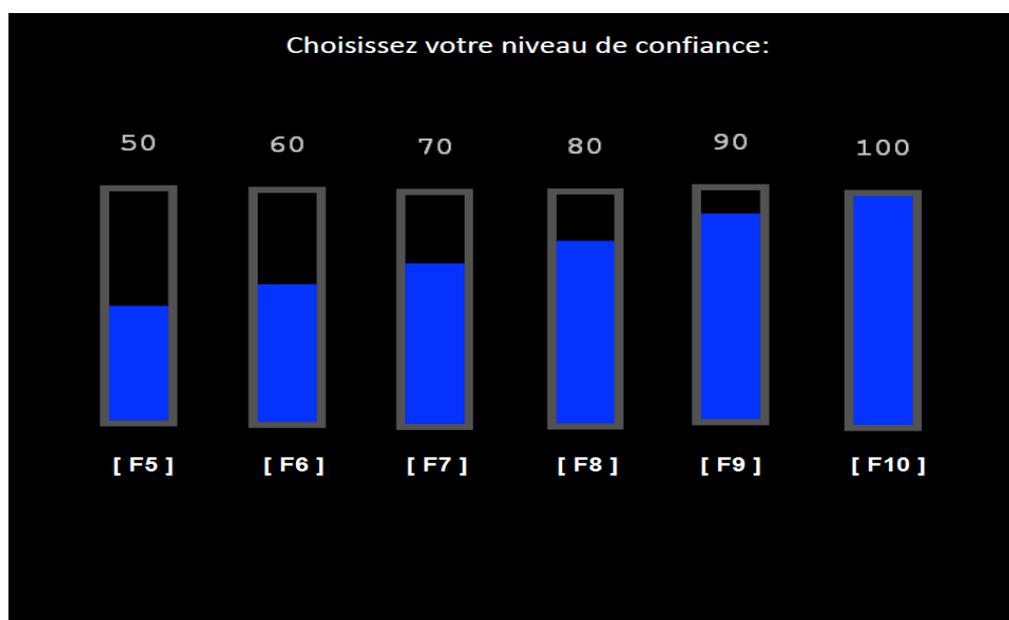


Figure 2-6 Représentation de la jauge indiquant le niveau de confiance

La réponse à la tâche couplée à la confiance permet au sujet d'accumuler des « points confiances » selon le mécanisme incitatif (appelé « Matching probabilities ») suivant qui leur est expliqué au cours des instructions orales.

- Donner sa confiance consiste à dire quel est le pourcentage de chance p minimal que le sujet exige pour accepter d'échanger le ticket de loterie basé sur sa réponse (ce ticket rapporte 1 pt confiance si la réponse est correcte et fait perdre 1 pt confiance si la réponse est fautive) contre un ticket de loterie donnant un gain ou une perte identique mais selon un pourcentage de chance exogène.
- L'ordinateur génère ensuite aléatoirement parmi des valeurs comprises entre 40 et 100 le pourcentage de chance l_1 d'un ticket de loterie qu'il propose ensuite pour un échange : si le sujet a exprimé une confiance p supérieure au pourcentage l_1 proposé, l'échange ne se fait pas et le gain de point confiance dépend de la véracité de la réponse donnée; si par contre p est plus petit que l_1 , l'échange a lieu et le gain de point confiance dépend du ticket de loterie qui donne un pourcentage l_1 de gagner.
- Pour déterminer si un ticket de loterie est gagnant ou perdant, l'ordinateur génère un second nombre l_2 aléatoirement entre 0 et 100, les nombres supérieurs à l_1 sont perdants et ceux inférieurs sont gagnants.

La figure 2-7, qui présente une synthèse graphique du mécanisme, est reprise de l'article « [Elicitation of Subjective Probabilities in the Light of Signal Detection Theory](#) » écrit par Gajdos, Massoni et Vergnaud (2012), qui a bénéficié du soutien de l'ANR Riskemotion (voir Annexe 3).

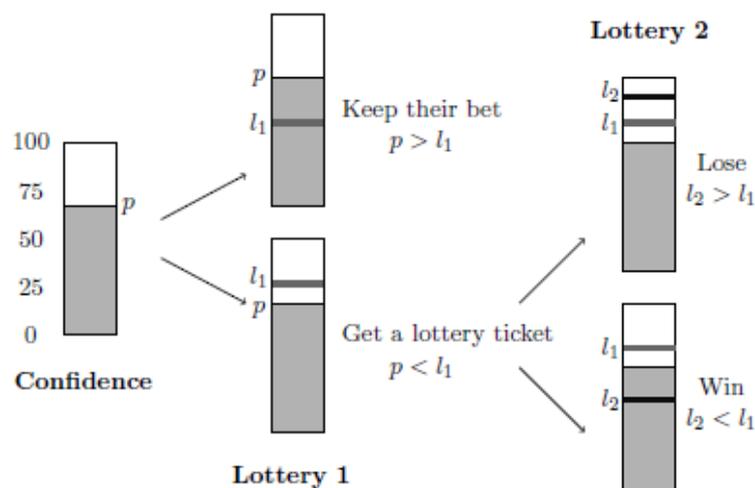


Figure 8: Matching Probabilities

Figure 2-7 Synthèse graphique du mécanisme « Matching probabilities ».

Pour comprendre ce mécanisme, les sujets bénéficient de nombreux essais d'entraînement qui leur permettent de le voir se dérouler en pratique. Des écrans semblables à celui reproduit dans la figure 2-8 les informent du résultat final. On insiste au cours des instructions orales, et les sujets peuvent ensuite s'en rendre compte avec l'entraînement, sur le fait que ce mécanisme peut leur donner des chances supplémentaires de gagner des points confiance en modulant leur confiance de manière fine.



Figure 2-8 Exemple d'écran informant les sujets du résultat du mécanisme « Matching Probabilities »

Détection du signal et métacognition

Même si, dans cette tâche de numérosité, un comptage explicite est impossible, le système perceptif grâce à des neurones spécialisés dans la détection de nombre est en mesure d'effectuer cette tâche de numérosité spontanément et avec efficacité. De plus le système perceptif produit une estimation de la confiance dans le choix réalisé sous forme d'une estimation probabiliste. Cette tâche est donc intéressante car elle nous permet de créer des situations de choix risqués avec des probabilités subjectives sur lesquelles nous avons un contrôle expérimental. En modifiant la difficulté de la tâche, c'est-à-dire la différence x_c de points entre les 2 cercles, on peut faire en sorte que les sujets présentent des taux de réussite similaires malgré l'hétérogénéité individuelle des capacités perceptives. De plus, des modèles issus de la théorie de la détection de signal permettent de formaliser la formation de cette confiance probabiliste et par là d'établir des prédictions sur les probabilités subjectives des sujets. Plus récemment, des études en neuroscience ont montré que ces modèles étaient fondés du point de vue des mécanismes neuronaux qui sont impliqués dans l'exécution de cette tâche.

Lorsque le sujet est soumis au stimulus des 2 cercles, son système perceptif reçoit un signal interne pour chacun des cercles. Ces signaux sont bruités: si le nombre de points est y , le signal interne est la réalisation d'un signal bruité qui suit une loi normale de moyenne $\ln(y)$. Au total, le système perceptif reçoit deux signaux y_G et y_D pour les cercles à gauche et à droite. Sur la base de la différence \tilde{y} entre le signal droit et le gauche le système perceptif doit décider si le stimulus S_{y_G, y_D} est tel que $y_G > y_D$ ou $y_G < y_D$. Si les cercles peuvent contenir respectivement 50 et 54 points, alors le signal bruité suit une loi normale de moyenne $\ln(50/54)$ quand le stimulus est $S_{54,50}$ et suit une loi normale de moyenne $\ln(54/50)$ quand le stimulus est $S_{50,54}$. Le système de perception suit un critère de décision c tel que si \tilde{y} est inférieur à ce critère, il décide de répondre gauche et si \tilde{y} est supérieur, de répondre droite. La figure 2-9 représente le processus (où $f(\cdot | S_{y_G, y_D})$ est la densité de probabilité du signal \tilde{y} en cas de stimulus) dans le cas d'un critère de décision à 0 et en supposant que les signaux bruités ont la même variance. Ce graphique est repris de Gajdos, Massoni, Vergnaud (2012) (voir également l'annexe 3 où sont par ailleurs donnés des détails supplémentaires sur les connaissances neuronales justifiant l'application de la Théorie de la Détection du Signal).

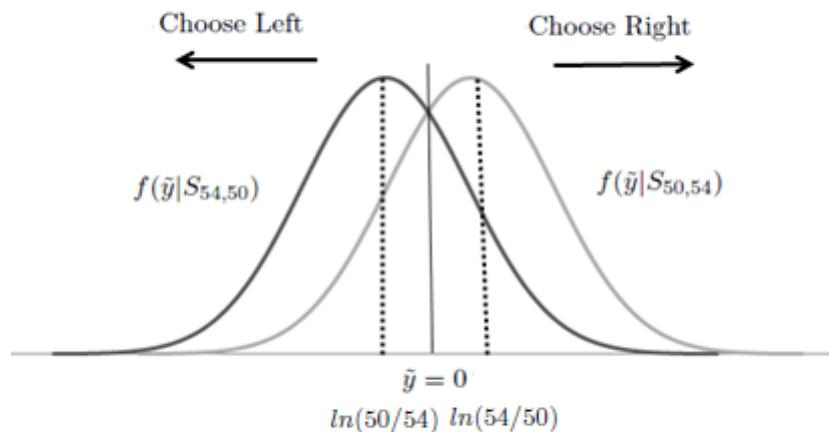


Figure 2-9 Processus avec un critère de décision=0 et des signaux bruités de même variance

Pour simplifier les notations, supposons que lorsque le stimulus est S_{y_G, y_D} avec $y_G > y_D$ que nous noterons G pour simplifier, le système perceptif reçoit un signal bruité suivant une loi normale réduite de moyenne $-d'$, et lorsque le stimulus est D (S_{y_G, y_D} avec $y_G < y_D$), le signal bruité suit une loi normale réduite de moyenne d' . Les données sur la réussite à la tâche permettent d'identifier les paramètres d' et s caractérisant la sensibilité du système perceptif et la valeur c du critère de décision. En effet, le modèle prédit qu'un taux de réussite conditionnel au stimulus G de $\Phi(c+d')$ (où Φ est la fonction cumulative d'une normale centrée réduite) et $\Phi(d'-c)$ pour le stimulus D. Par conséquent $d' = 1/2(\Phi^{-1}(\text{Taux réussite pour G}) + \Phi^{-1}(\text{Taux réussite pour D}))$ alors que $c = 1/2(\Phi^{-1}(\text{Taux réussite pour G}) - \Phi^{-1}(\text{Taux réussite pour D}))$

L'analyse peut être poussée plus loin en supposant que le système perceptif possède des seuils de confiance $c_{i,p}$ ($i=G$ ou D , $p = 60, \dots, 100$) tels que $c_{G,100} < c_{G,90} < \dots < c_{G,60} < c_{D,60} < \dots < c_{D,100}$: si le signal est compris entre $c_{G,60}$ et c , alors le sujet choisi de répondre à gauche et de donner une confiance de 50%. Plus le signal s'éloigne de c à gauche ou à droite, plus la confiance dans la réponse est élevée car il est de plus en plus vraisemblable que le choix est correct. A partir des données de confiance, il est possible d'estimer ces seuils de confiance.

Dans ce cadre formel, on peut comparer le comportement du sujet à celui d'un observateur bayésien qui chercherait à avoir un comportement optimal de maximisation de points confiance. Supposons que cet observateur a des probabilités a priori sur l'occurrence des stimuli G et D. En pratique, nous pourrions supposer que ces a priori (« priors ») sont équiprobables ou qu'ils sont égaux aux fréquences réelles des stimuli.

Considérons le cas d'équiprobabilité. Dans ce cas, le critère de décision optimal est $c = 0$ puisque pour cette valeur la probabilité conditionnelle $P(S_{54,50} | \tilde{y}) = f(\tilde{y} | 54, 50) / (f(\tilde{y} | 54, 50) + f(\tilde{y} | 50, 54))$ est égale à $1/2$: il y a autant de chance que le stimulus soit G ou D. L'observateur bayésien peut également calculer sa

confiance dans sa décision. Plaçons-nous dans le cas où le signal reçu est positif, donc à droite du critère de décision. On voit sur la figure 2-10 que la probabilité conditionnelle $P(S_{54,50}|\tilde{y})$ croît avec le signal. Cette probabilité conditionnelle n'est autre que la confiance probabiliste que l'observateur peut avoir sur le fait que sa réponse à droite soit correcte.

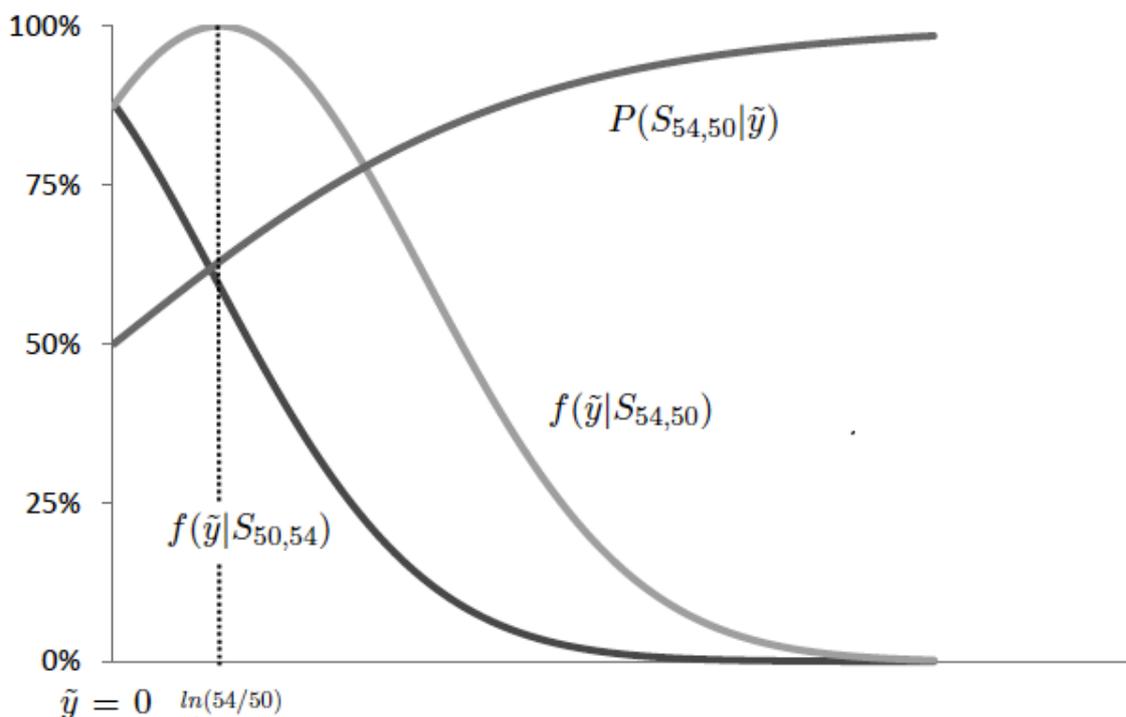


Figure 2-10 Probabilité conditionnelle en fonction du signal

Une fois estimés les paramètres de sensibilité perceptive du sujet, on peut donc, grâce à des hypothèses sur les a priori, établir la réussite attendue de l'observateur bayésien ainsi que la distribution des niveaux de confiance. On peut comparer la performance observée et celle attendue de l'observateur bayésien dans la tâche de discrimination et on peut aussi comparer leurs capacités métacognitives respectives. Comme mesure des capacités métacognitives, nous mesurons le pourcentage de points confiance gagné grâce à la confiance. Cette mesure est construite de la manière suivante : lorsque le sujet donne une confiance p , la probabilité d'un échange entre le ticket de loterie basé sur la réponse et un ticket de loterie avec un pourcentage de chance exogène est de $(1-p)/(1-0,4)$ et en cas d'échange le ticket obtenu à un pourcentage de chance de $(1+p)/2$. Le gain « métacognitif » est donc de $((1-p)/(1-0,4)) \times ((1+p)/2)$ quand la réponse est incorrecte et c'est une perte $((1-p)/(1-0,4)) \times ((1+p)/2) - 1$ quand la réponse est correcte.¹

¹ Dans la partie 6 présentant les résultats, nous utiliserons une autre mesure des capacités métacognitives appelée meta- d' en référence à la d' , qui mesure la sensibilité du système visuel de l'individu. Le meta- d' est défini de la façon suivante : étant données les capacités métacognitives observées, la valeur meta- d' correspond au niveau de sensibilité d' d'un observateur bayésien qui présenterait le même niveau de capacités métacognitives.

Le tableau 2-8 présente un exemple de données observées pour un sujet dont le comportement s'avère très proche de celui de l'observateur bayésien.

Tableau 2-8 Données d'un sujet au comportement proche de celui d'un observateur bayésien

	Valeur de d'	Critère	Taux de réussite	Confiance moyenne	Gain métacognitif
Sujet	0,47	-0,15	69%	75%	9,6%
Observateur	-	-0,36	69,4%	68,7%	9,3%

La Figure 2-11 reporte les distributions de niveau de confiance observées chez le sujet et attendues pour l'observateur bayésien. On constate que le comportement de ce sujet est proche de celui de l'observateur bayésien : il est quasi-optimal.

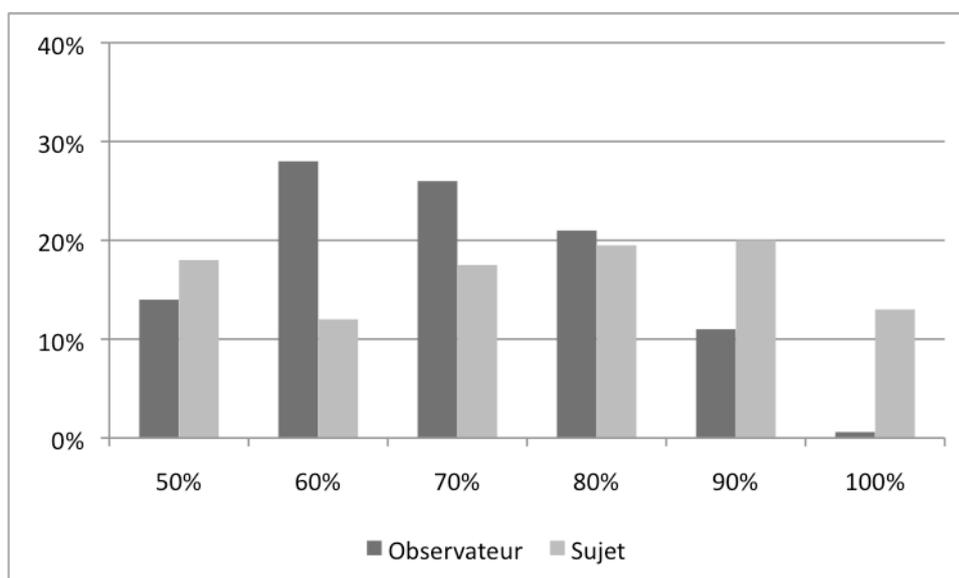


Figure 2-11 Distribution des niveaux de confiance chez le sujet et chez l'observateur bayésien

Tous les sujets n'ont pas des comportements métacognitifs qui se rapprochent des prédictions de la Théorie de la Détection du Signal, et il donc une grande hétérogénéité dans les capacités métacognitives des sujets. Les résultats en neurosciences suggèrent que cette hétérogénéité est due au fait que les zones cérébrales impliquées dans les reports de la confiance ne sont pas les zones visuelles perceptives qui traitent le signal perceptif. Par exemple, les résultats de Fleming et al. (2010) suggèrent que les qualités métacognitives sont fonction de la qualité de l'interconnexion entre les zones perceptives et les zones impliquées dans les reports de la confiance.

33 Hypothèses testées : Focus sur la prise de décision

Dans les expériences, nous avons choisi de nous concentrer sur l'effet d'une charge émotionnelle dans la prise de décision d'assurance. Dans l'expérience Risque Catastrophique, nous modulons la charge émotionnelle en jouant sur le contexte « gain/perte » et en proposant des enjeux parfois très importants avec un montant allant jusqu'à 200 € (la possibilité de gagner près de 200 € dans une expérience est assez exceptionnel pour les participants, en particulier pour des étudiants).

Dans le modèle de la figure 2-12, nous reprenons une partie du modèle général de la figure 2-4 pour nous focaliser sur l'impact des émotions au moment de la prise de décision. Dans les expériences, en parallèle aux décisions économiques que les sujets doivent prendre (choix d'assurance et probabilités subjectives de réussir les « bingos »), il y a la tâche de perception à réaliser, dont la réussite constitue le sous-jacent pour le risque auxquels les sujets font face.

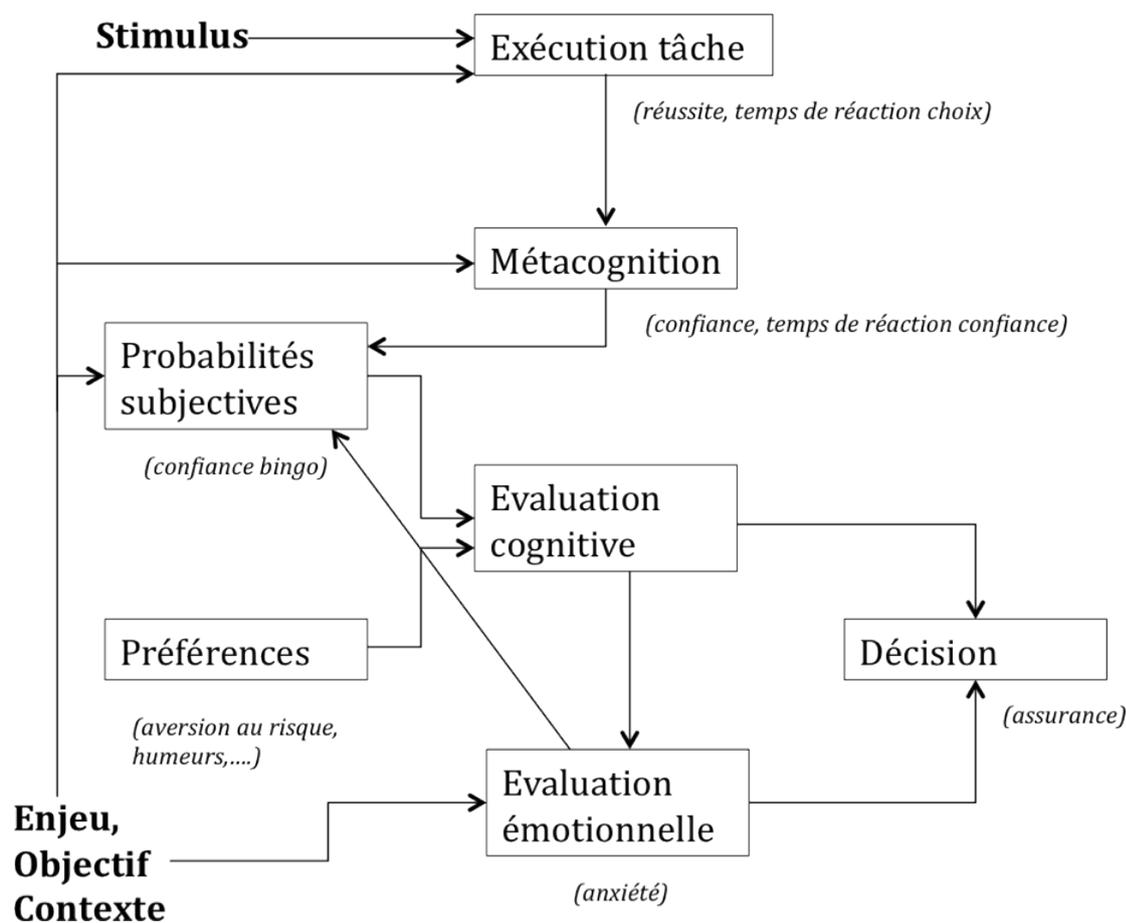


Figure 2-12 Sous-modèle spécifiant le rôle des émotions dans les expériences

Ce sous-modèle intègre le rôle éventuel des émotions, et nous le discuterons en commençant par le modèle cognitif rationnel standard de la décision d'assurance (Figure 2-13). Ce dernier devrait suivre le processus suivant :

- le décideur doit établir ses probabilités subjectives en tenant compte d'une part de l'objectif à réaliser et d'autre part de ses croyances sur son efficacité à réaliser la tâche,
- pour choisir son niveau d'assurance, le décideur doit, dans son évaluation cognitive, combiner ses probabilités subjectives et son évaluation des enjeux monétaires.

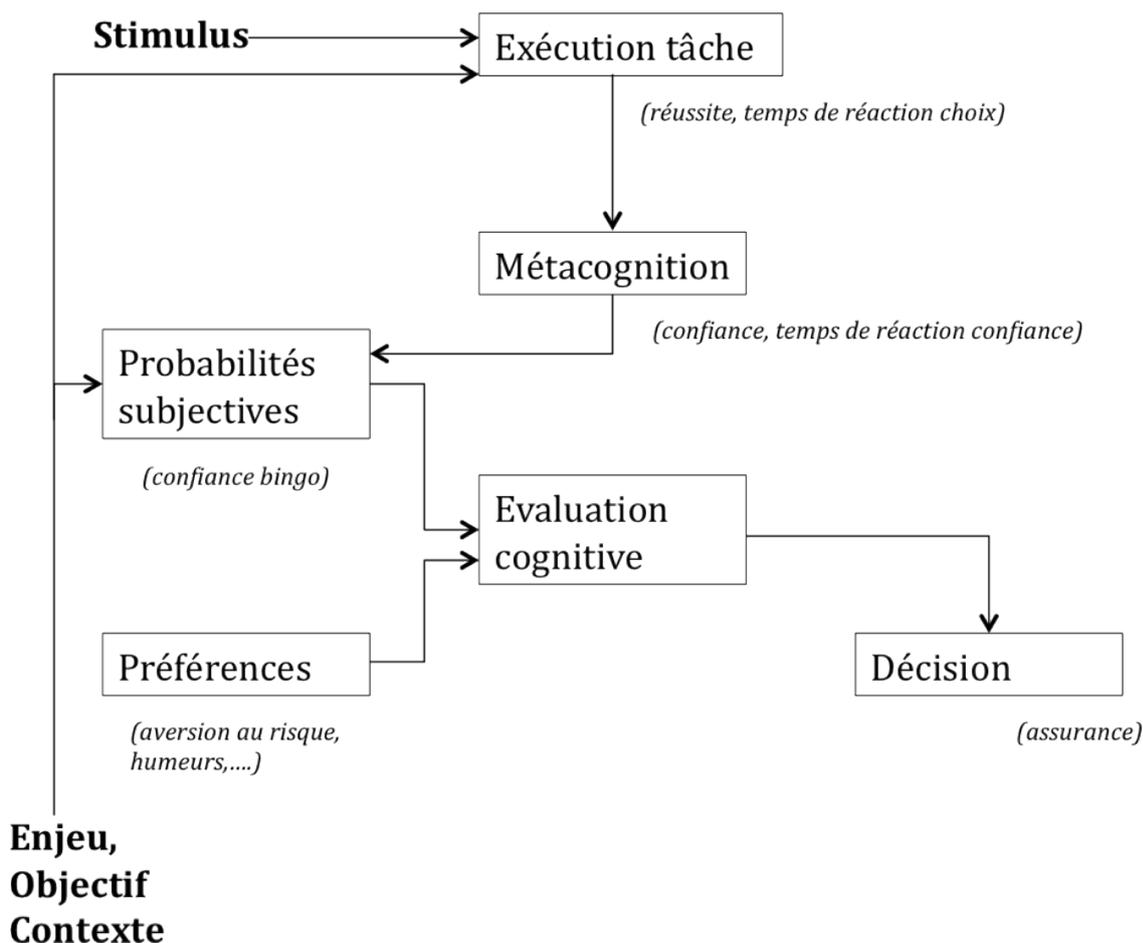


Figure 2-13 Modèle cognitif rationnel standard de la décision d'assurance

Dans les facteurs extérieurs (caractéristiques du bingo) qui évoluent au cours de l'expérience, seul le niveau des objectifs (réussite minimale de 2, 3 ou 4 essais sur 5) devrait avoir un impact sur les probabilités subjectives. Le niveau de l'enjeu (variable dans l'expérience Risque Catastrophique) devrait, lui, avoir un effet direct sur l'évaluation des enjeux monétaires (aversion au risque différente pour un montant de 20 € que pour un montant de 200 €). De même, si on considère que l'évaluation d'une perte est différente de celle d'un gain, l'évaluation des enjeux monétaires devrait être différente dans le contexte gain et dans le contexte perte.

Les facteurs extérieurs peuvent aussi avoir un impact rationnel sur l'exécution de la tâche du fait d'effet motivationnel : un objectif plus difficile, un enjeu plus important, une aversion aux pertes peuvent pousser le sujet à exécuter la tâche avec plus d'effort et éventuellement de réussite. Par contre, on ne s'attend pas à une altération de la métacognition.

Sur la base de ce modèle cognitif, l'effet des émotions peut venir perturber les processus sur plusieurs aspects. Dans la figure 2-14, nous indiquons 4 possibilités d'un rôle direct des émotions.

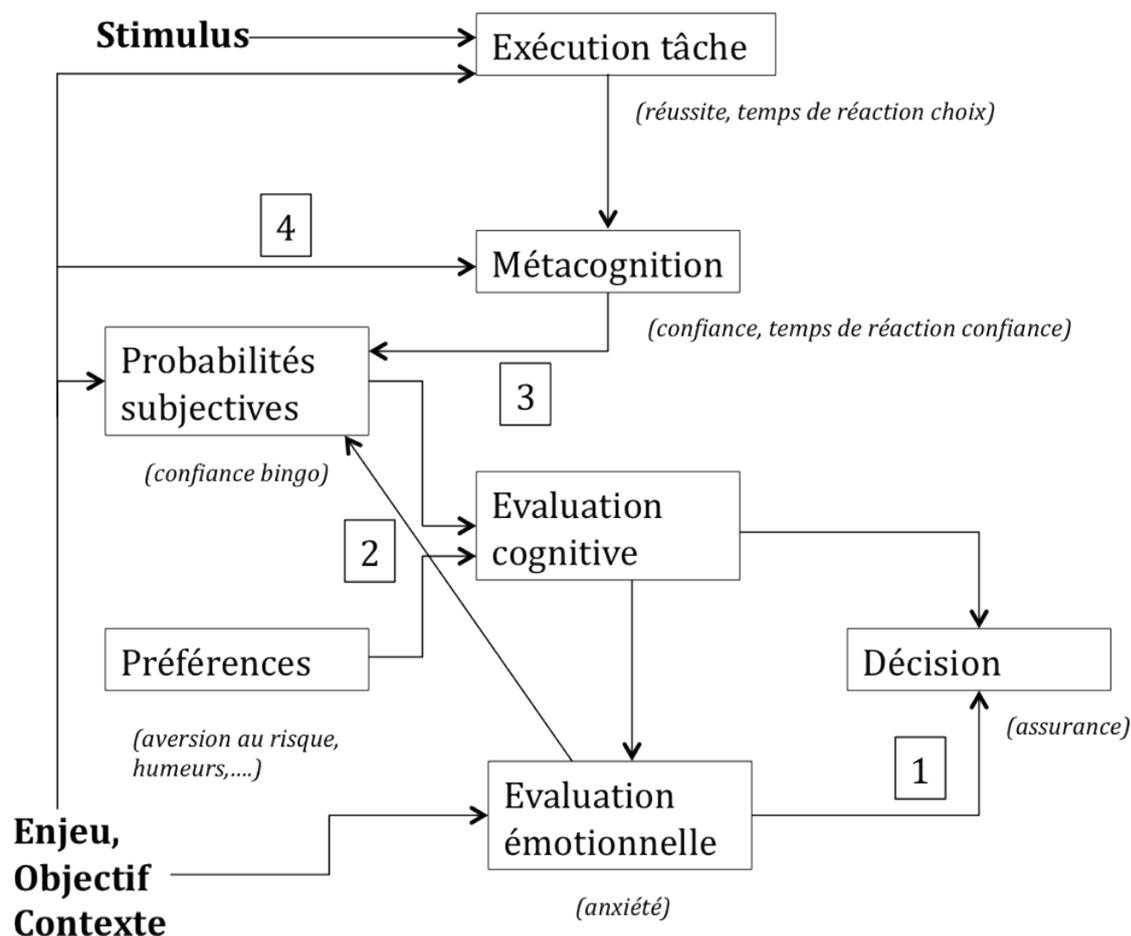


Figure 2-14 Modèle représentant les quatre effets des émotions sur la décision

Effet 1 : Les émotions court-circuitent le rôle du processus rationnel d'évaluation cognitive dans la prise de décision. Dans le processus rationnel, la décision d'assurance dépend de manière importante des probabilités subjectives. On peut donc tester cet effet en observant si le lien observé entre choix d'assurance et confiance exprimée dans le fait de réussir l'objectif est altéré par les émotions.

Le temps pris pour décider du niveau d'assurance pourrait être un second indice d'un rôle accru de l'évaluation émotionnelle. On s'attend en effet à une accélération de la prise de décision lorsque la charge émotionnelle est plus grande. Toutefois, comme nous n'avons pas un bon contrôle de ce temps de prise de décision d'assurance (le nombre de clic pour entrer sa décision d'assurance sur la jauge est dépendant du bingo), la mesure que nous avons du temps de décision d'assurance est à prendre avec précaution.

Effet 2 : Les émotions jouent un rôle direct sur les probabilités subjectives. On pourrait s'attendre à ce que les sujets anxieux soient moins confiants. A l'inverse, il ne faut pas oublier que lorsque le sujet a des probabilités subjectives plus faibles, on s'attend à une anxiété accrue (c'est l'impact de l'évaluation cognitive sur l'évaluation émotionnelle). Par contre comme dans le modèle rationnel, on s'attend à ce que les probabilités subjectives ne dépendent ni du contexte « gain/perte » ni du montant des enjeux monétaires alors que l'on s'attend à ce que ces deux éléments aient un impact émotionnel direct. Il est possible d'identifier l'effet 2 par une régression simultanée de ces différents facteurs sur les probabilités subjectives et le niveau d'anxiété.

Effet 3 : Les émotions engendrant un stress, on peut envisager que le processus de formation des probabilités subjectives soit altéré. Rationnellement, on s'attend à un lien entre confiance dans le bingo et le niveau moyen de la confiance essai par essai. On peut proposer un modèle de formation de la probabilité subjective basé sur une loi binomiale avec une probabilité correspondant aux confiances moyennes par essai. On peut ainsi définir une mesure de dissonance cognitive correspondant à la différence entre la confiance attendue pour le bingo et la confiance exprimée. Le test de l'effet 3 peut se faire en regardant s'il y a un effet de contexte et en examinant aussi directement l'effet de l'anxiété sur cette dissonance cognitive.

Effet 4 : En situation de stress, la métacognition peut être modifiée tant sur la qualité de calibration, on peut s'attendre à moins de surconfiance, que sur la question des qualités de la discrimination. Sur la discrimination, l'effet attendu n'est pas évident : on peut imaginer une altération par le stress mais inversement un contrôle métacognitif renforcé du fait de ce stress.

Pour estimer ces effets, nous recueillons de nombreuses données comportementales et émotionnelles lors de l'expérience Risque Catastrophique. En particulier nous recueillons pour chaque Bingo le niveau d'anxiété déclaré par les sujets, donnée essentielle puisque nous l'utiliserons pour estimer l'effet quantitatif d'une charge émotionnelle sur les différentes variables comportementales.

4 La possibilité d'une prise en compte des émotions dans l'approche standard de la théorie de la décision

Les hypothèses présentées dans les sections 2.3 et 3.3 sont des hypothèses de causalité sur les rôles éventuels des émotions sur différents aspects comportementaux. Nous avons émis ces hypothèses sur la base de l'analyse de la littérature présentée dans la première partie. Dans le projet initial, nous avons l'ambition de proposer un modèle de décision fondé axiomatiquement et traduisant le rôle des émotions dans une forme fonctionnelle. La revue de littérature nous a conduits à remettre en cause cet objectif pour des raisons méthodologiques que nous avons commencé à présenter à la fin de la partie 1. Nous revenons sur ces questions méthodologiques à la lumière des enquêtes et expériences que nous avons mises en place et des hypothèses que nous testons.

La démarche standard en théorie de la décision en situation de risque et d'incertitude est celle des préférences révélées, c'est-à-dire de considérer que les seules données comportementales disponibles sont les choix observés entre des loteries (i.e. : distributions de probabilités sur des conséquences) ou sur des actes (i.e. : description des conséquences en fonction de la réalisation des « états de la nature »). Formellement, la démarche consiste à identifier une fonction $V(p,x)$ qui représente les choix de loteries d'un agent : $V(.,.)$ est telle que $V(p,x) > V(p',x')$ si l'agent préfère la loterie $I = (p,x)$ (i.e. : une distribution de probabilités p sur des conséquences x) à la loterie $I' = (p',x')$. Méthodologiquement, cette démarche présente deux aspects importants :

- les variables explicatives retenues pour expliquer les choix ne comprennent que des variables décrivant les options de choix disponibles,
- la seule variable comportementale étudiée est celle des choix.

Ces fortes restrictions impliquent que dans cette approche, on ne peut pas prendre en compte les émotions comme facteurs explicatifs des comportements ni en faire des variables comportementales que l'on essaierait d'expliquer en parallèle aux choix. Ceci n'implique pas que l'approche dénie a priori tout rôle des émotions dans la prise de décision mais simplement qu'elle ne cherche pas à en faire une modélisation explicite. On peut prendre trois exemples de modèle de décision qui font implicitement référence aux émotions.

Dans la « théorie des prospectifs » de Kahneman et Tversky (1979), la différence de forme de fonction d'utilité, de fonction de distorsion des probabilités et la discontinuité de la dérivée de la fonction d'utilité en 0 sont en partie justifiées par des considérations émotionnelles (l'aversion aux pertes). Une façon d'interpréter cette fonctionnelle est de suggérer qu'il y a en fait deux fonctionnelles d'utilité selon les émotions (sentiment ou non d'un risque de perte). Mais comme il est par ailleurs supposé que la description des options disponibles (i.e. notamment l'identification du point de référence et du contexte gain ou perte) permet de prédire le ressenti émotionnel, les émotions sont donc un produit intermédiaire dans le processus de décision mais qui n'est pas formellement représenté dans le modèle de décision.

La théorie du regret de Loomes et Sugden (1982) est plus explicite sur la prise en compte des émotions puisque la fonction d'utilité est explicitement appelée une fonction de regret. Par exemple, pour deux options A et B qui donnent les conséquences décrites dans le tableau 2-9 en fonction de l'événement qui pourrait se produire, la fonctionnelle est telle que A est préférée à B si :

$$p(E)R(a,b) + p(E^c)R(a',b') > 0,$$

Tableau 2-9 Choix et réalisation des événements

	Événement E	Événement E ^c
Choix A	a	a'
Choix B	b	b'

où $p(E)$ et $p(E^c)$ sont les probabilités subjectives des événements, $R(a,b)$ est le niveau de contentement anticipé de recevoir la conséquence a alors qu'on aurait pu recevoir la conséquence b et $R(a',b')$ le contentement de recevoir a' plutôt que b' (si la valeur de R est négative, cela signifie qu'on anticipe un regret). Toutefois, pour tester la pertinence empirique de cette théorie, seule la collecte de données de choix est nécessaire.

Nous pensons adapter l'approche de Chichilnisky (2000, 2009) qui est un modèle tenant compte de la présence d'un risque catastrophique. Le modèle repose sur un affaiblissement de l'axiome de continuité de la théorie de l'espérance d'utilité et la forme fonctionnelle qui s'en déduit s'exprime comme une somme pondérée d'une fonctionnelle d'espérance d'utilité et d'une fonctionnelle dont la forme n'est pas explicite. Cette fonctionnelle permet d'introduire la possibilité d'une modulation du processus de décision en fonction d'une

charge émotionnelle. Chanel et Chichinilsky (2009, 2013), ont montré des évidences empiriques en faveur de cette possibilité d'un effet des émotions, et l'un des objectifs de l'expérience Risque catastrophique est de tester explicitement cette hypothèse (par le jeu de l'effet 1).

Pour l'instant, dans cette approche, aucune variable représentant les émotions n'est prise en compte ni comme variable explicative des choix, ni comme variable à expliquer. Il est manifeste que les émotions jouent les deux rôles, à la fois comme facteurs explicatifs des comportements et comme résultat du processus de décision. Se pose donc un problème méthodologique pour intégrer des mesures liées aux émotions dans une approche qui conserverait la démarche des préférences révélées.

Examinons cette difficulté méthodologique pour les différentes mesures de type psychologique qui ne sont usuellement collectées dans les études standard et que nous allons recueillir dans les enquêtes et les expériences (leur description détaillée se trouve dans la partie 3) :

- Traits de personnalité (nous utilisons des questionnaires psychométriques visant à mesurer le sentiment de contrôle, la capacité à s'inquiéter, le tempérament inquiet ou consciencieux) : on peut imaginer utiliser ces mesures au même titre que l'aversion au risque, à savoir que l'on s'attend à ce que les personnes les plus sensibles émotionnellement soient par exemple des personnes qui se révèlent les plus sensibles à des effets de contexte et que la différence de comportement entre gains et pertes soient plus forte chez ces personnes. Mais on peut aussi imaginer que les traits de personnalité capturent également des éléments importants dans le processus de décision (niveau d'attention pour procéder à la décision...). Cela correspond à une hétérogénéité individuelle dans la façon de prendre des décisions mais qui ne peut guère être transcrite dans l'approche standard des modèles de décision car ce ne sont pas des modèles de processus de décision.
- Emotions et réactions anticipées (nous interrogeons les individus sur ce qu'ils imaginent subir en cas d'événement catastrophique) : dans le cas de l'enquête inondation, il s'agit de voir si l'évaluation subjective des conséquences d'une inondation a un impact sur le consentement à s'assurer ou à réaliser des travaux de prévention. On peut voir ces mesures comme une indication de la valeur du risque corrélé au risque financier (une assurance ne compensera pas l'effet psychologique qui restera subi par la personne) ou de la valeur du gain psychologique que permet la prévention. Dans un modèle de décision, ceci peut formellement se prendre en compte par un modèle dépendant de l'état (l'occurrence ou non de l'inondation). Dans l'approche standard, ces émotions et réactions anticipées sont finalement des conséquences au même titre que d'autres aspects (gains financiers ...). A ce titre, l'approche des préférences révélées a comme principe de ne pas avoir besoin d'une observation directe de l'évaluation des conséquences : elle est inférée à partir des choix. Donc a priori, ce genre de données n'a pas d'intérêt dans l'approche standard. On s'attend à ce que les sujets qui anticipent le plus fort impact négatif aient tendance à vouloir s'assurer plus et à dépenser plus en prévention. Si nous

n'observons pas ce résultat, alors c'est une remise en cause plus substantielle de la vision conséquentialiste (voir figure 1-5) qu'il faudra envisager.

- Mesures de l'humeur (nous interrogeons les sujets sur différents aspects de leur humeur) : des études diverses (manipulation de l'humeur, corrélation des comportements financiers avec des données météorologiques ...) ont montré l'effet de l'humeur sur les comportements financiers. Dans l'approche des préférences révélées, on en déduira tautologiquement que l'humeur modifie les préférences des agents. On peut en conclure, soit que si on veut estimer proprement les préférences d'un individu, il faut les estimer dans toutes les situations d'humeur possibles ; soit que si les préférences sont systématiquement contextuelles, c'est alors l'approche en termes de préférence elle-même qui n'a plus beaucoup d'intérêt conceptuel, et qu'un changement radical d'approche est nécessaire.
- Vécu (nous utilisons un questionnaire psychométrique pour le stress post traumatique, nous les interrogeons sur les expériences vécues...) : le cadre statique de l'approche standard de la décision est manifestement inadapté à la prise en compte de ces aspects. Si ces éléments émotionnels passés s'avèrent avoir un impact important, c'est une approche dynamique qui serait pour la modélisation.
- Mesure de l'émotion (nous recueillons leur déclaration de leur anxiété ressentie au moment de la prise de décision) : cette mesure de la charge émotionnelle présente au moment de la prise de décision est ambiguë du point de vue de l'approche standard car elle est tout à la fois un facteur explicatif du comportement (l'anxiété pousse à certains choix) mais aussi une conséquence du processus de décision (un risque de perte future rend anxieux). Reid et Gonzalez-Vallejo (2009) ont proposé un modèle de décision dans lequel les émotions ressenties sont utilisées pour prédire les choix. On peut facilement critiquer le risque de circularité de ce genre de modèle en observant que les émotions ne sont rien d'autre qu'une autre expression des choix. Il est donc hasardeux d'utiliser une mesure brute des émotions comme une variable explicative du comportement. Dans nos estimations quantitatives de l'impact de l'anxiété sur les décisions d'assurance, nous tiendrons compte de ces problèmes d'endogénéité. Il nous semble toutefois prématuré d'envisager introduire explicitement une telle mesure des émotions dans un modèle de décision standard.

On voit donc, en passant en revue ces différentes mesures, toute la difficulté méthodologique d'intégrer les émotions dans l'approche standard des préférences révélées. L'impression est plutôt d'ailleurs qu'il ne s'agit pas du cadre d'analyse adéquat.

5 Conclusion

Nos données vont nous permettre d'estimer l'importance de l'impact des émotions sur les comportements économiques. Nous pourrions comparer leurs effets avec les facteurs standards (aversion au risque, probabilités subjectives...). Si nos résultats montrent que les effets ne sont pas négligeables et que les mesures des émotions permettent de gagner en pouvoir explicatif des comportements économiques, cela montrera l'importance de les

prendre en compte et la pertinence d'adopter des approches plus adéquates que celle des préférences révélées.

6 Bibliographie

- Caplin A, Leahy J. (2001). Psychological expected utility theory and anticipatory feelings. *Quarterly Journal of Economics*, 116(1), p. 55-79.
- Chanel, O., Chichilnisky, G. (2009). The influence of fear in decisions: Experimental evidence. *Journal of Risk and Uncertainty* 39 (3), p. 271-298.
- Chanel O., Chichilnisky C. (2013), Valuing life: experimental evidence using sensitivity to rare events, *Ecological Economics*, 85, p. 198-205.
- Charni K., V. Ilardi (2012). Miméo, Master 2 IEF Greqam, 14 p.
- Chichilnisky G. (2000). An Axiomatic Approach to Choice under Uncertainty with Catastrophic Risks, *Resource and Energy Economics* 22, p. 221-231.
- Chichilnisky, G., (2009). The topology of fear. *Journal of Mathematical Economics* 45, p. 807–816.
- Corso, P. S., Hammitt, J. K., Graham, J. D. (2001). Valuing mortality-risk reduction: using visual aids to improve the validity of contingent valuation. *Journal of Risk and Uncertainty*, 23(2), p. 165-184.
- Fischhoff, B. (1989) Risk: a guide to controversy. In *Improving Risk Communication*, Appendix C, National Research Council Committee; Washington DC: National Academy Press; p. 211-319.
- Fleming, S., R. Weil, Z. Nagy, R. Dolan, G. Rees (2010). Relating introspective accuracy to individual differences in brain structure, *Science*, 329(5998), p 1541-1543.
- Kahneman, D., Tversky, A. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica* 47, p. 263-291.
- Loomes, G., Sugden R. (1982). Regret theory: an alternative theory of rational choice under uncertainty. *Economic Journal*, 92(368), p. 805-824.
- Reid A., Gonzalez-Vallejo C. (2009). Emotion as a Tradeable Quantity. *Journal of Behavioral Decision Making* 22, p. 62-90.
- Rick S., Loewenstein G. (2008). The role of Emotion in Economic Behavior. *The Handbook of Emotion*, Third Edition, editors Lewis, M., Haviland-Jones, J. and Feldman-Barrett, L., New York Guilford, p.138-156.
- Slovic P. (1987). Perception of Risk. *Science*, 236, p. 280-285.

PARTIE 3

Présentation des trois études empiriques réalisées

0 Introduction

Cette partie présente les trois études empiriques réalisées. Dans un premier chapitre, nous exposons les variables collectées dans les différentes enquêtes, nous expliquons leur source et les raisons pour lesquelles nous les avons retenues. Puis, nous présentons dans un second chapitre deux enquêtes, l'une menée en population générale sur le risque inondation, l'autre auprès de soldats sur la thématique des risques liés au combat. Nous terminons par la présentation des différents protocoles menés auprès d'étudiants lors de sessions expérimentales (chapitre 3).

1 Choix des variables

Avant la réalisation des trois études empiriques, et suite à l'analyse de la revue de la littérature (voir partie 1) et aux prétests (voir partie 2), une longue réflexion s'est engagée entre les membres de l'équipe, notre collègue danoise, des psychologues et des épidémiologistes spécialisés dans les enquêtes sur le stress post-traumatique, afin de sélectionner les questions susceptibles de traduire au mieux les différentes dimensions des émotions. Nous cherchions de surcroît à conserver une concision et une facilité de passation des questionnaires, une compréhension la meilleure possible par les répondants, ainsi qu'une transposabilité maximum entre les trois formats d'enquête afin de permettre des comparaisons.

Nous présentons ci-dessous les différentes questions retenues en trois grandes thématiques, en mentionnant dans quelle(s) enquête(s) elles ont été posées, la lettre **E** se référant aux expériences de laboratoire, **I** à l'enquête inondation et **S** à l'enquête auprès des soldats (avant et après le départ en mission). Nous explicitons les raisons de ces choix ainsi que les sources d'inspiration des questions le cas échéant. De légères différences entre les enquêtes peuvent survenir, parfois liées à la langue (danois ou français) ou au type d'enquête utilisé (passation par ordinateur pour les expériences, en face à face avec support informatique pour les enquêtes inondation, et sur questionnaire papier pour les enquêtes auprès des soldats danois). Les deux questionnaires français sont reproduits dans les annexes 4-1 et 4-2, alors que les deux questionnaires sur les soldats (en danois) peuvent être obtenus sur demande.

11 Explorer les différentes dimensions des risques

111 La perception de l'attitude vis à vis du risque au quotidien (E, I, S)

Ces questions permettent de mesurer la perception subjective de l'individu de son attitude vis à vis des risques au quotidien.

« Sur une échelle de 0 à 10, où 0 correspond aux personnes très prudentes, limitant les risques au maximum, et 10 aux personnes attirées par l'aventure, aimant prendre des risques, entourez la valeur correspondant le mieux à votre attitude dans les domaines suivants » :

	Très prudent					Très aventureux					
1. Loisirs, voyages	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2. Carrière professionnelle, études	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3. Placement, gestion du patrimoine	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4. Vie de famille, relations avec les autres	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5. Santé	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6. Sports	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7. Globalement tous domaines confondus	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Après avoir regroupé les modalités « 0 » et « 1 », nous construisons la variable RISKPERSON comme un score entre 1 et 10, sur la base de la réponse à l'item 7 (globalement, tous domaines confondus).

Les domaines santé et sports sont approfondis au moyen de questions spécifiques. Une question porte ainsi sur l'importance des risques associés aux sports extrêmes (comme le saut à l'élastique, le parapente, le parachutisme, le rafting, le vol à voile, la plongée sous-marine...), comme déjà employé dans Holt and Laury (2002). La variable dichotomique SPORTDUM ("Pratique un sport extrême moins d'une fois par an") est créée.

L'importance, dans les 30 derniers jours, de la consommation d'alcool et de la consommation de tabac ont été relevées, soit sur une échelle de 0 à 10 comme ci-dessus (E) (et l'on utilisera les variables alcool et tabac), soit par des questions précises en termes de fréquence et quantité consommées (I et S). Dans ce cas, la variable dichotomique SMOKER est créée pour tout répondant déclarant fumer (=1), et la variable dichotomique ALCOOLRISK est créée sur la base des recommandations du Ministère de la santé danois en terme de risque sanitaire. Elle vaut 1 chez les hommes si la consommation journalière excède 2 verres d'alcool, 1 chez les femmes si elle est supérieure à 1 verre d'alcool, et 0 sinon.

Pour I et S, la consommation de drogue a également été relevée, et permet de créer la variable DRUGHASH quand le répondant déclare consommer du haschich (=1), DRUGOTHER quand il déclare consommer un autre type de drogue que le haschich (=1), et DRUGALL quand il consomme au moins un type de drogue (=1).

112 La perception de l'exposition au risque par rapport à la population (I, S)

Ces questions permettent de mesurer la perception subjective de l'individu de son exposition aux risques au quotidien, en particulier les risques naturels, par rapport à l'ensemble de la population.

« Pour chacun des cinq types de risques suivants, comment pensez-vous être exposé(e) par rapport à l'ensemble de la population : »

	<i>Beaucoup moins</i>	<i>Un peu moins</i>	<i>Autant</i>	<i>Un peu plus</i>	<i>Beaucoup plus</i>	<i>Ne sait pas</i>	<i>Refus de répondre</i>
<i>1. Accidents dus au transport (route, piéton, vélo, train, avion...)</i>	1	2	3	4	5	6	7
<i>2. Agressions physiques (violence, vol...)</i>	1	2	3	4	5	6	7
<i>3. Maladies (cancer, crise cardiaque, maladie héréditaire, dépression...)</i>	1	2	3	4	5	6	7
<i>4. Perte d'emploi, échec scolaire ou professionnel</i>	1	2	3	4	5	6	7
<i>5. Risques naturels (incendie, inondation, avalanche, tremblement de terre, glissement de terrain...)</i>	1	2	3	4	5	6	7

Ce type de questions a été posé dans les enquêtes précédentes des membres de l'équipe, portant sur la pollution de l'air (2000, 2006), l'égalité des chances (2008) et dans le pré-test en conditions réelles (2009). On construit la variable RISKPOP (comprise entre de 5 à 25) comme la somme des 5 scores d'exposition par rapport à la population (avec 1 point pour « beaucoup moins », 2 pour « un peu moins », 3 pour « autant », 4 pour « un peu plus » et 5 pour « beaucoup plus »). Nous créons également une variable spécifique RISKPOPEV (comprise entre 1 et 5) sur la base de l'item 5 (risque naturel) pour l'enquête inondation, et de l'item 2 (agression physique) pour l'enquête auprès des soldats.

113 La perception de son rapport à la chance (E, I S)

Parce que la perception du rapport à la chance des répondants constitue un élément susceptible d'expliquer certains comportements de risk-aversion ou risk-lover, ce point est exploré avec la question suivante :

« Dans la vie courante et par rapport à l'ensemble de la population, est-ce que vous pensez avoir en général plus ou moins de chance ? S'il vous plaît cochez une case sur l'échelle de 0 à 10 ci-dessous, où 0 représente « beaucoup moins de chance » que la population générale et 10 représente « beaucoup plus de chance » que la population française. »=> CHANCE

Beaucoup moins de chance						Beaucoup plus de chance					
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<input type="checkbox"/>											

Ce type de questions a été posé dans les enquêtes précédentes des membres de l'équipe, portant sur la pollution de l'air (2000, 2006), l'égalité des chances (2008), dans le pré-test en conditions réelles (2009).

114 La préférence en matière de pertes ou gains en incertitude (E, I S)

Préférences en matière de gains en incertitude (E, I, S)

La question suivante permet de déterminer l'équivalent certain d'une loterie :

« Imaginez que vous pouvez acheter un seul ticket à une tombola qui comporte 10 tickets, dont un seul sera gagnant. Le montant du gain est 2.700 euros et le ticket gagnant est déterminé par tirage au sort, c'est à dire que chaque ticket a une chance sur 10 de gagner. Quel est le prix que vous êtes prêt à payer pour acquérir un billet pour cette loterie ? » => BILLET

Nous utiliserons la variable $BILLET_{PCT} = BILLET / 2700$.

Préférences en matière d'assurance vis à vis du risque de perte (E, I, S)

Les questions suivantes permettent d'explorer les préférences en matière d'assurance contre des risques de faible probabilité d'occurrence, mais aux conséquences catastrophiques (perte de l'ensemble du patrimoine, puis de la moitié).

« Imaginez la somme monétaire que représentent tous vos biens, tels votre logement si vous êtes propriétaire, les valeurs boursières, vos économies, les meubles, les véhicules et les objets de valeur. Quelle est selon vous la valeur de tous ces biens ? » => PATRIMOINE

« - Maintenant, imaginez que la probabilité de perdre tous vos biens l'année prochaine est de 1 sur 10.000. (A titre de comparaison, le risque moyen annuel de décéder dans un accident de la circulation en Europe est comparable.) Combien seriez-vous prêt à payer pour protéger tous vos biens (en Euros) ? » => PRIME100

« Maintenant, imaginez que la probabilité de perdre la moitié de vos biens l'année prochaine est de 1 sur 10.000. Combien seriez-vous prêt à payer pour protéger la moitié de vos biens (en Euros) ? » => PRIME50.

Préférences en matière de gains / pertes en incertitude (E, I, S)

Parmi les investissements suivants, quel est votre préféré ?

1. 50% de chances de gagner 200 euros et 50% de chances de ne rien gagner
2. 50% de chances de gagner 800 euros et 50% de chances de perdre 200 euros
3. 50% de chances de gagner 2 600 euros et 50% de chances de perdre 800 euros
4. 50% de chances de gagner 4 800 euros et 50% de chances de perdre 2 400 euros

Cette question est reprise de Grable and Lytton (1999), et a été utilisée également dans le pré-test en conditions réelles, et représente un indicateur de l'amour du risque entre 1 et 4, LOSSLOVER.

Six loteries (E, I)

Cette série de questions recherche l'équivalent certain dans les pertes et dans les gains, pour trois probabilités différentes de perdre / de gagner : 30%, 50% et 70%.

« Imaginez la situation risquée suivante : vous avez 50% de chances de GAGNER 10 euros et 50% de chances de ne rien gagner. A la place, on vous propose de gagner une somme fixe avec certitude. Cochez toutes les sommes que vous accepteriez de gagner à la place de la situation risquée : »

Gagner avec certitude	avec	10 €	9 €	8 €	7 €	6 €	5 €	4 €	3 €	2 €	1 €	0 €
		<input type="checkbox"/>										

Cette question est posée à nouveau, en remplaçant la probabilité de gagner par 30%, puis par 70%. Elle nous permet de connaître l'équivalent certain pour chacune des trois probabilités de gagner. Nous créons la variable dichotomique RiskAvertlotGain (= 1) si l'équivalent certain de gain pour la probabilité de 50% et celui pour 30% sont supérieurs à 8 euros OU si l'équivalent certain pour la probabilité 70% est supérieurs à 8 euros.

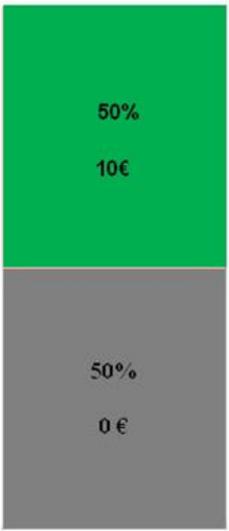
« Imaginez maintenant la situation suivante : vous avez 50% de chances de PERDRE 10 euros, et 50% de chances de ne rien perdre. A la place, on propose de perdre une somme fixe avec certitude. Cochez toutes les sommes que vous accepteriez de perdre à la place de la situation risquée : »

Perdre avec certitude	avec	0 €	1 €	2 €	3 €	4 €	5 €	6 €	7 €	8 €	9 €	10 €
		<input type="checkbox"/>										

Cette question est posée à nouveau, en remplaçant la probabilité de perdre par 30%, puis par 70%. Elle nous permet de connaître l'équivalent certain pour chacune des trois probabilités de perdre. Nous créons la variable dichotomique RiskAvertlotPert (= 1) si les équivalents certains de perte pour la probabilité de 50% et pour 30% sont supérieurs à 8 euros OU si l'équivalent certain pour la probabilité 70% est supérieurs à 8 euros.

La variable RiskAvertlotTot (=1) est créé quand RiskAvertlotGain et RiskAvertlotPert sont toutes deux égales à 1.

Ce type de questions est posé systématiquement dans les expériences pour obtenir des mesures expérimentales de l'aversion au risque. En laboratoire, la présentation sur écran a été la suivante :

Alternative A (loterie)	Alternative B (montant certain)		
	Choix de A	Choix de B	
	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	10 €
	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	9 €
	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	8 €
	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	7 €
	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	6 €
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	5 €
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	4 €
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	3 €
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	2 €
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 €
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	0 €	

Préférences pour le présent en matière de gains (E, I, S)

Cette question s'attache aux préférences intertemporelles des répondants, et permet d'exprimer une préférence pour le présent.

« Imaginez que vous gagniez 10.000 euros nets d'impôts versés automatiquement sur votre compte en banque. Votre banque vous propose alors de choisir entre :

A) retirer l'argent immédiatement

B) laisser l'argent à la banque pendant un an avant de le retirer.

Quelle option allez-vous choisir dans chacune des sept lignes, A ou B? »

A. Montant retiré aujourd'hui	B. Montant reçu dans un an
1. 10.000 euros	1. 10.200 euros
2. 10.000 euros	2. 10.500 euros
3. 10.000 euros	3. 10.800 euros
4. 10.000 euros	4. 11.000 euros
5. 10.000 euros	5. 12.000 euros
6. 10.000 euros	6. 13.000 euros
7. 10.000 euros	7. 15.000 euros

Cette question est adaptée des études de Fuchs (1982) et Dohmen et al. (2010). Elle permet de construire la variable PREFPRESENT, un score de préférence pour le présent, qui va de 0 quand l'individu préfère toujours l'option B à 7 quand l'individu préfère toujours l'option A.

12 Etudier les émotions des répondants

121 Sentiment de contrôle (E, I, S)

Le sentiment de contrôle (« locus of control ») intervient dans la prise de décision quotidienne, et en particulier en situation d'incertitude. Le sentiment de contrôle est un trait de personnalité qui reflète la croyance selon laquelle les conséquences de nos actions sont contingentes de ce que nous faisons "(contrôle interne)" ou de facteurs environnementaux (les autres, la chance). Nous introduisons donc la série de questions suivantes.

« Pour chacune des paires de phrases suivantes, avec quelle phrase êtes-vous le plus d'accord (cochez A ou B) ? »

A. Ce qui vous arrive est de votre propre faute

B. Parfois, vous sentez que vous n'avez aucun contrôle sur le fil de votre vie

A. Lorsque vous faites des plans, vous êtes presque toujours sûr que vous pourrez les mener à terme

B. Il n'est pas toujours sage de planifier bien en avance parce que beaucoup de choses se révèlent être une question de chance

A. Pour vous, obtenir ce que vous voulez n'a que peu ou rien à voir avec le hasard

B. Souvent, vous prenez une décision en jouant à pile ou face

A. Vous avez ressenti à plusieurs reprises que vous n'aviez que peu d'influence sur les choses qui vous arrivent

B. Vous ne pensez pas que le hasard joue un rôle important dans votre vie

Nous avons sélectionné (et traduit) ces quatre questions qui font partie d'un questionnaire psychométrique en 29 items développé par Rotter (1966). Il s'agit donc d'une mesure très partielle de ce trait de personnalité. La variable CONTROLE est calculée en donnant un point à chaque réponse « A », et 0 à chaque réponse « B », il est donc compris entre 0 et 4

122 Facteurs de personnalité (E, I, S)

Comme nous l'avons vu dans la partie 1, la psychologie apporte de nombreux résultats concernant la relation entre les émotions et la personnalité. Nous avons choisi de mesurer cette dernière au moyen de facteurs de personnalités au nombre de 5 selon le modèle « Big Five » initié par Tupes and Christal (1961). Il existe de nombreuses versions de questionnaire psychométrique et nous avons retenu une version courte (« Big Five Inventory » John et al., 1991) dont il existe une version française validée. Nous avons eu l'autorisation d'Oliver John d'utiliser la version française de ce test, et d'en réaliser une version danoise (qui n'existait pas).

Le test de personnalité original comprend 45 questions, et permet d'étudier les facteurs suivants :

- Extraversion, qui traduit un engagement dans le monde extérieur, le fait d'apprécier la compagnie d'autrui,
- Agreeableness, qui traduit la recherche de coopération et d'harmonie sociale,
- Conscientiousness, qui traduit la capacité à se contrôler et à réguler ses pulsions,
- Neuroticism, qui traduit le degré de stabilité émotionnelle, la capacité à ressentir et être affecté par des émotions négatives,
- Openness, qui traduit le degré d'imagination, de créativité, de curiosité,

Ce que nous recherchons, contraints par le temps de passation des questionnaires, n'est pas un descriptif complet de leur personnalité en posant les 45 questions (ou plus, certains tests de personnalité dépassant les 200 questions). En ce sens, notre approche diffère donc sans doute de celle des psychologues, des psychiatres ou des neurosciences. Nous cherchons plutôt à pouvoir classer les répondants en fonction des facteurs de personnalité les plus susceptibles de traduire leur sensibilité aux émotions, et donc le plus apte à expliquer leurs réactions / réponses dans des situations générant des émotions.

Les deux facteurs qui répondent le mieux à cet objectif sont **Neuroticism** (que l'on peut traduire par névrose ou tempérament exagérément inquiet) et **Conscientiousness** (que l'on peut traduire comme conscience, ou être consciencieux), et sont construits à partir de 17 des 45 questions du test de personnalité original. En effet, selon Soane et Chmiel (2005), ces deux dimensions sont impliquées lors de l'étude du comportement à l'égard de l'aversion au risque: *"The differences in personality fit with the nature of the dispositional factors. The trait of neuroticism is described by Costa and McCrae (1992) as representing emotional stability. High scores in conscientiousness could be associated with consistent appraisals of risk situations and an aversion to taking chances on uncertain outcomes."*

Conscientiousness traduit une tendance à l'autodiscipline, à agir de façon loyale, et poursuivre ses objectifs jusqu'à leur réalisation. Elle influe sur la manière dont nous contrôlons, régulons et orientons nos pulsions.

Le **Neurotiscism** est une tendance à éprouver des émotions négatives comme la colère, l'anxiété, la dépression et les effets post-traumatiques potentiels. Les personnes ayant un score élevé dans le facteur neurotiscism sont émotionnellement réactives et vulnérables au stress. Elles sont plus susceptibles d'interpréter des situations ordinaires comme une menace, et des frustrations mineures comme particulièrement graves. Leurs réactions émotionnelles négatives tendent à perdurer pendant des périodes inhabituellement longues, ce qui signifie qu'elles sont souvent de mauvaise humeur. Ces problèmes de régulation émotionnelle peuvent diminuer la capacité d'une personne ayant un score élevé de réfléchir clairement, de prendre des décisions et de faire face efficacement au stress. À l'inverse, les personnes qui obtiennent un faible score au neurotiscism sont moins facilement perturbées émotionnellement et sont moins réactives

Les questions suivantes ont donc été posées :

« Nous allons vous proposer un certain nombre de qualificatifs qui peuvent ou non s'appliquer à vous. Ecrivez devant chaque affirmation le chiffre indiquant combien vous approuvez ou désapprouvez l'affirmation :

1	2	3	4	5
désapprouve fortement	désapprouve un peu	n'approuve ni ne désapprouve	approuve un peu	approuve fortement

Je me vois comme quelqu'un qui...

1. ___ Travaille consciencieusement
2. ___ Est déprimé, cafardeux
3. ___ Peut être parfois négligent
4. ___ Est « relax », détendu, gère bien le stress
5. ___ Est fiable dans son travail
6. ___ Peut être angoissé
7. ___ A tendance à être désorganisé
8. ___ Se tourmente beaucoup
9. ___ A tendance à être paresseux
10. ___ Est quelqu'un de tempéré, pas facilement troublé
11. ___ Persévère jusqu'à ce que sa tâche soit finie
12. ___ Peut-être lunatique, d'humeur changeante
13. ___ Est efficace dans son travail
14. ___ Reste calme dans les situations angoissantes
15. ___ Fait des projets et les poursuit
16. ___ Est facilement anxieux
17. ___ Est facilement distrait »

La source est le questionnaire en anglais de John et al. (1991), et sa traduction française validée dans Plaisant et al. (2010). Le score NEURO (pour neurotiscism) est compris entre 1 et 5, et est construit comme la moyenne des réponses aux questions 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 et 16, en comptant 1 point pour « désapprouve fortement, ... jusqu'à 5 pour « approuve fortement). Le score CONSCI (conscientiousness) est construit de la même façon sur les questions 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 et 17.

123 Emotions anticipées (I, S) et réactions anticipées (S)

La revue de la littérature nous a enseigné d'une part combien l'anticipation des émotions associés aux outcomes évalués pouvait affecter la prise de décision, et d'autre part, combien il était difficile, pour des personnes n'ayant pas vécu ces émotions, d'être en mesure de les anticiper correctement. Des questions spécifiques furent donc posées dans les enquêtes Inondation et Soldat.

Pour l'enquête Inondation

« Dans le cas où vous subiriez une inondation, quels sentiments pensez-vous ressentir ? »

	<i>Certainement</i>	<i>Probablement</i>	<i>Probablement pas</i>	<i>Pas du tout</i>
1. Colère	1	2	3	4
2. Angoisse ou peur	1	2	3	4
3. Calme	1	2	3	4
4. Etat de choc, déni de réalité	1	2	3	4
5. Fatalisme	1	2	3	4
6. Perte de contrôle	1	2	3	4
7. Surprise	1	2	3	4
8. Impuissance	1	2	3	4
9. Détresse d'avoir tout perdu	1	2	3	4

Le score aux émotions anticipées (EMOTION) est construit comme la moyenne sur 10 de la somme des scores obtenus aux 9 items (en comptant 4 points pour « certainement » ... et 1 point pour « pas du tout »).

Pour l'enquête Soldat avant et après la mission

« Si vous êtes impliqué (avant) / Si vous avez été impliqué (après) dans une action de combat, comment pensez-vous que vous réagirez (avant) / avez vous réagi (après)? »

	<i>Certainement</i>	<i>Probablement</i>	<i>Probablement pas</i>	<i>Pas du tout</i>
1. Je serai en mesure d'utiliser les procédures normales	1	2	3	4
2. Je serai en mesure de répondre à des ordres ou d'en donner	1	2	3	4
3. J'aurai du mal à réagir	1	2	3	4
4. J'éprouverai de la peur	1	2	3	4
5. Je pourrai perdre le contrôle de moi-même	1	2	3	4
6. Je ressentirai un sentiment d'excitation	1	2	3	4

Les trois premiers items se rapportent aux réactions, les trois derniers aux émotions. Une question supplémentaire a été posée dans le questionnaire avant : « Êtes-vous inquiet à propos de l'expérience de combat? Oui / Non ».

Le score aux réactions (REACTION) est construit comme la moyenne sur 4 de la somme des scores obtenus aux 3 premiers items (en comptant 4 points pour « certainement » ... et 1 point pour « pas du tout »). Le score aux émotions (EMOTION) est construit comme la moyenne sur 10 de la somme des scores obtenus aux 3 derniers items (en comptant 4 points pour « certainement » ... et 1 point pour « pas du tout »).

124 Le stress post-traumatique (I, S)

Nous avons retenu la PCL-S (*PTSD Check-List Scale*), qui permet d'évaluer le degré de stress post-traumatique. Cette échelle est composée de 17 questions, explorant les trois symptômes traduisant un état de stress post-traumatique (ESPT) : la répétition (questions 1 à 5), l'évitement (questions 6 à 12) et l'hyperactivité neurovégétative (questions 13 à 17) (Ventureyra et al., 2002).

Après codage des réponses (1 point par réponse « pas du tout », 2 points pour « un peu », 3 points pour « parfois », 4 points pour « souvent » et 5 points pour « très souvent »), nous obtenons un score PTSD compris entre 17 et 85. Un score supérieur à 44 indique un état de stress post traumatique (ESPT) avéré, qui correspond dans la base à une variable dichotomique PTSSDUM. Cette échelle a été validée en France, tant en population générale que chez des individus ayant un ESPT, et possède une bonne validité empirique et discriminante (Ventureyra et al., 2002 ; Yao et al., 2005).

Une version militaire (PCL-M) ou civile (PCL-S) a été posée selon les enquêtés, et la version civile se trouve reproduite ci-dessous.

« Veuillez trouver ci-dessous une liste de problèmes et de symptômes fréquents à la suite d'un épisode de vie stressant. Veuillez lire chaque problème avec soin puis veuillez cocher un chiffre à droite pour indiquer à quel point vous avez été perturbé par ce problème lié à cet événement stressant dans le mois précédent. »

	<i>pas du tout</i>	<i>un peu</i>	<i>parfois</i>	<i>souvent</i>	<i>très souvent</i>
1. Etre perturbé(e) par des souvenirs, des pensées ou des images en relation avec cet épisode stressant.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
2. Etre perturbé(e) par des rêves répétés en relation avec cet évènement.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
3. Brusquement agir ou sentir comme si l'épisode stressant se reproduisait (comme si vous étiez en train de le revivre).	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
4. Se sentir très bouleversé(e) lorsque quelque chose vous rappelle l'épisode stressant.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
5. Avoir des réactions physiques, par exemple, battements de coeur, difficultés à respirer, sueurs lorsque quelque chose vous a rappelé l'épisode stressant.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
6. Eviter de penser ou de parler de votre épisode stressant ou éviter des sentiments qui sont en relation avec lui.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
7. Eviter des activités ou des situations parce qu'elles vous rappellent votre épisode stressant.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
8. Avoir des difficultés à se souvenir de parties importantes de l'expérience stressante.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
9. Perte d'intérêt dans des activités qui habituellement vous faisaient plaisir.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
10. Se sentir distant ou coupé(e) des autres personnes.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

11. Se sentir émotionnellement anesthésié(e) ou être incapable d'avoir des sentiments d'amour pour ceux qui sont proches de vous.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
12. Se sentir comme si votre avenir était en quelque sorte raccourci.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
13. Avoir des difficultés pour vous endormir ou rester endormi(e).	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
14. Se sentir irritable ou avoir des bouffées de colère.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
15. Avoir des difficultés à vous concentrer.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
16. Etre en état de super-alarme, sur la défensive, ou sur vos gardes.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
17. Se sentir énervé(e) ou sursauter facilement.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

Le questionnaire original est dû à Weathers and Ford (1996), et nous avons obtenu l'autorisation du premier auteur de l'utiliser et d'en faire une version danoise. Pour la traduction française, validée dans Ventureyra et al. (2002) et Yao et al. (2003), nous avons obtenu l'autorisation d'un des auteurs communs, Jean Cottraux, pour son utilisation dans l'enquête inondation.

Nous avons également eu recours au CIDI short form (Robins et al., 1998) pour une série de questions avant le questionnaire PTSD, afin de déterminer les sources du traumatisme.

125 Sentiment de bonheur (E, I, S)

Dans la mesure où le sentiment de bonheur traduit un état émotionnel, et qu'il est susceptible d'affecter la décision, nous avons également posé la question ci-dessous.

« Tout bien considéré, vous sentez-vous plutôt malheureux ou plutôt heureux ces jours-ci? Cochez s'il vous plaît une case sur l'échelle de 0 à 10 ci-dessous, où 0 signifie «très malheureux» et 10 signifie «très heureux». »=> HAPPY

Très malheureux										Très heureux
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="checkbox"/>										

13 Variables spécifiques

Certaines questions ont été posées uniquement lors des expériences, ou uniquement lors des enquêtes inondation et soldat.

131 La perception de son attitude en matière de placement, et de gestion (E)

Deux séries de questions ont été posées dans le questionnaire expérience, afin de mieux cerner les déterminants de comportements d'assurance contre des pertes.

« Certaines personnes sont particulièrement prudentes face à une situation risquée, d'autres sont davantage prêtes à tenter leur chance. En matière de placements financiers, que préférez-vous ? »

- Placer toutes vos économies sur des placements sûrs

- Placer une petite partie de vos économies sur des placements risqués mais qui peuvent rapporter beaucoup, et le reste sur des placements sûrs.....
- Placer une part importante de vos économies sur des placements risqués, mais qui peuvent rapporter beaucoup, et le reste sur des placements sûrs
- Placer l'essentiel de vos économies sur des placements risqués, mais qui peuvent rapporter beaucoup

(var = placement)

« **Quel type de gestionnaire êtes-vous ou serez-vous ?** Ecrivez devant chaque affirmation le chiffre indiquant combien êtes d'accord avec ce mode d'investissement.

1	2	3	4	5
Pas du tout d'accord	Assez peu d'accord	Ni d'accord, ni pas d'accord	Assez d'accord	Tout à fait d'accord.

Vous êtes ou serez quelqu'un

1. Qui investit beaucoup en bourse. (var = bourse)
2. Qui épargne peu. (var = epargne)
3. Qui est propriétaire. (var = propriétaire)
4. Qui s'assure au maximum. (var = assurance) »

Nous avons repris ces deux questions d'enquêtes menées par Arrondel, Masson et Verger (2004) sur les comportements des ménages en matière de comportements financiers, enquêtes réalisées par la TNS Sofres en 2002 et 2007.

132 Probabilité subjective d'occurrence de l'événement (I, M)

Inondation

« Avec quelle probabilité, estimez-vous la possibilité que votre lieu d'habitation soit inondé (indiquez s'il vous plaît une probabilité comprise entre 0% et 100%)?

Durant l'année à venir ?.....% => PROBSUB

Durant les 10 années à venir ?% => PROBDIX

Durant les 100 années à venir ?% » => PROBCENT

Soldat

« Quelle est la probabilité pensez-vous qu'il est que vous et votre unité de participer à des opérations de combat?

S'il vous plaît indiquez une probabilité comprise entre 0% à 100%. » => PROBSUB

Autre réponse possible : « Non approprié car ma fonction fait que je ne prendrai pas part aux hostilités » (et qui sera alors codé comme une valeur manquante).

133 Sévérité du risque subi (I,S)

Une série de questions spécifiques a été utilisée pour estimer la sévérité du risque subi, soit lors de l'inondation, soit lors de l'exposition au combat lors de la mission.

Il s'agit de 16 questions pour l'enquête inondation (de I1 à I16 dans le questionnaire reproduit en Annexe 4-1), portant sur leur vécu de l'inondation, leur vécu des effets de l'inondation sur les personnes, les animaux, et sur les biens. Les sources d'inspiration ont été Zaalberg et al. (2009), Verger et al. (2003), Briere and Elliott (2000), Assanangkornchai et al. (2004) et Grelot (2004).

Il s'agit de 14 questions pour l'enquête auprès des soldats (question 14 avec 14 items du questionnaire de retour de mission). Elles portent sur la participation au combat, leur présence lors d'attaque, le fait d'avoir vu des membres de l'unité blessé ou tué, des ennemis tués ou blessés, etc. à la fois pour la dernière mission, et également au cours des missions précédentes pour les soldats étant déjà parti en mission.

Pour les deux enquêtes, nous construisons un indice de SEVERITE sur 10, à partir des réponses aux questions.

134 Mesure de l'humeur (E)

Les expériences étant axées sur l'étude du rôle des émotions et des affects dans la prise de décision, nous avons aussi interrogé les sujets sur leur humeur au début de l'expérience. Nous avons utilisé pour cela le questionnaire "Brief Mood Introspection Scale (BMIS)" développé par John D. Mayer (1988).

« Cette liste contient 16 adjectifs qui font référence à différents états émotionnels. Pour chacun d'eux, vous devez entourer le symbole qui correspond au mieux, à l'état que vous ressentez en ce moment. Vous pouvez graduer vos réponses en fonction de l'intensité émotionnelle que vous ressentez actuellement.

Si vous ne ressentez pas du tout l'état mentionné, entourez XX

Si vous ressentez un peu cet état, entourez X

Si vous ressentez un peu plus cet état, entourez V

Si vous ressentez tout à fait cet état, entourez VV »

	<i>pas du tout</i>		<i>tout à fait</i>	
1. Dynamique	XX	X	V	VV
2. Heureux	XX	X	V	VV
3. Triste	XX	X	V	VV
4. Fatigué	XX	X	V	VV
5. Bienveillant	XX	X	V	VV
6. Content	XX	X	V	VV
7. Mélancolique	XX	X	V	VV
8. Excité	XX	X	V	VV
9. Épuisé	XX	X	V	VV
10. Grincheux	XX	X	V	VV
11. Énergique	XX	X	V	VV
12. Nerveux	XX	X	V	VV
13. Calme	XX	X	V	VV
14. Affectueux	XX	X	V	VV
15. Agacé	XX	X	V	VV
16. Vif	XX	X	V	VV
17. Globalement, mon humeur est :				
Très déplaisante	Très plaisante			
-10 -9 -8 -7 -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10				

La version française que nous utilisons a été établie par Niedenthal et Dalle (2000) (et est disponible ici : http://www.unh.edu/emotional_intelligence/ei_Measuring_Mood/mmBMISinFrench.htm).

Un score global de « bonne humeur » peut être construit en sommant les résultats aux 16 premières questions (réponses codées entre 1 (XX) et 4 (VV) pour les questions 1, 2, 5, 6, 11, 13, 14, et 16 et de façon inversée pour les autres questions) => bmis_pleasant_unpleasant.

Un premier sous-score « d'excitation » est construit à partir des questions 1, 3, 5, 7, 8, 11, 12, 14, 15, 16 (codées dans l'ordre croissant) et des questions 4 et 13 (codées dans l'ordre inverse) => bmis_arousal_calm.

Pour distinguer une excitation qui est liée à des aspects positifs, un sous-score « d'excitation positive » est construit à partir des questions 1, 5, 11, 14, 16 (codées dans l'ordre croissant) et des questions 4 et 9 (codées dans l'ordre inverse) => bmis_positive_tired.

Inversement, un sous-score « d'excitation négative » relié plus à des aspects d'énervement est basé sur les questions 3, 7, 8, 12, 15 (codées dans l'ordre croissant) et la question 13 (codée dans l'ordre inverse) => bmis_arousal_calm.

135 Mesure de la capacité à s'inquiéter (E)

Comme au cours de l'expérience sur la prise de décision face à des « risques catastrophiques » la mesure de l'état émotionnel se fait par un report subjectif sur leur niveau d'anxiété, dans le questionnaire préalable nous avons cherché à explorer plus précisément la sensibilité au stress au-delà de la seule mesure de neuroticism. Pour cela nous avons utilisé la version française (Gana et al., 2002) d'un questionnaire évaluant la tendance générale à s'inquiéter : le « Penn State Worry Questionnaire » développé par Meyer et al. (1990).

« Notez chacune des phrases suivantes sur une échelle de 1 (“Ne me caractérise pas du tout”) à 5 (“Me caractérise tout à fait”) »

1. Si je n'ai pas assez de temps pour tout faire, je ne m'en inquiète pas.
2. Mes inquiétudes m'envahissent.
3. Je n'ai pas tendance à m'inquiéter à propos de toutes choses.
4. Plusieurs situations m'amènent à m'inquiéter.
5. Je sais que je ne devrais pas m'inquiéter à tous propos, mais je n'y peux rien.
6. Quand je suis sous pression, je m'inquiète beaucoup.
7. Je suis toujours en train de m'inquiéter pour une chose ou une autre.
8. Je trouve qu'il est facile de me débarrasser des pensées inquiétantes.
9. Dès que j'ai fini une tâche, je commence à m'inquiéter au sujet de tout ce qu'il me reste à faire.
10. Je ne m'inquiète jamais de rien.
11. Quand il n'ya plus à rien que je puisse à propos d'un souci, je ne m'inquiète plus.
12. J'ai été quelqu'un d'inquiet toute ma vie.
13. Je me rends compte que je m'inquiète pour certaines choses.
14. Dès que je commence à m'inquiéter, je ne peux plus m'arrêter.
15. Je m'inquiète tout le temps.
16. Je m'inquiète au sujet de mes projets jusqu'à ce qu'ils soient tous réalisés.

Un score global peut être construit en sommant les résultats aux 16 questions (en inversant le codage des réponses pour les questions 1, 3, 8, 10, 11) => pswq.

14 Variables socio démographiques (E, I, S)

Les variables usuelles permettant de caractériser le répondant ont été collectées : âge, sexe, niveau d'étude, profession, revenu,...

Le tableau 3-1 résume les questions abordées dans les quatre questionnaires, ainsi que le nom des variables qui ont été construites.

2 Présentation des deux enquêtes

Les premiers résultats de la pré enquête en situation réelle ont montré la limite du mode de questionnement simultané lorsqu'il s'agit de présenter de faibles probabilités d'occurrence ou des questionnaires nécessitant une adaptation conditionnée par les réponses de l'enquêté à des phases précédentes. Dans le même temps, l'analyse de la revue de la littérature nous a amené à envisager des pistes complémentaires à celles envisagées au départ. Finalement, les deux orientations prises (une enquête sur des communes différemment exposées au risque d'inondation, et une enquête auprès des soldats avant et après leur mission) rendaient impossible l'utilisation d'un questionnement simultané. Nous avons donc décidé de modifier la méthodologie d'enquête initialement prévue en recourant à des questionnaires en face-à-face plutôt qu'à une enquête simultanée pour l'enquête en population générale et spécifique (inondation), et à des questionnaires papier auto administrés sur site, avec superviseur pour l'enquête sur les soldats.

21 Enquête inondation

La région PACA étant le lieu retenu pour les enquêtes portant sur la population générale et spécifique, nous avons retenu les quatre communes suivantes pour leur adéquation avec les critères d'exposition au risque d'inondation (voir la figure 3-1)

La commune de Miramas (25 257 habitants), qui est une commune des Bouches-du-Rhône dont l'ensemble du territoire n'est exposé à aucun risque d'inondation ou de ruissellement par barrage ou par submersion.

La commune de Berre l'Etang (13 800 habitants) qui est une commune des Bouches-du-Rhône dont l'ensemble du territoire est en zone inondable, par crue torrentielle (crue de l'Arc) et par rupture du barrage de Bimont en amont.

La commune de Vaison-la-Romaine (6 200 habitants) qui est une commune du Vaucluse ayant été inondée en septembre 1992 lors de la crue de l'Ouvèze, soit presque 20 ans auparavant, ayant provoqué 37 décès et 4 disparus. Cette crue constitue la référence pour la crue centennale (qui a une probabilité d'occurrence de 0,01 par an).

La commune de Draguignan (36 600 habitants) qui est une commune du Var ayant été inondée en juin 2010 lors de la crue de la Nartuby, soit deux ans auparavant, ayant provoqué 23 décès (dont douze à Draguignan) et 2 disparus. Cette crue constitue également la référence pour la crue centennale (qui a une probabilité d'occurrence de 0,01 par an).

Tableau 3-1 : Tableau synthétique des thématiques abordées dans les différents questionnaires.

Questionnaires	Expériences (E)	Enquête Inondation (I)		Enquête Soldats (S)	
Echantillons	Assurance : N = 48 Pilote : N = 81 Risque Cata. : N = 103	Non inondés : N=284	Inondés : N=318	Avant mission : N=462	Après mission : N=462
CSP et autres var. démo	Oui	Oui		Oui	
Sentiment de contrôle	CONTROLE	CONTROLE		CONTROLE	
Traits de personnalité	NEURO, CONSCI	NEURO, CONSCI		NEURO, CONSCI	
Heureux, chance	HAPPY, CHANCE	HAPPY, CHANCE		HAPPY, CHANCE	
Humeur	BMIS 1 à 17				
Inquiétude	PSWQ				
Attitude vis à vis du risque au quotidien (de 0 à 10)	loisir, prof, finance, famille, santé, sport, alcool, tabac	loisir, prof, finance, famille, santé, sport, RISKPERSON#, ALCOOLRISK*, SMOKER*, DRUGHASH*, DRUGOTHER*, DRUGALL*, SPORTDUM*		RISKPERSON#, ALCOOLRISK*, SMOKER*, DRUGHASH*, DRUGOTHER*, DRUGALL*, SPORTDUM*§	
Risque par rapport à pop.		RISKPOP		RISKPOP	
Préférences en matière de gains et assurance contre une perte	Loterie, patrimoine, assu_part_patrimoine, assu_tot_patrimoine	BILLETPTCT, PATRIMOINE, PRIME100, PRIME50, LOSSALL, LOSSHALF		BILLETPTCT, PATRIMOINE, PRIME100, PRIME50, LOSSALL, LOSSHALF	
Attitude en matière de placement et de gestion	Placement, bourse, épargne, propriétaire, assurance				
Six loteries	Ec+ et ecmoins	RiskAvertGain, RiskAvertPert, RiskAvertTot			
Emotions anticipées		EMOTION		EMOTION	
Réactions anticipées				REACTION	
Proba subj. d'inondation (1, 10, 100 ans) ou combat		PROBSUB, PROBSUBDIX, PROBSUBCENT		PROBSUB	
PTSD		PTSD, PTSDDUM			PTSD, PTSDDUM
Sévérité du risque subi			SEVERE		SEVERE
Préf. sur investissement	Loterie investissement	LOSSLOVER		LOSSLOVER	
Préf. pour le présent		PREFPRESENT		PREFPRESENT	

item « tous domaines confondus » * questions indépendantes dans le questionnaire § SPORTDUM seulement avant mission



Figure 3- 1 : Carte localisant les 4 communes enquêtées (rond jaune), les cours d'eau (traits bleus foncés) et ainsi les zones inondables (en bleu clair et bleu foncé pour le Rhône). Source : Dreal-PACA, IGN, SHOM, BRM, SDeS, DGFIP.

Les personnes interrogées devaient résider sur la commune, et être âgées de plus de 18 ans au moment de l'entretien. De plus pour les deux communes inondées, les personnes devaient être physiquement présentes sur la commune le jour de l'inondation, et être âgées de plus de 18 ans à cette date (ce qui implique que la population enquêtée à Vaison-la-Romaine sera en moyenne plus âgée que celle des trois autres communes). Notons que nous avons cherché à retenir des communes avec une taille la plus proche possible (compte tenu des contraintes liées à nos choix d'exposition au risque d'inondation), et qu'elles se trouvent circonscrites dans un cercle de 65 km de rayon.

L'analyse empirique s'appuie sur un échantillon de 602 individus, interrogés en face à face et à domicile, entre le 26 avril 2012 et le 30 juin 2012, par l'institut d'enquête Enov Research. Huit enquêteurs (deux sur chaque site) ont été mobilisés, disposant d'une tablette informatique pour la saisie, ainsi que de matériel d'enquête, sous la direction d'un chef d'enquête. Afin de motiver les individus à participer et à répondre correctement à ce questionnaire assez long (entre 60 et 90 minutes), ils étaient informés que leur participation leur donnait une chance sur 100 de gagner une tablette iPad 2. Le jeu concours a été organisé par un huissier, qui a également effectué le tirage au sort, et les 6 iPad ont été envoyés aux gagnants en juillet 2012.

Un des objectifs essentiels de cette enquête était de dégager les principaux facteurs influençant le consentement à payer des personnes interrogées ainsi que d'explorer l'influence des émotions sur le consentement à payer des individus pour réduire leur vulnérabilité et leur exposition aux inondations. De ce fait, le questionnaire est structuré en huit modules de la manière suivante (voir le texte complet du questionnaire en Annexe 4).

- Le module « Logement / inondation en général » (27 questions), qui pose des questions sur les caractéristiques du logement occupé, sur les assurances logement et corporelle complémentaire, le type et la fréquence d'information sur le risque inondation, le niveau de connaissance de ce risque et du vocabulaire associé au risque d'inondation, sur l'évaluation subjective du risque d'inondation de son lieu de résidence dans l'année qui vient, dans les 10 prochaines années et dans les cent prochaines années, ainsi que les émotions anticipées dans l'hypothèse où il subirait une inondation.

- Le module « Perception des risques » (4 questions), les interroge sur leurs attitudes vis à vis du risque dans différents domaines, leur évaluation subjective pour cinq types de risque et pour le fait d'avoir de la chance par rapport à la population générale, et leur état émotionnel concernant leur état de bonheur.

- Le module « Choix monétaires » (12 questions), porte sur des choix hypothétiques concernant des loteries (permettant de révéler des équivalents certains pour les pertes et les gains, des niveaux de risque aversion et de préférence pour le présent), et des comportements d'assurance pour protéger ses biens.

- Le module « Personnalité » (5 questions), sur le sentiment de contrôle et sur des traits de personnalité (au moyen de 17 affirmations issus de tests de personnalité établis par des psychologues).

- Le module « PTSD » (10 questions) : Ce module vise à déterminer un éventuel syndrome post-traumatique chez les individus interrogés, et sa nature. Si c'est le cas, un questionnaire standardisé en 17 questions est posé.
- Le module « Spécifique inondation » (27 questions) : ce module est posé aux habitants de Vaison-la-Romaine et de Draguignan, et à toute personne ayant déclaré avoir vécu une inondation ayant généré un événement stressant. Il interroge les individus sur la sévérité du risque subi : leur vécu de l'inondation (4 questions), leur vécu des effets de l'inondation sur les personnes et animaux (8 questions) et sur les biens (7 questions), et les conséquences qu'eut l'inondation (8 questions).
- Le module « CAP » (9 groupes de questions) : Ce module a pour but d'évaluer le consentement à payer (CAP) des personnes interrogées selon deux scénarios différents, et pour deux types de risque naturel : inondation, et tempête. La méthode d'évaluation contingente permet de révéler les préférences des individus face à des choix hypothétiques. Nous la mobilisons dans un premier exercice, afin de déterminer les CAP pour une réduction du risque d'inondation (aléas) et pour une réduction des conséquences financières (vulnérabilité). Nous effectuons un second exercice dans lequel les CAP sont également élicités pour ces deux types de scénarios, mais lorsque le risque est soit une inondation, soit une tempête. Cet exercice, que nous qualifions de « normalisé » dans la suite (et qui est consultable dans l'annexe 4-1, questions WTP8-1, 8-2, 9-1 et 9-2), élimine les différences de composition familiale, de revenu ou de résidence.
- Le module « Questions socio démographiques » (17 questions) : ce module collecte les informations usuelles sur le répondant, sa famille, son niveau d'étude, sa situation professionnelle, ses habitudes en matière de sport à risque, de consommation d'alcool, de tabac et de drogue.

Le questionnaire se termine par deux questions auxquelles l'enquêteur doit répondre portant sur le degré de compréhension et le degré d'attention du répondant au cours de l'enquête, et une question ouverte pour tout commentaire traduisant des faits évoqués lors de l'enquête et qui peuvent expliquer les réponses.

22 Enquête soldats

Les données sur les soldats danois proviennent d'une enquête réalisée par un questionnaire auprès de soldats qui ont été envoyés en Afghanistan (Force Internationale d'Assistance et de Sécurité, FIAS 11) ou au Liban (Force intérimaire des Nations Unies au Liban, FINUL 4) en janvier 2011, pour une mission de 6 mois. L'enquête a été menée avant et après la mission grâce à la collaboration de l'armée danoise. La collecte des données a été réalisée par l'institut SFI-Survey,¹ et a déjà donné lieu à une exploitation des questions de motivation (voir Lyk-Jensen et al., 2012 ; Glad and Lyk-Jensen, 2013).

¹Les données ont été collectées dans le cadre d'un projet de recherche intitulé « Danske Hjemvendte Soldater », projet commandé par *Soldaterlegatet* et financé par les fondations Trygfonden, Lundbeckfonden, Novo Nordisk Fonden et Aase og Ejnar Danielsens Fond. L'institut SFI-survey est décrit ici : <http://www.sfi.dk/sfi-survey-2832.aspx>.

Le questionnaire se présentait sur support papier, que les soldats ont eux-mêmes rempli. Pour l'enquête avant le départ en mission, fin janvier 2011, les enquêteurs de SFI-Survey ont remis les questionnaires aux différents chefs de groupes et leur ont donné les instructions à respecter. Les chefs de groupe ont ensuite réuni les soldats au cours de la mission de préparation afin qu'ils remplissent le questionnaire dans deux casernes, celle d'Oksbøl (ISAF 11) et celle de Fredericia (FINUL 4). Les enquêteurs de SFI-Survey sont revenus récupérer les questionnaires à la fin de la mission de préparation.

Au retour de mission, début août 2011 les questionnaires ont été remplis par les soldats dans les casernes d'Aalborg, Holstebro, Slagelse, Vordingborg, Varde / Oksbøl, Skive et Fredericia, après avoir reçu les instructions des enquêteurs de SFI-Survey. En répondant les soldats ont indiqué leur numéro de matricule (MA-nr.), ce qui a permis de relier les réponses avant et après le déploiement.

Seules les réponses ayant un numéro de matricule valide ont été conservées, et les numéros de matricules ont été comparés avec les listes fournies par l'armée sur les personnels qui devaient être envoyés dans l'une ou l'autre des missions. Au total, nous disposons de 595 questionnaires valides avant le départ en mission (sur 599), et 654 questionnaires valides après le retour (sur 679).

Nous allons nous intéresser aux soldats qui ont répondu au questionnaire avant et après la mission, soit 462 personnes. Diverses raisons expliquent une différence entre le nombre de personnes interviewées avant et après. D'une part, tous les soldats ne sont pas déployés pour la même durée. En principe la mission dure six mois mais pour certains, elle ne dure que 4 mois (le personnel déployé comme mécanicien, par exemple, effectue généralement des missions plus courtes de 4 mois). Certains soldats ont donc répondu au questionnaire de départ mais sont rentrés au Danemark avant août 2011, alors que d'autres sont partis après janvier 2011 et n'ont donc été enquêtés qu'à leur retour en août 2011.

D'autre part, il est à déplorer le décès d'un des soldats en Afghanistan, trois soldats ont été blessés et 26 rapatriés avant la fin de leur mission. Ces personnes n'ont donc pas répondu au questionnaire à leur retour.

Un des objectifs essentiels de cette enquête était de dégager les principaux facteurs influençant les émotions lors de décisions en situation d'incertitude, en particulier lors de l'exposition à un risque spécifique. De ce fait, le questionnaire est structuré de la façon suivante, très proche du questionnaire inondation. Ainsi, les modules « Perception des risques » (4 questions), « Choix monétaires » (12 questions), « Personnalité » « PTSD » (10 questions, posé au retour de mission) et « Questions socio démographiques » (17 questions) sont exactement les mêmes que ceux utilisés dans inondation. Un module supplémentaire a porté sur les réactions anticipées en cas d'action de combat.

Le module « Logement / inondation en général » est remplacé par un module « Mission / aspect militaire » recherchant les motivations pour participer à la mission, les expériences militaires passées, des renseignements d'ordre purement militaire, et pour le questionnaire départ de mission, des questions sur les émotions anticipées dans l'hypothèse où il subirait une action de combat. Le module « Spécifique inondation », qui sert à mesurer une échelle

de la sévérité du risque subi, est remplacé par un module comparable posé au retour de mission, sur la sévérité de l'exposition au stress lors de la mission. Enfin, le module CAP n'a pas lieu d'être dans l'enquête auprès des soldats.

3 Présentation des expériences

31 Cadre général

Les expériences se sont déroulées dans le Laboratoire d'Economie Expérimentale de l'université Paris 1 qui comprend 20 postes informatiques. Pour recruter les sujets pour les différentes sessions, des envois par mail sont adressés au pool de sujets. Nous avons inclus dans le recrutement les sujets qui ont eu une première inscription dans l'enseignement postérieure à l'année 2000 et exclu les sujets ayant déjà participé à des expériences similaires, notamment celles utilisant la tâche de numérosité employée dans l'expérience.

Pour leur participation aux expériences, les sujets sont rémunérés. La rémunération comprend une part forfaitaire (ici 5 € pour la participation) et une part variable qui dépend de la performance du sujet et de ses choix. Cette part variable dépend du design de l'expérience.

Avant de débiter la partie principale de l'expérience, les sujets répondent au questionnaire comprenant les éléments présentés précédemment (voir Annexe 4-2 pour cette partie).

La partie principale débute par un apprentissage non rémunéré de la tâche perceptive pour permettre au sujet de s'entraîner à la tâche et à l'expression de sa confiance essai par essai. Cette phase sert aussi à calibrer la difficulté de la tâche de perception pour obtenir un taux de réussite proche de 70% pour tous les sujets (ce que les sujets ignorent). Cette calibration n'est toutefois pas parfaite et nous conservons une hétérogénéité de réussite dans la partie principale de l'expérience.

Les sujets ne bénéficient d'un retour d'information sur leur réussite et l'obtention de points de confiance que dans la phase d'entraînement. En effet, nous avons observé que ces retours d'information ont une influence importante sur leur comportement (tendance à avoir une confiance plus élevée après une réussite, plus faible après un échec) ce qui introduit des effets de contexte non contrôlés, problématiques pour le traitement des données.

Cette tâche peut être répétée de nombreuses fois (500 dans l'expérience Pilote, 200 essais rémunérés pour l'expérience Assurance, 350 pour l'expérience Risque Catastrophique) ce qui donne de nombreuses données de confiance que nous pouvons confronter aux prédictions de modèles de formation de confiance. Cela permet aussi de mesurer les capacités métacognitives des sujets. Dans la section suivante, nous décrivons comment ces données peuvent être utilisées.

32 Description des protocoles Assurance et Risque Catastrophique

Nous ne décrivons pas en détail le protocole de l'expérience Pilote. Ce protocole visait à étudier l'influence de divers éléments de contexte sur la performance à la tâche perceptive, la métacognition et le comportement d'assurance. Le protocole s'est avéré trop complexe et

nous l'avons donc simplifié pour les deux expériences suivantes. Nous voulions notamment tester l'influence du passé, ce qui implique de donner de nombreux retours d'information sur la réussite. Or les sujets sont très sensibles à ces informations, avec par exemple des effets de « déprime » important sur la confiance exprimée observée après un échec ce qui rend les données difficiles à traiter proprement du fait des « perturbations » induites par les retours d'information.

Les deux protocoles Assurance et Risque Catastrophique sont structurés de la même manière. Le déroulement de l'expérience est indiqué sur la figure 3-2 :

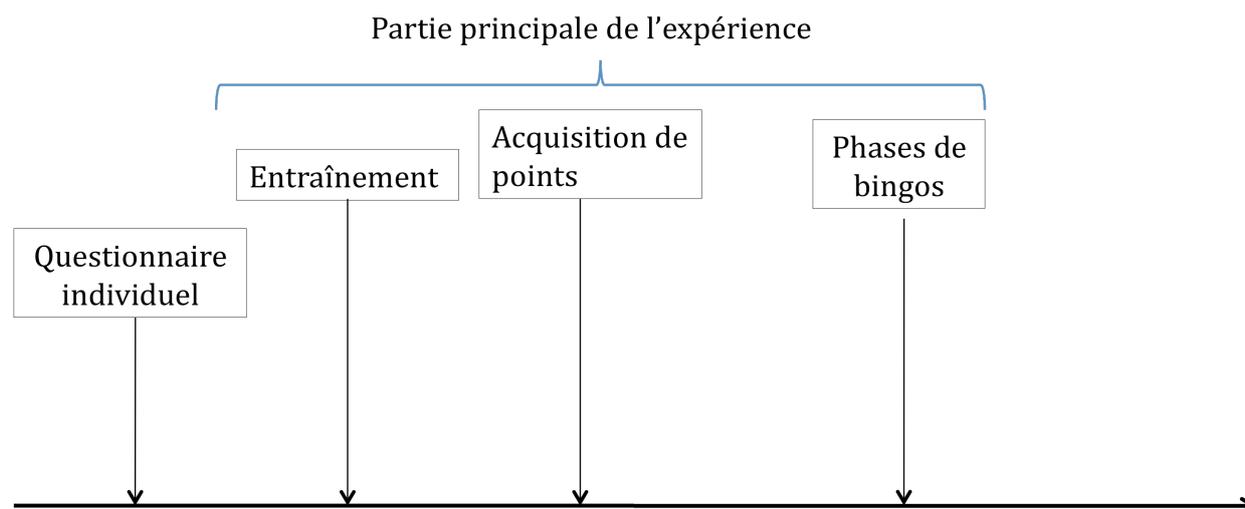


Figure 3-2 : Déroulement de l'expérience

Le protocole débute par le questionnaire psychologique. La partie perceptive commence ensuite par la période d'apprentissage de la tâche.

Dans le protocole Risque Catastrophique, les sujets passent ensuite à une phase d'accumulation de points qui constituera un capital pour la suite l'expérience, chaque essai réussi rapportant 1 point. Il est fait en sorte que tous disposent de 20 pts. Cette phase sert à créer un affect concernant un capital possédé. Cette phase n'existe pas dans le protocole Assurance.

Les bingos sont organisés selon la figure 3-3 :

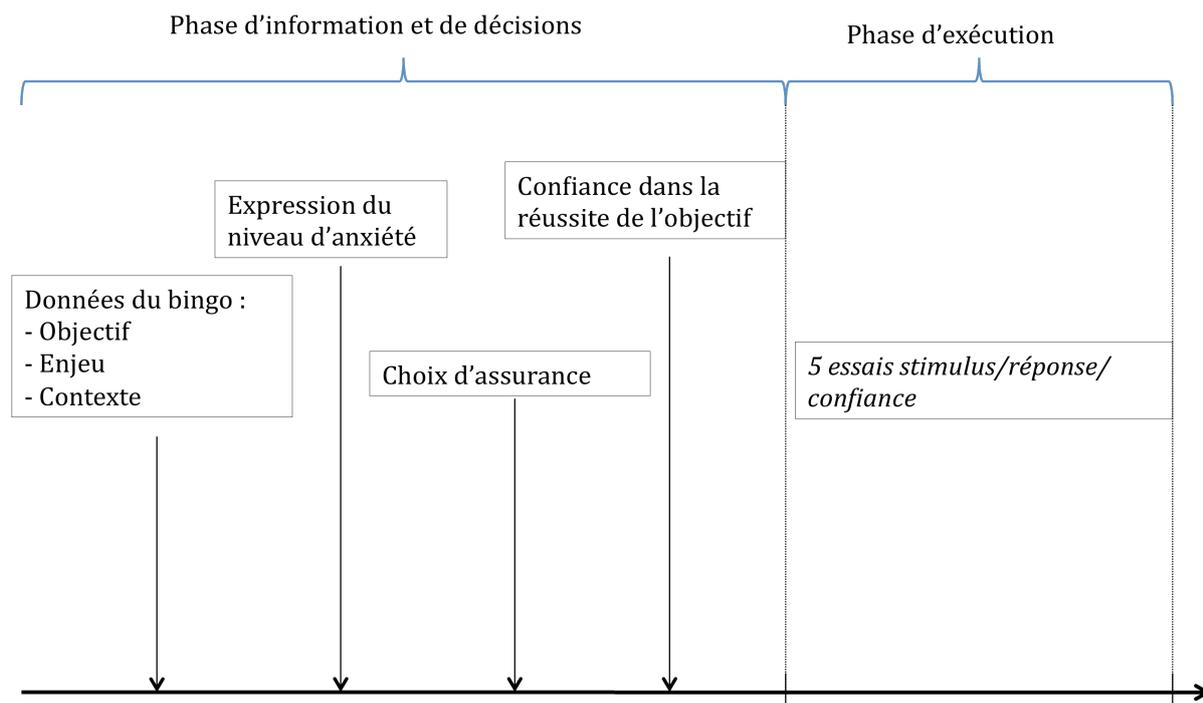


Figure 3-3 : Organisation des bingos

Un bingo comprend une première phase d'information et de décision suivi d'une phase d'exécution de 5 essais.

La première phase débute par la prise de connaissance d'information sur le bingo. Dans le protocole Risque Catastrophique, les sujets expriment ensuite leur niveau d'anxiété. La première décision prise est celle d'assurance puis les sujets indiquent leur niveau de confiance dans le fait de réussir le bingo.

Nous décrivons maintenant les paramètres des deux protocoles.

Protocole Assurance

Le protocole Assurance vise à étudier les liens entre la métacognition et les comportements d'assurance. Il s'agit d'une première étape pour valider le dispositif expérimental fondé sur la tâche de numérosité.

La phase de bingos comporte 200 essais, soit 40 bingos. Les bingos (appelé paris dans le protocole) ne diffèrent que par le niveau d'objectif à atteindre : soit 2, soit 3 essais réussis sur 5. Il y a 20 bingos pour chacun des deux niveaux d'objectif.

L'enjeu est toujours de gagner 20 € en réussissant un score minimal de 2 ou 3 essais réussis (sur 5). L'objectif est annoncé sur un premier écran (voir figure 3-4)

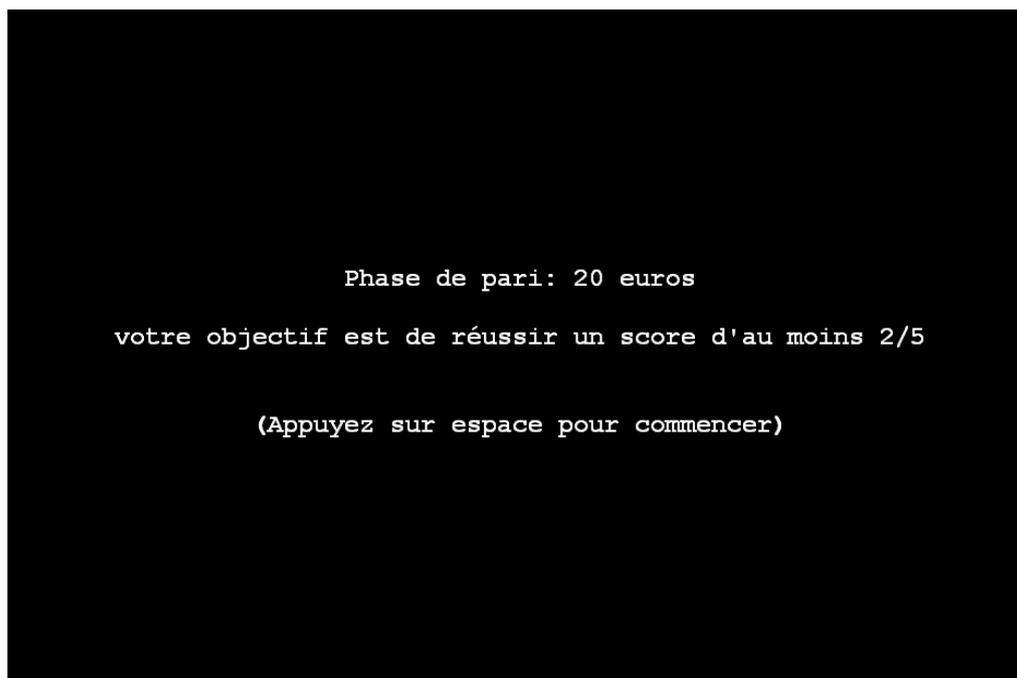


Figure 3-4 : Protocole Assurance, annonce de l'objectif

Les sujets peuvent ensuite souscrire à un mécanisme d'assurance sous la forme suivante :
« Remplissez sur la jauge suivante la somme minimale, que vous voulez de manière certaine »

La jauge est représentée sur la figure 3-5.

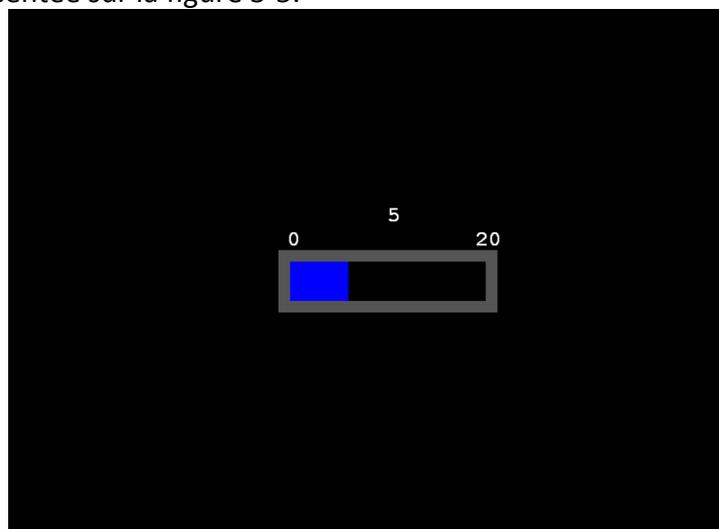


Figure 3-5 : Représentation de la jauge pour le mécanisme d'assurance

Il est expliqué aux sujets que le mécanisme est incitatif : l'ordinateur va proposer un échange. Il génère aléatoirement une somme entre 0 et 20, si cette somme est supérieure à la demande du sujet, celui-ci reçoit cette somme et le bingo n'a plus cours, sinon, le sujet gagnera s'il réussit le bingo. Le sujet ne sait pas s'il est effectivement assuré ou non et doit de toute façon effectuer les 5 essais qui lui permettent par ailleurs d'accumuler des points confiance.

Les sujets doivent ensuite donner leur confiance dans le fait de réussir l'objectif fixé. La jauge de confiance proposée permet de répondre à 1% près. En effet, les objectifs sont très

faciles à réaliser (moins de 5% de chance de rater l'objectif de 2 essais sur 5) et il est important que les sujets aient la possibilité d'ajuster précisément leur niveau de confiance.

A l'issue des 40 bingos fondés sur les périodes de 5 essais, les sujets ont 4 bingos supplémentaires mais cette fois-ci des probabilités exogènes de gagner (voir figure 3-6).

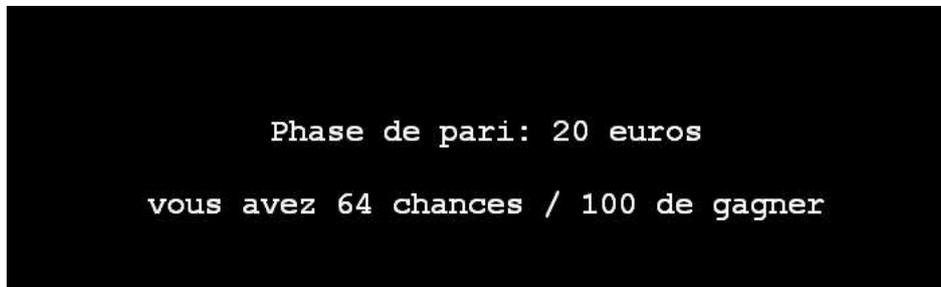


Figure 3-6 : Annonce des bingos supplémentaires

Les probabilités proposées dans ces bingos sont générées de la manière suivante :

- une correspond à la moyenne des confiances sur le fait de réussir l'objectif de 2 sur 5 que le sujet a exprimé au cours des 20 paris de ce type,
- une seconde est construite sur le même principe mais pour l'objectif de 3 sur 5,
- une correspond à la probabilité objective de réussir l'objectif de 2 sur 5 étant donné le taux de réussite observé à la tâche,
- la dernière est construite sur le même principe que la 3ème mais pour l'objectif de 3 sur 5.

Pour le paiement, les sujets obtenaient d'une part la somme correspondant aux points confiance accumulés au cours des essais, et d'autre part, un des 44 bingos était tiré au sort et les sujet obtenaient le gain correspondant à son bingo (valeur de l'assurance ou le gain de 20 € si l'objectif est atteint et que le sujet n'est pas assuré).

Pendant toute la partie rémunérée de l'expérience, les sujets ne recevaient aucun retour d'information sur les résultats des bingos et les gains de point confiance.

Protocole Risque Catastrophique :

Par rapport au protocole Assurance, ce protocole vise à étudier l'impact du contexte « gain/perte » et d'une variation du niveau des enjeux. La phase de bingos comporte 320 essais, soit 64 bingos. Dans les bingos, les sujets disposent du capital de 20 pts qu'ils ont accumulé préalablement.

Les bingos diffèrent sur trois dimensions :

- le niveau d'objectif : une fois sur 2 l'objectif est de 2 essais réussis sur 5 essais, 1 fois sur 4 de 3 sur 5 et une fois sur 4 de 4 essais sur 5,
- le niveau de l'enjeu : pour la moitié des bingos, la valeur du point est de 1 €, pour l'autre moitié, elle est de 10 €,
- le contexte gain/perte : en gain, le bingo est présenté comme la chance de pouvoir réaliser son capital si l'objectif est atteint alors qu'en perte, le bingo est présenté comme le risque de perdre son capital si l'objectif n'est pas atteint.

Les bingos à fort enjeu et présentés dans un contexte perte ont un aspect « catastrophique » : l'enjeu est de risquer de perdre 200 €.

Un exemple d'un écran d'information pour un bingo gain est donné dans la figure 3-7.

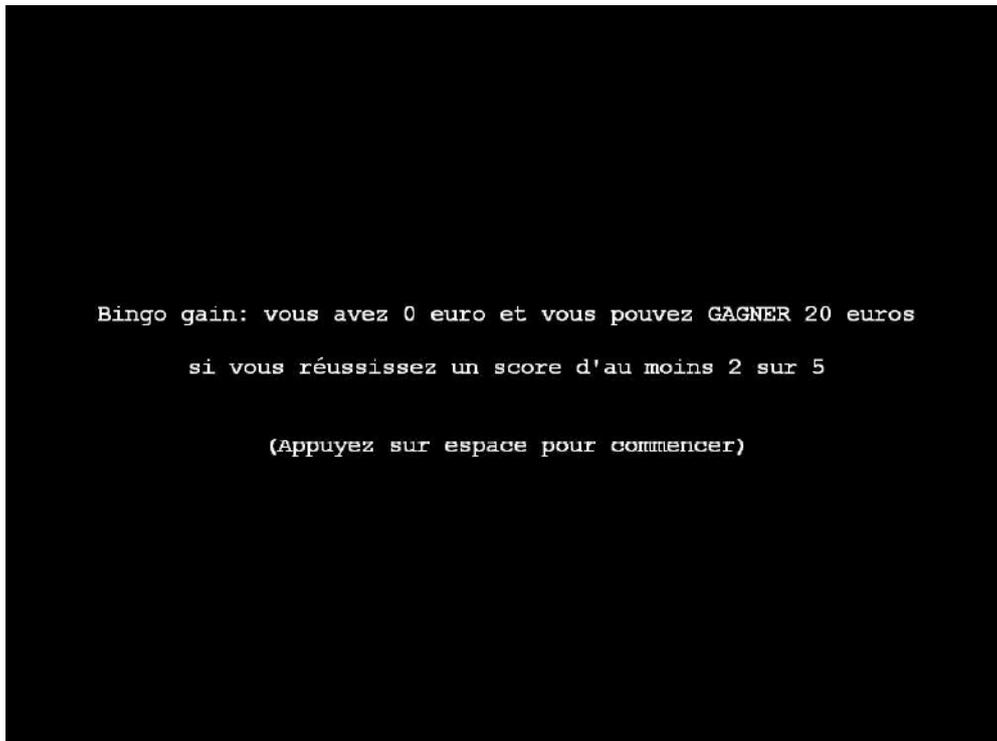


Figure 3-7 : Exemple d'un écran d'information pour un bingo gain

Un exemple d'un écran d'information pour un bingo perte est donné dans la figure 3- 8.

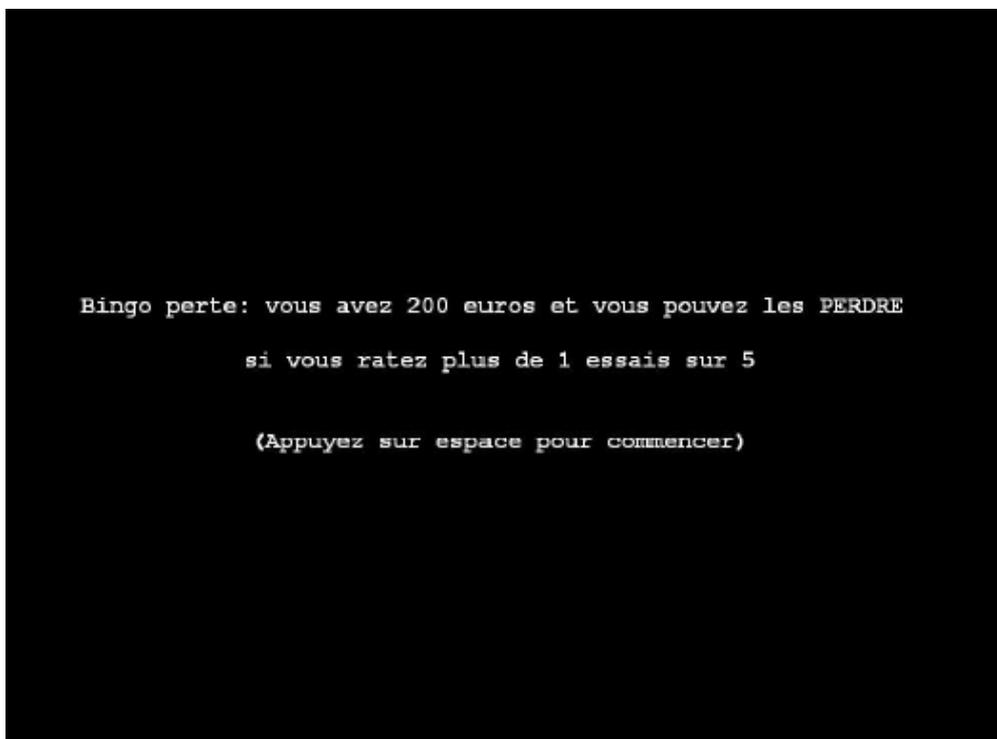


Figure 3-8 : Exemple d'un écran d'information pour un bingo perte

Au total, l'expérience comprend 64 bingos avec 32 bingos gains et 32 bingos pertes. Dans chaque contexte, les 32 bingos sont répartis comme indiqués dans le tableau

Tableau 3-8 : Répartition des bingos par contexte, enjeu et objectif

	Objectif 2 sur 5	Objectif 3 sur 5	Objectif 4 sur 5
Enjeu = 20 €	8	4	4
Enjeu = 200 €	8	4	4

Une fois que les sujets ont l'information sur le bingo qu'ils vont jouer, ils indiquent sur une échelle de 0 à 9 leur niveau d'inquiétude, puis choisissent leur niveau d'assurance.

La formulation de la question assurance diffère selon s'il s'agit d'un bingo gain (voir figure 3-9) ou d'un bingo perte (figure 3-10).

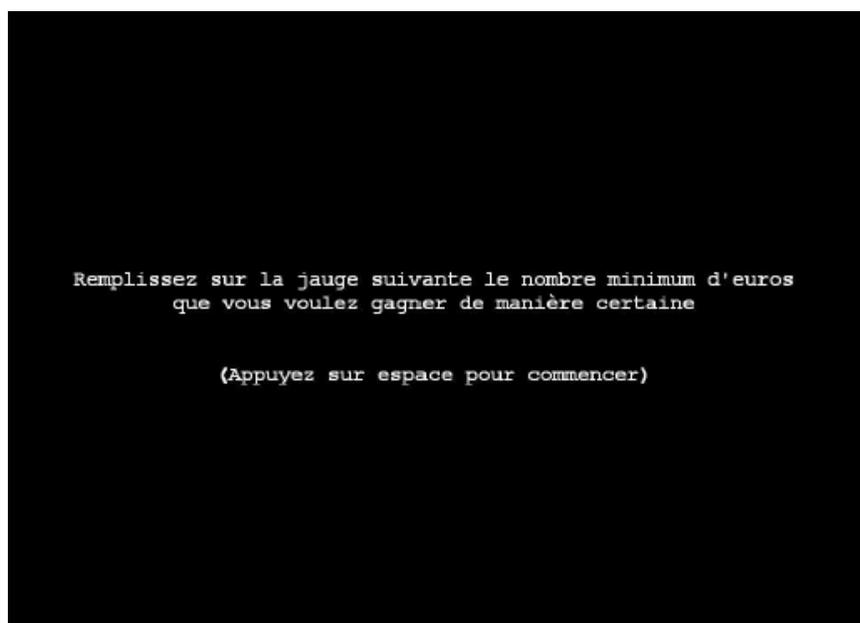


Figure 3-9 : Choix du niveau d'assurance (bingo gain)

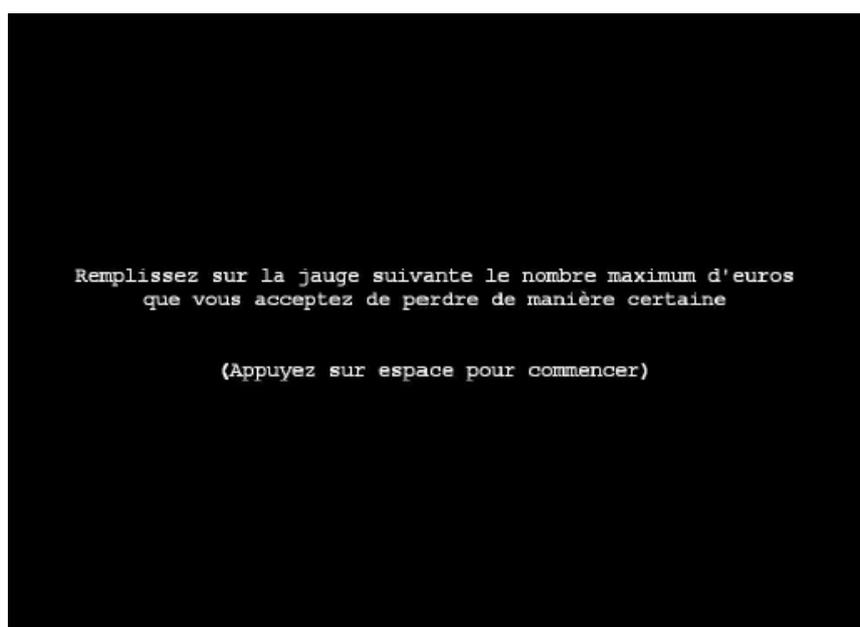


Figure 3-10 : Choix du niveau d'assurance (bingo perte)

Enfin ils expriment leur confiance dans le fait de réussir l'objectif du bingo avant de procéder aux essais.

Pour le paiement, les sujets obtenaient d'une part la somme correspondant aux points confiance accumulés au cours des essais, et d'autre part, un des bingos était tiré au sort (avec seulement une chance sur 20 pour que cela soit un bingo dans lequel le point valait 10 €), et les sujets obtenaient le gain correspondant. Comme dans le protocole assurance, pendant toute la partie rémunérée de l'expérience, les sujets ne recevaient aucun retour d'information sur les résultats des paris et les gains de point confiance.

4 Bibliographie

- Arrondel, L., Masson A., Verger D. (2004), Le questionnaire de l'enquête Insee-Delta Comportements face au risque et à l'avenir, *Economie et Statistique*, 374-375, p. 159-170.
- Assanangkornchai, S., Tangboonngam, S., Edwards J.G (2004), The flooding of Hat Yai: predictors of adverse emotional responses to a natural disaster, *Stress and Health* 20, p. 81–89.
- Borghans L., B.H. Golsteyn, J. Heckman, H. Meijers (2009), Gender Differences in Risk Aversion and Ambiguity Aversion, *Discussion paper serie IZA DP n°3985*, January, 17 p.
- Briere J., Elliott D. (2000), Prevalence, characteristics, and long-term sequelae of natural disaster exposure in the general population. *J Trauma Stress*, 13, p. 661–679.
- Costa, P. T., Jr., McCrae, R. R. (1992). NEO PI-R professional manual. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources, Inc.
- Dohmen, T., A. Falk, D. Huffman, U. Sunde (2010) Are Risk Aversion and Impatience Related to Cognitive Ability? *American Economic Review*, 100, p. 1238-1260.
- Fleming S., Weil R., Nagy Z., Dolan R., Rees G. (2010), Relating introspective accuracy to individual differences in brain structure, *Science*, 329(5998), p. 1541-1543.
- Fuchs V. (1982) Time preferences and health: An exploratory study, in *Economic Aspects of Health*, Fuchs V.R. (Ed), University of Chicago Press, p. 93-120.
- Gana K., Martin B., Canouet M-D., Trouillet R., Meloni F. (2002), Factorial structure of a French version of the Penn State Worry Questionnaire, *European Journal of Psychological Assessment*, 18(2), p. 158-164.
- Glad A., Lyk-Jensen S.V. (2013). Before and after missions: Changes and differences in motivations of Danish Soldiers Deployed to Peace-keeping and peace-enforcing missions, *mimeo*, to be submitted to *Armed Forces & Society*.
- Gable, J.E., Lytton, R.H. (1999), The development of a risk assessment instrument, *Financial Services Review*, 8, p. 163-183.
- Grelot F. (2004), Gestion collective des inondations: Peut-on tenir compte de l'avis de la population dans la phase d'évaluation économique a priori? Thèse ENSAM Paris, 383p
- Holt, C. A., Laury, S. K. (2002), Risk Aversion and Incentive Effects, *American Economic Review* 92, p. 1644–1655.
- John, O. P., Donahue, E. M., Kentle, R. L. (1991), The Big Five Inventory--Versions 4a and 54. Berkeley, CA: University of California, Berkeley, Institute of Personality and Social

Research.

- Lyk-Jensen, S. V., Heidemann, J., & Glad, A. (2012). *Soldater - før og efter udsendelse : en analyse af motivation, økonomiske forhold og kriminalitet*. København: SFI - Det Nationale Forskningscenter for Velfærd. [Soldats avant et après leur mission: une analyse de leurs motivations, de leur économie et de leur criminalité].
- Mayer, J.D., Gaschke, Y.N. (1988), The experience and meta-experience of mood. *Journal of Personality and Social Psychology*, 55(1), p. 102-111.
- Meyer, T.J., Miller, M.L., Metzger, R.L., Borkovec, T.D. (1990). Development and Validation of the Penn State Worry Questionnaire. *Behaviour Research and Therapy*, 28(6), p. 487-495.
- Morone A., Ozdemir O. (2006), Valuing Protection against Low Probability, High Loss Risks: Experimental Evidence, *Papers on Strategic Interaction 2006-34*, Max Planck Institute of Economics, Strategic Interaction Group.
- Niedenthal, P.M., Dalle, N. (2000). Le mariage de mon meilleur ami: Emotional response categorization during naturally induced emotions. *European Journal of Social Psychology*, 31, p. 737-742.
- Plaisant O., Courtois R., Réveillère C., Mendelsohn G.A., John, O.P. (2010). Analyse Factorielle du Big Five Inventory français (BFI-Fr) Analyse Convergente avec le NEO-PI-R, *Annales Médico-Psychologiques*, 168(2), p. 97-106.
- Robins LN., Wing J., Wittchen HU., Helzer JE. (1988). The Composite International Diagnostic Interview: an epidemiologic instrument suitable for use in conjunction with different diagnostic systems and in different cultures. *Arch Gen Psych*, 45, p. 1069-77.
- Rotter, J. (1966), Generalized expectancies for internal versus external control of reinforcements. *Psychological Monographs*, 80, Whole No. 609.
- Soane E., Chmiel, N. (2005) Are risk preferences consistent? The influence of decision domain and personality, *Personality and Individual Differences* 38, p. 1781–1791.
- Tupes, E., Christal, R., (1961), Recurrent Personality Factors Based on Trait Ratings. Technical Report ASD-TR-61-97, Lackland Air Force Base, TX: Personnel Laboratory, Air Force Systems Command.
- Ventureyra AG, Yao SN, Cottraux J, Note I, De Mey-Guillard C., (2002), The validation of the Post-Traumatic Checklist Scale (PCL-S) in post-traumatic stress disorder and non clinical subjects. *Psychother Psychosom*; 71, p. 47-53.
- Verger P., Rotily M., Hunault C., Brenot J., Baruffol E., Bard D. (2003), Assessment of exposure to a flood disaster in a mental-health study, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 13, p. 436–442.
- Weathers, F., Ford, J. (1996), Psychometric review of PTSD Checklist (PCL-C, PCL-S, PCL-M, PCL-PR). In B. H. Stamm (Ed.). *Measurement of stress, trauma, and adaptation*. Lutherville, MD: Sidran Press.
- Yao SN, Cottraux J, Note I, De Mey-Guillard C., Mollard E., Ventureyra V. (2003) Évaluation de l'état de stress post-traumatique : validation d'une échelle, la PCL-S. *Encephale* 29, p. 232-238.
- Zaalberg, R., Midden, C., Meijnders, A., McCalley, T. (2009). Prevention, adaptation, and threat denial: Flooding experiences in the Netherlands. *Risk Analysis* 29 (12), p. 1759-1778.

PARTIE 4

Liens entre émotion et décision dans les enquêtes Inondation et Soldat

0 Introduction

L'analyse de la revue de la littérature nous a permis de mettre en évidence un certain nombre de liens susceptibles d'expliquer la décision en incertitude à partir des émotions immédiates ou anticipées. Nous les avons enrichis en proposant quatre liens supplémentaires (voir Partie 2, figure 2-4), ce qui nous a conduit à la représentation ci-dessous, dans laquelle les liens sont représentés par des lettres de A à F, et le chiffre 2 pour la relation également commune aux expériences.

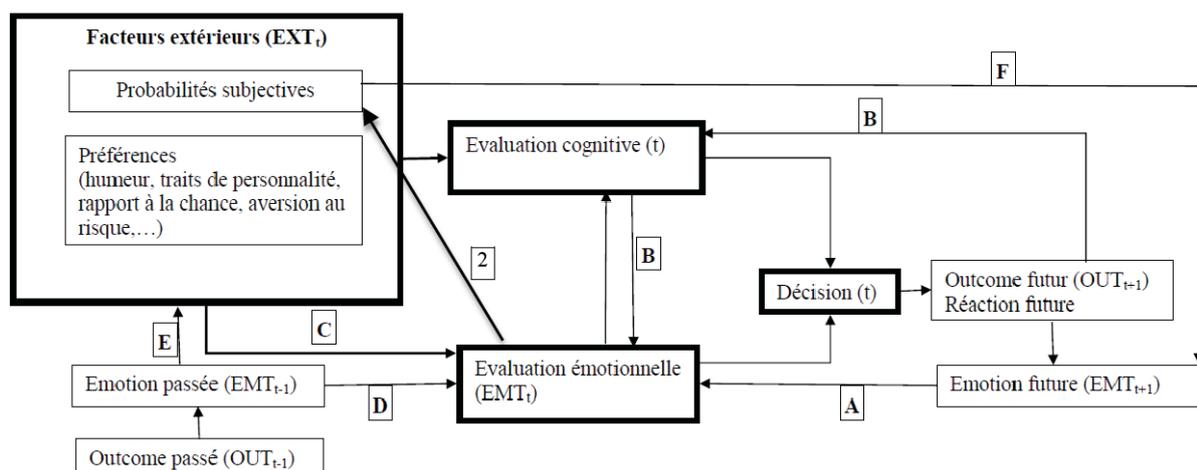


Figure 4-1 : Représentation des différents liens existant entre émotion et décision en incertitude

Nous cherchons, dans cette partie, à vérifier l'existence et l'intensité des 7 liens de la figure 1 au sein des données collectées lors des deux enquêtes, inondation et soldat. L'objectif consistant, dans l'enquête inondation, à explorer l'influence des émotions sur les consentements à payer des enquêtés pour réduire leur vulnérabilité et leur exposition aux inondations, fait l'objet d'une partie indépendante (voir partie 5)

Nous rappelons ci-dessous les différents effets ainsi que les catégories de variables qui seront utilisées dans les deux enquêtes pour les tests empiriques. Les sept effets sont :

- Effet A : $EMT_t = f(E_t([EMT_{t+1}]))$ pour l'enquête inondation,
- Effet B : $EMT_t = f(OUT_{t+1})$ pour l'enquête soldats,
- Effet C : $EMT_t = f(EXT_t)$ pour les deux enquêtes,
- Effet D : $EMT_t = f(EMT_{t-1})$ pour les deux enquêtes,
- Effet E : $EXT_t = f(EMT_{t-1})$ pour les deux enquêtes, et $EXT_{t+1} = f(EMT_t)$ pour les soldats

- Effet F : $EMT_{t+1} = f(\text{ProbSubj}_t)$ pour l'enquête soldats,
- Effet 2 : $\text{ProbSubj}_t = f(E_t([EMT_{t+1}]))$ pour les deux enquêtes.

Les catégories de variables sont les suivantes :

- EMT_t : l'évaluation émotionnelle au moment même de la décision n'étant pas mesurée, nous en utiliserons des proxy pour les effets A, C et D. Il s'agira des décisions prises par les répondants, pour se protéger d'un risque futur (par le comportement ou par un CAP pour diminuer le risque ou les conséquences d'une inondation) et d'un risque figurant dans les loteries proposées, et inclura également les émotions anticipées ($E_t([EMT_{t+1}])$) pour les effets C et D,
- EMT_{t-1} : représente les émotions ressenties dans le passé, et EMT_{t+1} celles ressenties dans le futur,
- OUT_{t+1} : représente la réaction une fois l'outcome futur connu, et ne sera testé que chez les soldats,
- EXT_t : représente les effets extérieurs (traits de personnalité, comportement vis à vis du risque, de la chance, le score au PTSD comme marqueur de personnalité),
- ProbSubj_t : représente l'évaluation de la probabilité subjective de l'événement (inondation ou situation de combat).

La variable émotions anticipées (EMOTION, dans la suite) traduit l'intensité de l'évaluation émotionnelle attendue en cas d'événement (inondation ou situation de combat), et agrège sous forme d'un score, l'intensité déclarée par le répondant pour plusieurs types d'émotions (cf. partie 3). Si le présent rapport ne considère que le score agrégé pour chaque répondant, des analyses futures s'attacheront à rechercher, au sein des émotions, si certaines sont plus pertinentes que d'autres lors des tests des effets. Les expériences se sont par exemple focalisées, dans la partie 6, essentiellement sur l'anxiété.

Nous commençons par traiter la base inondation (chapitre 1), puis la base des soldats (chapitre 2), et nous terminons en ébauchant une analyse comparative (chapitre 3)

1 Enquête Inondation

L'analyse empirique s'appuie sur un échantillon de 602 individus, interrogés en face à face et à domicile, entre le 26 avril 2012 et le 30 juin 2012, par huit enquêteurs de l'institut d'enquête Enov Research. Le questionnaire se terminait par deux questions fermées renseignées par l'enquêteur, sur son évaluation subjective du degré de compréhension du module CAP et du degré d'attention du répondant au cours de l'enquête, et une question ouverte pour tout commentaire traduisant des faits évoqués par le répondant et susceptibles d'expliquer certaines réponses. Afin de garantir la qualité des données, nous utilisons les deux questions fermées pour éliminer des traitements statistiques trois répondants qui ont été considérés comme ayant « un très faible degré d'attention et de compréhension », bien que leurs réponses ne semblent pas à première vue aberrantes. Nous travaillons donc sur 599 individus.

11 Quelques statistiques descriptives sur les données

Le tableau 4-1 reprend les statistiques descriptives de chacune des variables collectées lors de l'enquête. La définition des variables est donnée dans l'annexe 5 et la construction des variables en majuscules est explicitée dans la partie 3.

Tableau 4-1 : Statistiques descriptives sur la base de données inondation

Variables	Obs	Moyenne	Ecart-type	Min.	Max.
Age	599	51.32721	17.01985	16	94
Sexe masculin	599	.4490818	.4978163	0	1
Vit en couple	599	.5692821	.4955906	0	1
A au moins un enfant	599	.3622705	.4810581	0	1
A au maximum le brevet des collèges	599	.5809683	.493813	0	1
A au maximum le baccalauréat	599	.2671119	.442821	0	1
A fait des études supérieures	599	.1519199	.3592432	0	1
Revenu individuel (euros)	581	1421.687	903.3575	0	8000
Revenu du ménage (euros)	581	2105.852	1287.366	0	8000
Habite Draguignan	599	.2520868	.4345737	0	1
Habite Vaison-la-Romaine	599	.2487479	.4326487	0	1
Habite Miramas	599	.2537563	.4355235	0	1
Habite Berre	599	.245409	.4306891	0	1
DejaVecuEv	599	.0500835	.2182995	0	1
RISKVECUDUM	599	.5158598	.5001661	0	1
SPORTDUM	599	.1168614	.3215236	0	1
ALCOOLRISK	599	.0801336	.2717268	0	1
SMOKER	599	.2971619	.4573904	0	1
DRUGHASH	599	.0717863	.2583495	0	1
DRUGOTHER	599	.0217028	.1458332	0	1
DRUGALL	599	.0767947	.2664879	0	1
PTSD	599	24.83806	12.67205	17	80
PTSDDUM	599	.1068447	.3091739	0	1
SEVERE	599	1.507721	1.818252	0	8.75
NbreMoyenInfo	599	2.525876	1.420907	0	8
ConRisqBon	599	.409015	.492063	0	1
FreqInfolmp	599	.1786311	.3833632	0	1
PPRI	599	.278798	.4487827	0	1
PCS	599	.1769616	.3819552	0	1
SyndEau	599	.2203673	.4148407	0	1
Egalitaire	599	.517292	.500110	0	1
MesuresOK	599	.2687813	.4436965	0	1
AssurComplem	599	.3338898	.471995	0	1
AssurPaiera	599	.3656093	.4820031	0	1
PasPrepare	599	.4190317	.493813	0	1
PrisAction	599	.1619366	.3687005	0	1
PasàRisque	599	.2554257	.4364647	0	1
WtpTrav	244	141.2582	190.8253	0	1500
WtpTravVZ	335	102.8866	174.5072	0	1500
WtpAssur	240	152.0792	179.9278	0	1500
WtpAssurVZ	341	107.0352	166.1099	0	1500
WtpInondAssur	595	277.284	631.8583	0	10000

WtpInondTravaux	589	277.6384	736.8429	0	10000
WtpTempAssur	594	260.3973	544.6735	0	7000
WtpTempTravaux	587	353.8484	955.8394	0	10000
PROBSUB	599	6.144591	12.11334	0	100
PROBSUBDIX	599	9.371636	14.93288	0	100
PROBSUBCENT	599	16.66409	24.01936	0	100
EMOTION	599	7.167038	1.504624	2.5	10
RISKPOP	599	14.44741	2.44337	6	23
RISKPOPEV	599	2.994992	.8147727	1	5
RISKPERSO	599	3.786311	1.944312	1	10
CHANCE	599	5.590985	1.842816	0	10
HAPPY	599	6.762938	2.051322	0	10
BILLETPCT	599	.003231	.0087383	0	.1
PATRIMOINE	599	177666.1	214665.8	200	1800000
PRIME100	584	307.4418	840.1262	0	10000
PRIME50	584	235.9521	799.0638	0	12000
LOSSALL	584	.0137986	.1046086	0	1.75
LOSSHALF	584	.0104264	.0885577	0	1.75
LOSSLOVER	599	1.569282	.8702389	1	4
PREFPRESENT	574	2.95993	2.750243	0	7
RiskAvertGain	599	.4357262	.4962661	0	1
RiskAvertPerte	599	.5492487	.4979845	0	1
RiskAvertTot	599	.3222037	.4677111	0	1
CONTROLE	598	2.264214	1.17644	0	4
NEURO	599	2.512521	.8700588	1	5
CONSCI	599	4.140234	.6172348	1.89	5

L'âge moyen des répondants est de 51,4 ans, ils sont à 45% de sexe masculin, 57% vivent en couple, 36,2% ont au moins un enfant, 58% possède au maximum le niveau du brevet des collèges, 26,7% possède le baccalauréat et seuls 15% ont fait des études supérieures. Le revenu mensuel individuel est en moyenne de 1422 euros, celui du ménage de 2106 euros. La répartition entre les quatre communes d'enquête est équilibrée (25% dans chacune), si bien que 51,6% de la population enquêtée a déjà vécu au moins une inondation (RISKVECODUM) et 5% a déjà effectué vécu une inondation avant celles de Draguignan ou Vaison-la-Romaine. 11,7% pratiquent plus d'une fois par an un sport à risque, le score moyen au questionnaire de stress post traumatique est de 24,83 (sur 85), et presque 11% sont dans un état de stress post-traumatique (PTSDDUM, défini comme un score supérieur à 44 au questionnaire d'après les valeurs utilisées pour les validations internationales), que la cause soit l'inondation ou un autre événement traumatisant. Les autres variables sont commentées dans les sections 12 à 14 ci-dessous.

Nous étudions ci-dessous les relations entre quelques variables socio-démographiques et la commune d'enquête.

Le tableau 4-2 indique (en ligne) la distribution des répondants par genre et pour chacune des quatre communes. La première ligne indique la fréquence, la seconde la contribution au test d'indépendance du Chi2 et la troisième ligne le pourcentage par colonne. Le test d'indépendance indique qu'il n'y a pas de différence significative entre les communes quant à la répartition du sexe.

Tableau 4-2 : Répartition du sexe des répondants par commune

Sexe masculin	Q1				Total
	Berre l'E	Draguigna	Miramas	Vaison la	
Non	72	91	86	81	330
	1.0	0.7	0.1	0.0	1.8
	48.98	60.26	56.58	54.36	55.09
Oui	75	60	66	68	269
	1.2	0.9	0.1	0.0	2.2
	51.02	39.74	43.42	45.64	44.91
Total	147	151	152	149	599
	2.2	1.6	0.1	0.0	4.0
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Pearson chi2(3) = 4.0209 Pr = 0.259

Fisher's exact = 0.261

Le tableau 4-3 indique la distribution des répondants par âge (en ligne) et pour chacune des quatre communes enquêtées. Le test d'indépendance indique qu'il y a des différences significatives entre la distribution de l'âge et la localisation (rejet de l'hypothèse d'indépendance entre les tranches d'âge et le lieu d'enquête, avec une p-value inférieure à 0.0001).

Tableau 4-3 : Répartition de l'âge des répondants par commune

TRANCHEAGE	Berre l'E	Draguigna	Miramas	Vaison la	Total
15 à 19 ans	1	2	2	0	5
	0.0	0.4	0.4	1.2	2.1
	0.68	1.32	1.32	0.00	0.83
20 à 24 ans	10	12	8	0	30
	0.9	2.6	0.0	7.5	11.0
	6.80	7.95	5.26	0.00	5.01
25 à 39 ans	38	36	42	7	123
	2.0	0.8	3.7	18.2	24.8
	25.85	23.84	27.63	4.70	20.53
40 à 54 ans	46	63	43	35	187
	0.0	5.3	0.4	2.9	8.6
	31.29	41.72	28.29	23.49	31.22
55 à 64 ans	24	22	27	33	106
	0.2	0.8	0.0	1.7	2.7
	16.33	14.57	17.76	22.15	17.70
65 ans ou plus	28	16	30	74	148
	1.9	12.2	1.5	37.6	53.2
	19.05	10.60	19.74	49.66	24.71
Total	147	151	152	149	599
	5.1	22.2	6.1	69.0	102.3
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Pearson chi2(15) = 102.3456 Pr = 0.000

En particulier, la contribution au Chi2 indique une sous-représentation significative des classes 20-24 et 25-39 ans à Vaison-la-Romaine (avec aucun répondant dans ces deux classes), et une sur-représentation de la classe 65 ans et plus à Vaison-la-Romaine (avec

presque 50% des répondants enquêtés dans cette ville) et une sous-représentation à Draguignan. Ceci était attendu pour Vaison-la-Romaine, puisque l'inondation ayant eu lieu 20 ans avant l'enquête et les répondants devant être âgés de plus de 18 ans lors de l'enquête, il en résulte un déplacement de la distribution des âges de 20 ans vers les âges plus élevés dans cette commune.

Le tableau 4-4 indique la distribution des répondants par niveau d'étude maximum atteint (en ligne) et pour chacune des quatre communes en colonne. La contribution au test d'indépendance indique qu'il y a significativement plus de répondants n'ayant que le BEPC ou le Baccalauréat à Draguignan, et significativement plus de répondants ayant fait des études post-baccalauréat à Berre-l'Etang.

Tableau 4-4 : Répartition du niveau d'étude des répondants par commune

Niveau d'études	Berre l'E	Draguigna	Miramas	Vaison la	Total
Brevet des collèges o	82 0.1 55.78	67 4.9 44.37	103 2.4 67.76	96 1.0 64.43	348 8.5 58.10
Baccalauréat	28 3.2 19.05	68 19.0 45.03	33 1.4 21.71	31 1.9 20.81	160 25.6 26.71
Post-Baccalauréat	37 9.6 25.17	16 2.1 10.60	16 2.2 10.53	22 0.0 14.77	91 13.9 15.19
Total	147 13.0 100.00	151 26.0 100.00	152 6.0 100.00	149 3.0 100.00	599 48.0 100.00

$$\text{Pearson } \chi^2(6) = 48.0123 \quad \text{Pr} = 0.000$$

Le tableau 4-5 indique la distribution des répondants selon qu'ils ont des enfants (en ligne) et pour chacune des quatre communes en colonne. Le test d'indépendance indique que les répondants habitant Vaison-la-Romaine ont significativement moins d'enfants que dans les autres communes, aucune différence significative n'étant trouvée entre les trois autres communes.

Tableau 4-5 : Répartition des répondants parents et non parents par commune

enfant	Berre l'E	Draguigna	Miramas	Vaison la	Total
Sans enfant	80 2.0 54.42	89 0.6 58.94	90 0.5 59.21	123 8.2 82.55	382 11.3 63.77
Avec enfant(s)	67 3.5 45.58	62 1.0 41.06	62 0.9 40.79	26 14.5 17.45	217 19.9 36.23
Total	147 5.6 100.00	151 1.5 100.00	152 1.4 100.00	149 22.7 100.00	599 31.2 100.00

$$\text{Pearson } \chi^2(3) = 31.1996 \quad \text{Pr} = 0.000$$

Le tableau 4-6 représente la distribution des répondants selon qu'ils sont propriétaires de leur logement et pour chacune des quatre communes en colonne. Le test d'indépendance indique que les répondants habitant Vaison-la-Romaine sont significativement plus souvent propriétaires de leur logement et que ceux de Miramas le sont significativement moins que dans les deux autres communes.

Tableau 4-6 : Répartition du statut de propriétaire chez les répondants par commune

Est propriétaire de son logement	Q1				Total
	Berre l'E	Draguigna	Miramas	Vaison la	
Non	91 2.5 61.90	75 0.2 49.67	106 8.7 69.74	42 16.7 28.19	314 28.1 52.42
Oui	56 2.8 38.10	76 0.2 50.33	46 9.6 30.26	107 18.4 71.81	285 31.0 47.58
Total	147 5.3 100.00	151 0.5 100.00	152 18.3 100.00	149 35.1 100.00	599 59.1 100.00

Pearson $\chi^2(3) = 59.1144$ Pr = 0.000

La figure 4-2 représente la distribution du revenu mensuel individuel (en euros), lissée par la méthode du noyau, et évoque une forme fonctionnelle de type log-normale, comme presque toujours en matière de revenus.

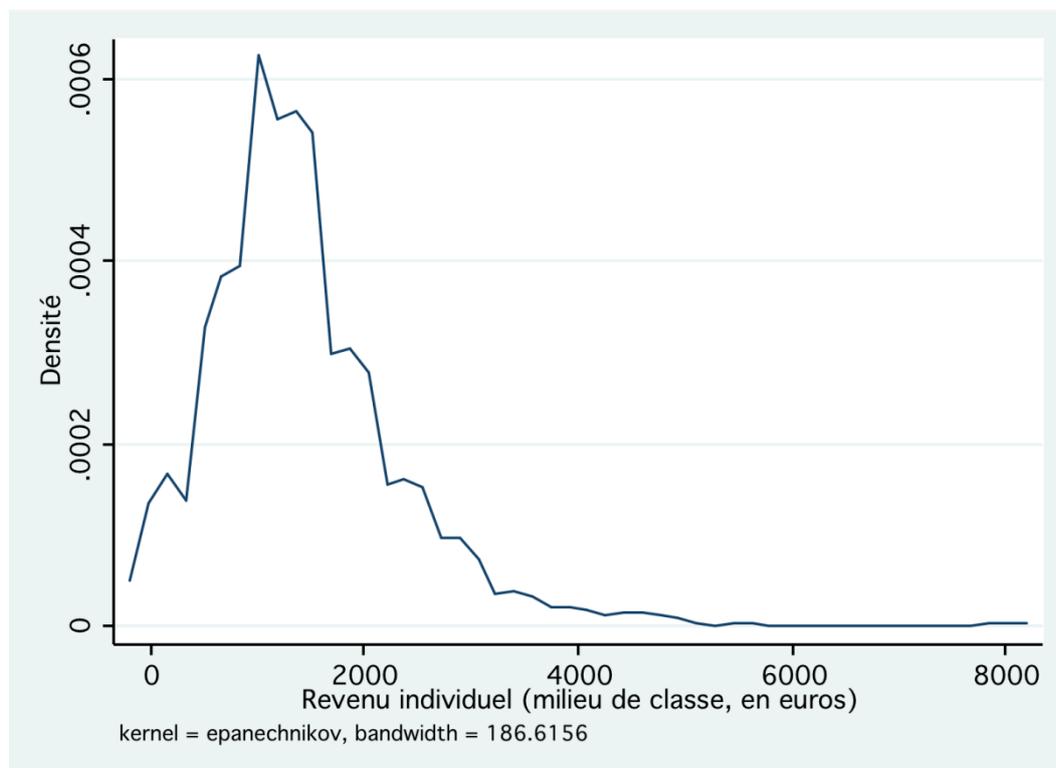


Figure 4-2 Distribution lissée du revenu mensuel individuel (n=581)

La figure 4-3 représente la distribution du revenu du ménage mensuel (en euros) selon la même méthode et conduit à la même constatation quand à la forme de la distribution.

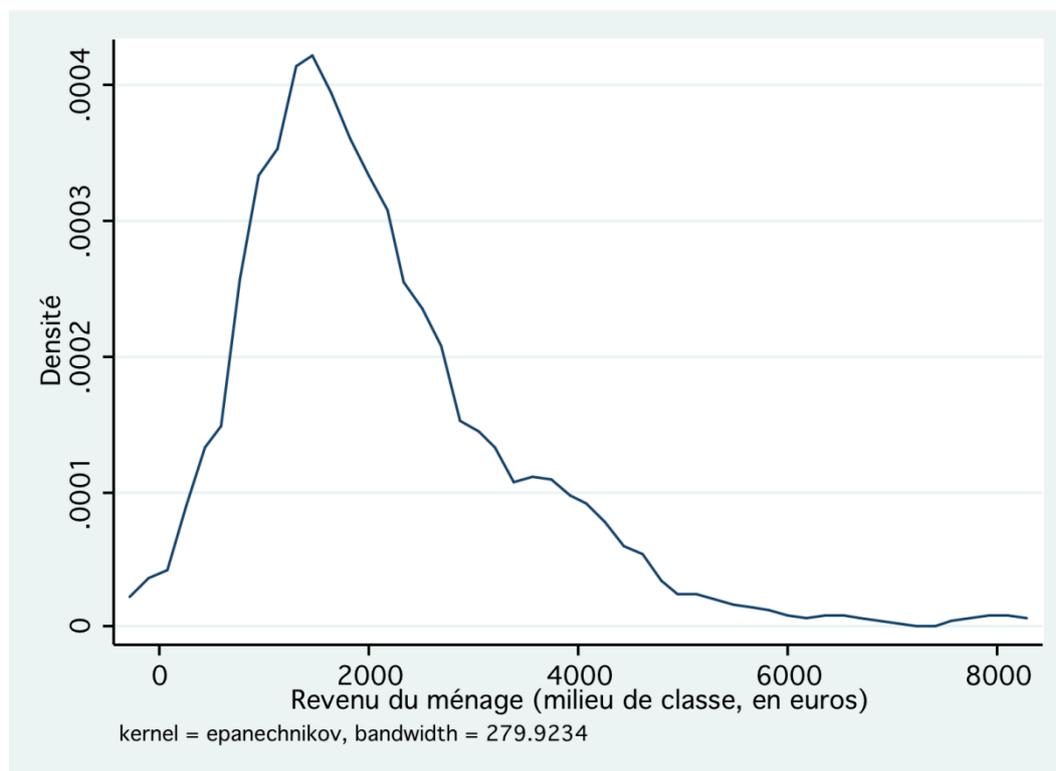


Figure 4-3 Distribution lissée du revenu mensuel du ménage (n=581)

12 Corrélation entre certaines variables

Nous commençons par mener une série de tests de corrélation par paire, pour rechercher l'existence de corrélations significatives entre les variables. Notons qu'une corrélation ne traduit pas nécessairement une relation de causalité entre les variables, celle-ci pouvant venir d'une tierce variable elle-même corrélée à ces deux variables. Ce point sera approfondi lors des études spécifiques menées dans la partie 5, au moyen de régressions.

Le test de nullité d'un coefficient de corrélation r s'effectue de la façon suivante.

L'hypothèse nulle H_0 est celle d'absence de corrélation : $r=0$.

L'hypothèse alternative H_a est celle d'une corrélation qui diffère de zéro : $r \neq 0$.

On calcule le coefficient de corrélation r entre les variables X et Y comme :

$$r(X,Y) = n^{-1} \frac{[(X_i - E(X))(Y_i - E(Y))]}{[ET(X)ET(Y)]} = \text{Cov}(X,Y) / ET(X)ET(Y)$$

où n est le nombre d'observations, i indexe les individus, $E(.)$ représente l'espérance, $ET(.)$ représente l'écart-type, et $\text{cov}(.)$ la covariance.

On calcule la statistique suivante : $t = r(1-r^2)^{-0.5}(n-2)^{-0.5}$

Cette statistique t est distribuée, sous l'hypothèse H_0 d'absence de corrélation entre X et Y ($r=0$) selon une loi de Student à $(n-2)$ degrés de liberté.

On jugera de la présence d'une corrélation entre les deux variables X et Y au moyen de la p-value (ou p-valeur en français). Elle correspond à la probabilité d'observer une valeur aussi extrême que celle observée, sous la véracité de l'hypothèse nulle. On considère qu'une valeur inférieure à 0.1 constitue une présomption de corrélation, une valeur inférieure à 0.05 constitue une présomption suffisante contre l'hypothèse nulle, une valeur inférieure à 0.01 indiquant une corrélation très significative. Dans la suite de ce chapitre, nous ne discuterons que les corrélations significativement différentes de zéros, à partir de leur p-value et de leur signe.

Le score obtenu au questionnaire d'émotions anticipées (EMOTION) est significativement et négativement corrélé avec la préférence pour le présent (PREFPRESENT, $p\text{-value}=0.0019$), avec le fait d'habiter Vaison-la-Romaine ($p\text{-value}<0.0001$), avec l'indicateur agrégé d'aversion aux pertes et aux gains des loteries (RiskAvertTOT, $p\text{-value}=0.0619$) et positivement corrélé au fait d'habiter Draguignan ($p\text{-value}<0.0001$).

Au sein du bloc « Facteurs extérieurs », on notera que la probabilité subjective d'être inondé (PROBSUB) est significativement et positivement corrélée au score obtenu au questionnaire PTSD ($p\text{-value}=0.0001$), que le trait de personnalité neuroticisme (NEURO) est positivement corrélé au score de PTSD ($p\text{-value}<0.0001$), négativement corrélé au trait de personnalité Conscienciosness (CONSCI, $p\text{-value}<0.0001$), au sentiment de Contrôle ($p\text{-value}<0.0001$), au fait de déclarer avoir de la CHANCE ($p\text{-value}<0.0001$) et de déclarer être heureux (HAPPY, $p\text{-value}<0.0001$). A l'inverse, on trouve une corrélation positive et de même niveau de significativité entre CONSCI et CONTROLE d'un côté, et HAPPY et CHANCE, et une corrélation négative avec PTSD ($p\text{-value}<0.001$). On trouve une corrélation positive entre CONSCI et CONTROLE ($p\text{-value}<0.0001$), et entre CHANCE et HAPPY ($p\text{-value}<0.0001$).

L'ensemble de ces résultats est conforme aux attentes, et confirme en particulier la correcte discrimination des questions utilisées pour caractériser les traits de personnalité et mesurer le sentiment de contrôle.

Le fait que le score obtenu au questionnaire PTSD corresponde à un événement de type inondation (PTSDINOND), est significativement et positivement corrélé à la préférence pour le présent (PREFPRESENT, $p\text{-value}=0.0137$), aux trois mesures de l'aversion au risque de perte, de gain et total ($p\text{-values}$ entre 0.0001 et 0.0252), et négativement corrélé avec la préférence pour les pertes (LOSSLOVER, $p\text{-value}=0.0005$).

Le fait d'avoir une assurance complémentaire protégeant contre les conséquences des accidents dans la vie quotidienne (Assurecomplem) est positivement corrélé avec les traits de personnalité CONTROLE ($p\text{-value}=0.0539$) et CONSCI ($p\text{-value}=0.0001$), le score au PTSD ($p\text{-value}=0.0081$), l'état de stress post traumatique avéré (PTSDDUM, $p\text{-value}=0.0631$), et le fait de se déclarer heureux (HAPPY, $p\text{-value}=0.0171$).

La sévérité des conséquences de l'inondation précédente subie (SEVERE), est positivement et significativement corrélée avec les trois mesures de probabilité subjective d'inondation (pour l'année qui vient, les dix années à venir et les cent ans à venir, $p\text{-values}$ comprises entre 0.0063 et 0.0623), la fraction de leur patrimoine que les répondants sont prêts à

consacrer à l'assurance contre sa perte totale (LOSSALL, p-value=0.0236) ou partielle (LOSSHALF, p-value=0.0058). Ces résultats sont tout à fait conformes à l'intuition. SEVERE est également positivement et significativement corrélé avec la mesure de la préférence pour le présent (PREFPRESENT, p-value=0.006).

Enfin, la probabilité subjective d'être inondé dans l'année qui vient (PROBSUB) est significativement et positivement corrélée avec les deux CAP pour les scénarios standards (p-value<0.0001), mais ne l'est pas significativement avec les quatre CAP obtenus pour les scénarios du cadre normalisé, ce qui est conforme à l'intuition.

13 Hypothèses testées sur les liens entre émotion et décision en incertitude

A partir de la figure 4-1 rappelée dans l'introduction de ce chapitre, nous étudions, par des tests de corrélation, le signe et la significativité des liens entre les variables collectées lors de l'enquête, permettant d'apporter des éléments de réponse sur les différentes hypothèses formulées dans la partie 2. Les données dont nous disposons permettent de tester cinq des sept effets mentionnés sur la figure 4-1 : A, C, D, E et 2. Nous effectuons ces tests en considérant dans un premier temps que la décision concerne un comportement associé au risque inondation (section 131), puis dans un second temps une décision en incertitude, y compris une décision théorique de type loterie (section 132).

131 Influence des émotions sur la prise de décision en matière de risque d'inondation

Effet A : Expected (or anticipated) emotions

Nous cherchons à déterminer si les émotions que l'on pense ressentir en cas d'inondation (EMOTION) ont une influence sur l'évaluation émotionnelle qui a prévalu aux décisions permettant de réduire le risque par des travaux (les CAP WtpTravVZ, WtpInondTrav et WtpTempTrav), la vulnérabilité par l'assurance (les CAP WtpAssurVZ, WtpInondAssur, et WtpTempAssur), au fait de s'informer sur les risques d'inondation en période de fortes pluies (FreqInfoImp) ou d'avoir pris des mesures pour ceux ayant été inondés, (PrisAction).

Le score d'émotion anticipée (EMOTION) n'est corrélé avec aucun des six CAP de l'enquête, ni avec le fait d'avoir mis en œuvre une action de protection consécutivement à une inondation (chez les inondés). Par contre, il est positivement et très significativement corrélé avec la décision de participer au marché d'évaluation contingente (i.e. de ne pas protester contre l'exercice d'évaluation) pour les six questions de CAP (p-values inférieures à 0.0005) et la fréquence d'information en cas de fortes pluies (p-value = 0.0044).

Effet C : Immediate incidental emotions

Nous cherchons si les facteurs qui ne sont pas liés à la décision et relèvent de la personnalité (RISKPERSO, NEURO, CONSCI, CONTROLE, PTSD (considéré comme un trait de personnalité), CHANCE, HAPPY) ont une influence sur l'évaluation émotionnelle : les décisions (sur les CAP pour des travaux permettant de réduire le risque (WtpTravVZ, WtpInondTrav, WtpTempTrav), pour une assurance permettant de réduire la vulnérabilité (WtpAssurVZ, WtpInondAssur, et WtpTempAssur), le fait de s'informer sur les risque d'inondation en

période de fortes pluies (FreqInfolmp) ou d'avoir pris des mesures pour ceux ayant été inondés, (PrisAction)) ou les émotions anticipées (EMOTION).

Le comportement (agrégé) en matière de prise de risque tous domaines confondus (RISKPERSO) dans la vie de tous les jours, n'est corrélé avec aucune des neuf variables testées.

Neuro est fortement et positivement corrélé avec EMOTION (p-value<0.00001) et le fait de s'informer sur les risque d'inondation en période de fortes pluies (FreqInfolmp, p-value=0.0117).

Contrôle n'est corrélé qu'avec EMOTION, et l'est négativement (p-value=0.0493)

Conscientousness qui influe sur la manière dont nous contrôlons nos pulsions et traduit une tendance à l'autodiscipline, est par contre positivement corrélé avec le CAP pour s'assurer (p-value =0.0662) et négativement avec le score obtenu au questionnaire sur les émotions (p-value=0.0493).

Le score obtenu au questionnaire PTSD est positivement corrélé avec les CAP pour les travaux (p-value<0.0001), l'assurance (p-value=0.0310), ainsi qu'à la fréquence d'information en cas de fortes pluies (FreqInfolmp, p-value=0.0071). Cela traduit le fait qu'un répondant est d'autant plus désireux de réduire son exposition au risque d'inondation (ou de limiter ses conséquences financières) que son score au PTSD est élevé. Il est également positivement corrélé avec EMOTION (p-value=0.0078).

L'état de stress post traumatique avéré (score au questionnaire supérieur à 44, qui correspond à la variable PTSDDUM) est corrélé **positivement** aux 6 CAP des deux scénarios (p-values entre 0.0001 et 0.0274). Ainsi, le fait d'être en état de stress post-traumatique, quelle qu'en soit la cause, conduit à un CAP plus élevé dans tous les scénarios.

S'estimer chanceux n'est corrélé positivement qu'avec le CAP pour le scénario assurance (WtpAssurVZ, p-value=0.043), de même que le fait de se considérer comme heureux (HAPPY, p-value=0.0188).

Effet D : Influence des émotions passées sur les décisions

Nous recherchons si le fait d'avoir ressenti des émotions dans le passé lorsqu'on a vécu un événement similaire (RISKVECUDUM, avoir été inondé), PTSDInondation, DejaVeculnond (avant celle de Vaison ou de Draguignan), SEVERE) a une influence, via l'évaluation émotionnelle, sur les décisions permettant de réduire le risque (les CAP WtpTravVZ, WtpInondTrav, WtpTempTrav), la vulnérabilité (WtpAssurVZ, WtpInondAssur, PrisAction, WtpTempAssur) le fait de s'informer sur les risques d'inondation en période de fortes pluies (FreqInfolmp) ou d'avoir pris des mesures pour ceux ayant été inondés, (PrisAction), et les émotions anticipées (EMOTION).

DejaVeculnond est corrélé positivement avec le fait que le score au PTSD se rapporte à l'événement inondation (PTSDINOND, p-value=0.0179), EMOTION (p-value=0.0069) et fréquence d'information (p-value=0.0752)

Le fait d'avoir été inondé (RISKVECUDUM) est négativement et significativement corrélé avec les 6 CAP (p-value de 0.0143 pour les travaux, de 0.0471 pour l'assurance, et p-values inférieures à 0.0001 pour les quatre scénarios normalisés), ce qui est plutôt contre intuitif.

Nous retrouvons le même type de résultat avec la sévérité des conséquences de l'inondation précédente subie (SEVERE), qui est négativement corrélée avec quatre des six CAP (p-values entre (entre 0.0116 et 0.0633). Toutefois, elle est positivement corrélée avec la décision de prendre des mesures de protection suite à une inondation (p-value de 0.004), ce qui est intuitif.

Il en est de même avec le fait que le score au PTSD se rapporte à l'événement inondation (PTSDINOND), bien que les p-values conduisent à rejeter moins fortement l'absence de corrélation (p-values entre 0.0333 et 0.0704).

Nous n'avons pas trouvé de corrélation entre le score obtenu aux émotions anticipées (EMOTION) et RISKVECUDUM et DejaVeculnond. Toutefois, l'analyse graphique plus détaillée de la figure 4-4 indique des différences dans la distribution des scores selon que les répondants ont été inondés ou non, en particulier plus de valeurs extrêmes du score. Un test formel de Kolmogorov-Smirnov indique que l'hypothèse d'égalité des distributions conduit à une p-value de 0.161.

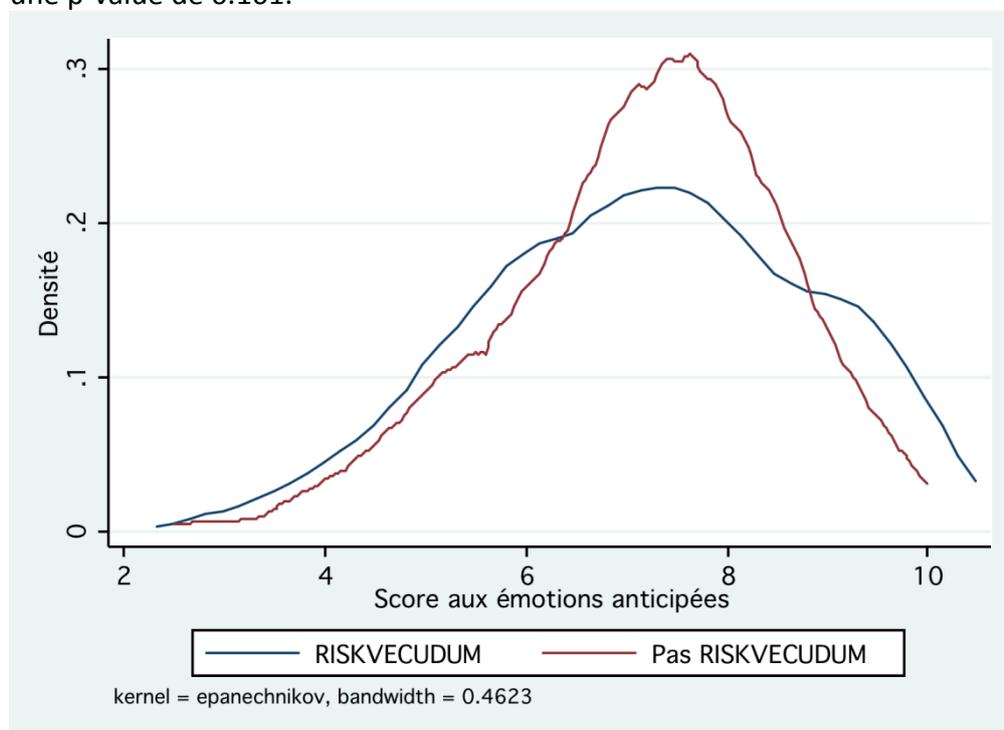


Figure 4-4 Distribution du score aux émotions anticipées selon l'exposition passée au risque (n=599)

Concernant le fait d'avoir déjà été inondé deux fois (DejaVeculnond), la figure 4-5 ci-dessous indique également des différences dans la distribution des scores, avec un décalage vers des valeurs extrêmes pour les répondants ayant déjà été inondés. Un test formel de Kolmogorov-Smirnov indique que l'hypothèse d'égalité des distributions conduit à une p-value de 0.091, soit un rejet si l'on fixe le seuil de significativité à 10%.

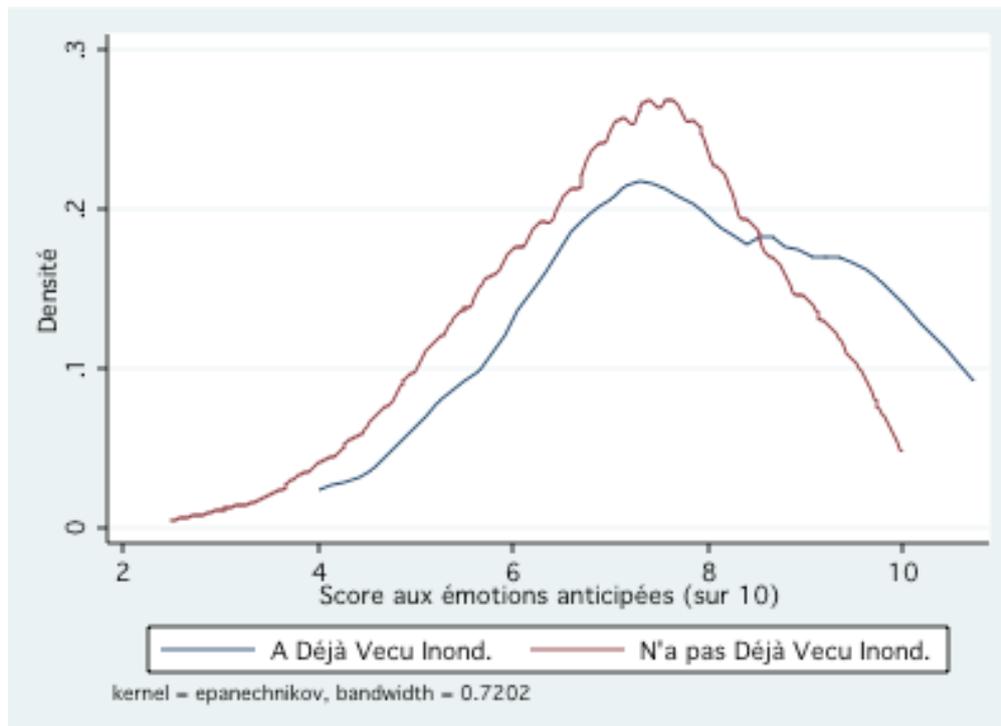


Figure 4-5 Distribution du score aux émotions anticipées selon l'exposition passée au risque (n=599)

Effet E : Influence des émotions passées sur les traits de personnalité (résilience¹).

Nous recherchons si le fait d'avoir ressenti des émotions dans le passé lorsqu'on a vécu un événement similaire (RISKVECUDUM (avoir été inondé), PTSDInondation, DejaVecuEv (avant celle de Vaison ou de Draguignan), SEVERE) a une influence sur les facteurs de personnalité ne dépendant pas de la décision (NEURO, CONSCI, CONTROLE, PTSD (considéré ici comme une composante de la personnalité), CHANCE et HAPPY).

Le fait d'avoir vécu une inondation (RISKVECCUDUM) est positivement corrélé au trait de personnalité CONSCI (p-value=0.0001), au sentiment de contrôle (CONTROLE, p-value=0.0002) et au fait que le score PTSD corresponde à un événement inondation (PTSDInondation, p-value=0.0019).

Le fait d'avoir vécu une autre inondation (avant celle de Vaison-la-Romaine ou de Draguignan) de même que la sévérité de la dernière inondation vécue (SEVERE) ne sont significativement corrélés avec aucune des variables testées.

Effet 2 : Influence des émotions anticipées sur les probabilité subjectives

Le score d'émotions anticipées (EMOTION) est corrélé positivement avec les trois évaluations subjectives des probabilités d'être inondé, dans l'année qui vient (p-value=0.0018), dans les dix ans à venir (p-value=0.0001) et dans les cent ans à venir (p-value=0.0088).

¹ Bien que ce mot recouvre diverses notions, en particulier en psychologie, nous l'utilisons dans son sens originel du domaine de la physique, c'est à dire la capacité d'un matériau (ici, les répondants) soumis à un impact (ici, un événement potentiellement traumatisant), de retrouver son état initial (ici, le comportement d'individus n'ayant pas subi ce traumatisme).

132 Influence des émotions sur la prise de décision en incertitude

Nous testons l'effet C, en considérant que la décision ne porte plus sur le risque d'inondation, mais sur le risque associé aux loteries proposées.

Effet C : Immediate incidental emotions

Nous cherchons si les facteurs qui ne sont pas liés à la décision et relèvent de la personnalité (RISKPERSO, NEURO, CONSCI, CONTROLE, PTSD (considéré ici aussi comme une composante de la personnalité), CHANCE et HAPPY ont une influence sur l'évaluation émotionnelle ayant prévalu sur les décisions en incertitude choisies par les répondants lors des loteries proposées : BILLETPCT, LOSSALL, LOSSHALF, LOSSLOVER, PREFPRESENT, RiskAvertlotGain, RiskAvertlotPert et RiskAvertlotTot.

L'indice (agrégé) en matière de comportements de prise de risque tous domaines confondus (RISKPERSO) est **positivement** corrélé avec le montant déclaré pour acheter le billet de loterie (BILLETPCT, p-value=0.0001) et la préférence pour le risque (LOSSLOVER, p-value<0.0001), ce qui est intuitif. Il l'est **négativement** avec le ratio « prime/patrimoine » pour une protection totale (LOSSALL, p-value=0.0476) et pour protection de 50% (LOSSHALF, p-value=0.0683), ce qui est intuitif, puisqu'un comportement traduisant une préférence pour le risque peut expliquer une moindre tendance à s'assurer contre les pertes.

Enfin, RISKPERSO est également négativement corrélé avec l'indice d'aversion aux pertes RiskAvertPert (p-value<0.0001), aux gains RiskAvertGain (p-value<0.0001) et à l'indicateur agrégé RiskAvertTot des loteries ec-moins et ec (p-value<0.0001), ce qui est là encore intuitif.

Neuroticism est négativement corrélé avec la préférence pour le risque (LOSSLOVER, p-value=0.0913) et aux gains RiskAvertGain des loteries équivalent certain (p-value=0.0027)

Conscientousness est **négativement** corrélé avec la préférence pour le présent (PREFPRESENT, p-value=0.0024), et **positivement** avec l'indice d'aversion aux pertes RiskAvertPert (p-value=0.0016) et aux gains RiskAvertGain (p-value=0.0002) et à l'indicateur agrégé RiskAvertTot des loteries ec-moins et ec (p-value=0.0016).

La trait de personnalité CONTROLE, qui traduit le fait que le hasard ne régit pas les événements de la vie mais que ce sont nos actes qui les influencent, est positivement corrélé avec le montant payé pour le billet de loterie (BILLETPCT, p-value=0.0824).

Le score obtenu au questionnaire PTSD est positivement corrélé avec la préférence pour le risque (LOSSLOVER p-value=0.0209) et la préférence pour le présent (PREFPRESENT, p-value=0.0286).

L'état de stress post-traumatique avéré (PTSDDUM) est corrélé **positivement** avec la préférence pour le risque (LOSSLOVER, p-value=0.0047), **négativement** avec l'indice d'aversion aux gains RiskAvertgain (p-value=0.0001), et l'indice total d'aversion RiskAvertTot (p-value=0.0001)

HAPPY est positivement corrélé avec l'indice d'aversion aux pertes RiskAvertPert (p-value=0.0224), et la préférence pour le risque (LOSSLOVER, p-value=0.0042).

Effet D : Influence des émotions passées sur les décisions

Nous recherchons si le fait d'avoir ressenti des émotions dans le passé lorsqu'on a vécu un événement similaire (RISKVECUDUM, avoir été inondé), PTSDInondation, DejaVeculnond (avant celle de Vaison ou de Draguignan), SEVERE) a une influence sur les décisions en incertitude choisies par les répondants lors des loteries proposées : BILLETPCT, LOSSALL, LOSSHALF, LOSSLOVER, PREFPRESENT, RiskAvertlotGain, RiskAvertlotPert et RiskAvertlotTot.

DejaVeculnond est corrélé positivement avec l'aversion au gain (RiskAvertlotGain, p-value=0.0088), et négativement avec l'aversion aux pertes (RiskAvertPert, p-value=0.0147).

Le fait d'avoir été inondé (RISKVECUDUM) est très significativement et positivement corrélé avec les 3 indicateurs d'aversion au risque RiskAvertlot (p-value<0.0001 dans les trois cas), avec le montant payé pour le billet de loterie (BILLETPCT, p-value=0.0074) et négativement avec l'amour pour les pertes (LOSSLOVER, p-value=0.0065).

La sévérité des conséquences de l'inondation précédente subie (SEVERE) est positivement corrélée avec le ratio « prime/patrimoine » pour la protection totale (LOSSALL, p-value=0.0236) et pour la protection de 50% (LOSSHALF, p-value=0.0058) et avec la préférence pour le présent (PREFPRESENT, p-value=0.006).

Enfin, le fait que le score au PTSD se rapporte à l'événement inondation (PTSDINOND), est négativement corrélé avec l'amour du risque (LOSSLOVER, p-value=0.0005), et positivement avec les 3 indicateurs d'aversion au risque RiskAvertLot (p-values de 0.0252 à 0.00001).

14 Conclusion

Concernant l'effet A (émotions que l'on pense ressentir en cas d'inondation), il semblerait qu'il faille nuancer son influence. Si les émotions anticipées semblent avoir une influence sur la volonté de réduire le risque ou la vulnérabilité associés à une inondation, elles ne semblent pas jouer sur l'importance de cette réduction. Il semblerait donc que l'anticipation d'émotions négatives élevées en cas d'inondation puisse motiver une volonté de protection, sans expliquer l'intensité de cette protection, qui reste est alors principalement déterminée par d'autres facteurs (revenus, caractéristiques du logement, ...). Nous explorerons cette piste dans la partie 5, traitant des déterminants des CAP.

Concernant l'effet C (les émotions que l'on ressent immédiatement associées à des facteurs qui ne sont pas liées à la décision), il semble présent dans nos données, et les facteurs non liés à la décision influencent donc celle-ci, que ce soit pour une décision relative à l'événement inondation ou les décisions en incertitude relatives aux loteries proposées.

Concernant l'effet D (Influence des émotions passées sur les décisions), il semble exister : le fait d'avoir été inondé et la sévérité de l'inondation sont négativement corrélés avec les 6 CAP, ce qui est plutôt contre intuitif. La partie 5 nous permettra d'approfondir cette relation, et de proposer des pistes d'explication. Concernant le lien avec les décisions en incertitude

proposées dans l'enquête, le fait d'avoir vécu les émotions associées à une inondation dans le passé tend globalement à augmenter l'aversion pour le risque.

Concernant l'effet E (Influence des émotions passées sur les traits de personnalité, que nous appelons résilience), les résultats semblent indiquer que c'est le fait d'avoir vécu une inondation qui peut affecter certains traits de personnalité (CONSCI et CONTROLE), mais la sévérité et le fait d'avoir vécu plus d'une inondation n'ont pas d'effet significatifs.

Concernant l'effet 2 (Influence des émotions anticipées sur les probabilités subjectives), nous trouvons effectivement une relation significative et positive entre émotions et probabilités subjectives.

2 Enquête soldats

Les données sur les soldats danois proviennent de deux enquêtes réalisées auprès de soldats qui ont été envoyés en Afghanistan (Force Internationale d'Assistance et de Sécurité, FIAS 11) ou au Liban (Force intérimaire des Nations Unies au Liban, FINUL 4) fin janvier 2011, pour une mission de 6 mois. Les enquêtes ont été menées avant le départ en mission (mi janvier 2011) et après leur retour (août 2011) grâce à la collaboration de l'armée danoise. La collecte des données a été réalisée par l'institut SFI-Survey,² et s'est effectuée dans plusieurs casernes, dans lesquelles les soldats étaient regroupés par section. Ils remplissaient seuls un questionnaire papier, sous le contrôle (et avec l'aide le cas échéant) des enquêteurs sur place. Nous ne nous intéressons qu'aux 462 soldats qui ont répondu au questionnaire avant et après la mission. Cette base de données et par ailleurs donné lieu à une exploitation des questions de motivation (voir Lyk-Jensen et al., 2012 ; Glad and Lyk-Jensen, 2013).

2.1 Quelques statistiques descriptives sur les données

Le tableau 4-7 reprend les statistiques descriptives de chacune des variables collectées lors de l'enquête. La signification et la construction des variables en majuscules ont été données dans la partie III. L'absence de suffixe signifie que la variable est issue de l'enquête menée avant le départ en mission, le suffixe « _après » signifie que la variable est issue de l'enquête au retour de mission. Le seul suffixe « _avant » se réfère à SEVERE_avant, et représente un indice de sévérité du risque subi lors d'une exposition au combat d'une mission précédente.

Tableau 4-7 : Statistiques descriptives sur la base de données soldats

Variables	Obs	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
Age	462	28.82684	7.652165	20	60
Sexe masculin	462	.9458874	.2264849	0	1
Vit en couple	462	.6385281	.4809476	0	1
A au moins un enfant	462	.2229437	.4166721	0	1
A au maximum le brevet des collèges	462	.3030303	.4600664	0	1
A au maximum le baccalauréat	462	.5541126	.497602	0	1

²Les données ont été collectées dans le cadre d'un projet de recherche intitulé « Danske Hjemvendte Soldater », projet commandé par *Soldaterlegatet* et financé par les fondations Trygfonden, Lundbeckfonden, Novo Nordisk Fonden et Aase og Ejnar Danielsens Fond. L'institut SFI-survey est décrit ici : <http://www.sfi.dk/sfi-survey-2832.aspx>.

A fait des études supérieures	462	.1212121	.3267274	0	1
Revenu individuel (euros)	462	6684	1813	5319	22758
Mission en Afghanistan	462	.8030303	.3981404	0	1
A déjà vécu un combat	364	.3516484	.4781421	0	1
SPORTDUM	446	.3116592	.4636915	0	1
ALCOOLRISK	455	.1362637	.343446	0	1
ALCOOLRISK_après	457	.0153173	.1229461	0	1
SMOKER	458	.3973799	.4898909	0	1
SMOKER_après	457	.380744	.4861019	0	1
DRUGHASH	458	.0283843	.1662497	0	1
DRUGHASH__après	431	.0580046	.2340239	0	1
DRUGOTHER	448	.0200893	.1404626	0	1
DRUGOTHER_après	437	.0434783	.2041649	0	1
DRUGALL	450	.04	.1961773	0	1
DRUGALL_après	429	.0769231	.2667805	0	1
RISKVECUDUM	461	.6659436	.4721719	0	1
PTSD	438	25.97945	9.031703	17	62
PTSDDUM	462	.1082251	.3110013	0	1
SEVERETOTAL_avant	248	2.298387	2.450826	0	9.6552
SEVERETOTAL	418	1.758786	1.654664	0	6.8966
PROBSUB	367	63.58856	40.38932	0	100
EMOTION	364	5.73489	1.399583	2.5	9.167
EMOTION_après	214	3.929128	1.512438	2.5	9.167
REACTION	362	1.940147	.3279007	1.33	2.67
REACTION_après	221	1.233032	.4805509	1	3.5
RISKPOP	418	12.01675	3.402243	5	23
RISKPOP_après	417	13.4988	2.059365	7	21
RISKPOPEV	455	2.331868	.9965667	1	5
RISKPOPEV_après	423	2.754137	.7453334	1	5
RISKPERSO	456	6.980263	1.942482	1	10
RISKPERSO_après	457	6.875274	1.946595	1	10
CHANCE	454	5.596916	1.308181	1	10
CHANCE_après	453	5.774834	1.510313	1	10
HAPPY	456	7.532895	1.788551	1	10
HAPPY_après	455	7.516484	1.668328	1	10
BILLETPCT	449	.0240977	.0580346	0	.6
BILLETPCT_après	443	.0280343	.0852116	0	1.5
PATRIMOINE	424	13675.18	27498.13	0	337500
PATRIMOINE_après	404	116219.8	135145.4	0	675000
PRIME100	300	696.2458	1310.372	0	6750
PRIME100_après	362	884.4801	1611.883	0	8100
PRIME50	347	647.1593	1397.422	0	6750
PRIME50_après	374	687.8607	1441.199	0	6750
LOSSALL	294	.1098329	.1729579	0	.9091
LOSSALL_après	348	.0382793	.1455113	0	1
LOSSHALF	342	.1073577	.177886	0	.9091
LOSSHALF_après	358	.0281574	.1176492	0	1
LOSSLOVER	434	1.956221	.9803711	1	4
LOSSLOVER_après	432	1.981481	.9703874	1	4
PREFPRESENT	434	3.152074	2.217901	0	7
PREFPRESENT_après	420	3.085714	2.115357	0	7

CONTROLE	450	2.964444	1.029012	0	4
CONTROLE_après	441	3.095238	1.000000	0	4
NEURO	449	2.301782	.5361821	1	3.875
NEURO_après	449	2.257795	.5706947	1	4.25
CONSCI	448	3.836806	.3749246	2.89	4.78
CONSCI_après	452	3.642085	.2857983	2	4.11

L'âge moyen des soldats est de 28,8 ans, ils sont à presque 95% de sexe masculin, 63,9% vivent en couple, 22,3% ont au moins un enfant, 30% possèdent au maximum le niveau du brevet des collèges, 55% possèdent le baccalauréat et seuls 12% ont fait des études supérieures. Le revenu mensuel pendant la mission est en moyenne de 6684 euros, 80% sont partis en mission en Afghanistan (et donc 20% au Liban), et 35% de ceux qui ont déjà effectué des missions ont subi une situation de combat. 31% pratiquent plus d'une fois par an un sport à risque, le score moyen au questionnaire de stress post traumatiques de retour de mission est de 26 (sur 85), et presque 11% sont dans un état de stress post-traumatique avéré (PTSD) à leur retour de mission (défini comme un score supérieur à 44 au questionnaire). Les autres variables seront commentées dans les sections 22 à 24 ci-dessous.

Nous étudions ci-dessous les relations entre quelques variables socio-démographiques et le lieu de la mission.

Le tableau 4-8 représente la distribution des soldats par genre (en ligne) et pour chacune des deux missions en colonne (Afghanistan, ISAF ; et Liban, UNIFIL). La première ligne indique la fréquence, la seconde la contribution au test d'indépendance du Chi2 entre les deux missions et la troisième ligne le pourcentage par colonne. Le test d'indépendance indique qu'il y a significativement plus de femmes qui sont parties en mission au Liban qu'en Afghanistan.

Tableau 4-8 : Répartition du sexe des soldats par mission

Sexe masculin	mission		Total
	ISAF	UNIFIL	
Non	16	9	25
	0.8	3.4	4.2
	4.31	9.89	5.41
Oui	355	82	437
	0.0	0.2	0.2
	95.69	90.11	94.59
Total	371	91	462
	0.9	3.6	4.4
	100.00	100.00	100.00

Pearson chi2(1) = 4.4413 Pr = 0.035

Le tableau 4-9 indique la distribution des soldats par âge (en ligne) et pour chacune des deux missions en colonne. Le test d'indépendance indique qu'il n'y a pas de différence entre la distribution de l'âge entre les deux missions.

Tableau 4-9 : Répartition de l'âge des soldats par mission

age (Age en années)	mission		Total
	ISAF	UNIFIL	
20-24 ans	139 0.0 37.47	32 0.1 35.16	171 0.1 37.01
25-39 ans	195 0.0 52.56	48 0.0 52.75	243 0.0 52.60
> 40 ans	37 0.1 9.97	11 0.3 12.09	48 0.3 10.39
Total	371 0.1 100.00	91 0.3 100.00	462 0.4 100.00

Pearson chi2(2) = 0.4196 Pr = 0.811

Le tableau 4-10 représente la distribution des soldats par niveau d'étude maximum atteint (en ligne) et pour chacune des deux missions en colonne. Le test d'indépendance indique qu'il y a significativement plus de soldats n'ayant que le BEPC qui sont partis en mission au Liban qu'en Afghanistan (au seuil de 10%).

Tableau 4-10 : Répartition du niveau d'étude des soldats par mission

Niveau d'études	mission		Total
	ISAF	UNIFIL	
Brevet des collèges o	105 0.7 28.61	35 2.9 41.18	140 3.5 30.97
Baccalauréat	215 0.2 58.58	41 1.1 48.24	256 1.3 56.64
Post-Baccalauréat	47 0.1 12.81	9 0.2 10.59	56 0.3 12.39
Total	367 1.0 100.00	85 4.1 100.00	452 5.1 100.00

Pearson chi2(2) = 5.0974 Pr = 0.078

Le tableau 4-11 indique la distribution des soldats selon qu'ils ont des enfants (en ligne) et pour chacune des deux missions en colonne. Le test d'indépendance indique qu'il y a légèrement plus de soldats ayant des enfants qui sont partis en mission au Liban qu'en Afghanistan.

Tableau 4-11 : Répartition des soldats parents et non parents par mission

enfant	mission		Total
	ISAF	UNIFIL	
Sans enfant	295	64	359
	0.2	0.6	0.8
	79.51	70.33	77.71
Avec enfant(s)	76	27	103
	0.5	2.2	2.8
	20.49	29.67	22.29
Total	371	91	462
	0.7	2.9	3.6
	100.00	100.00	100.00

Pearson $\chi^2(1) = 3.5588$ Pr = 0.059

La figure 4-6 représente la distribution du revenu (en euros), lissée par la méthode du noyau. On remarque la densité de type log-normale obtenue, caractéristique des distributions de revenu.

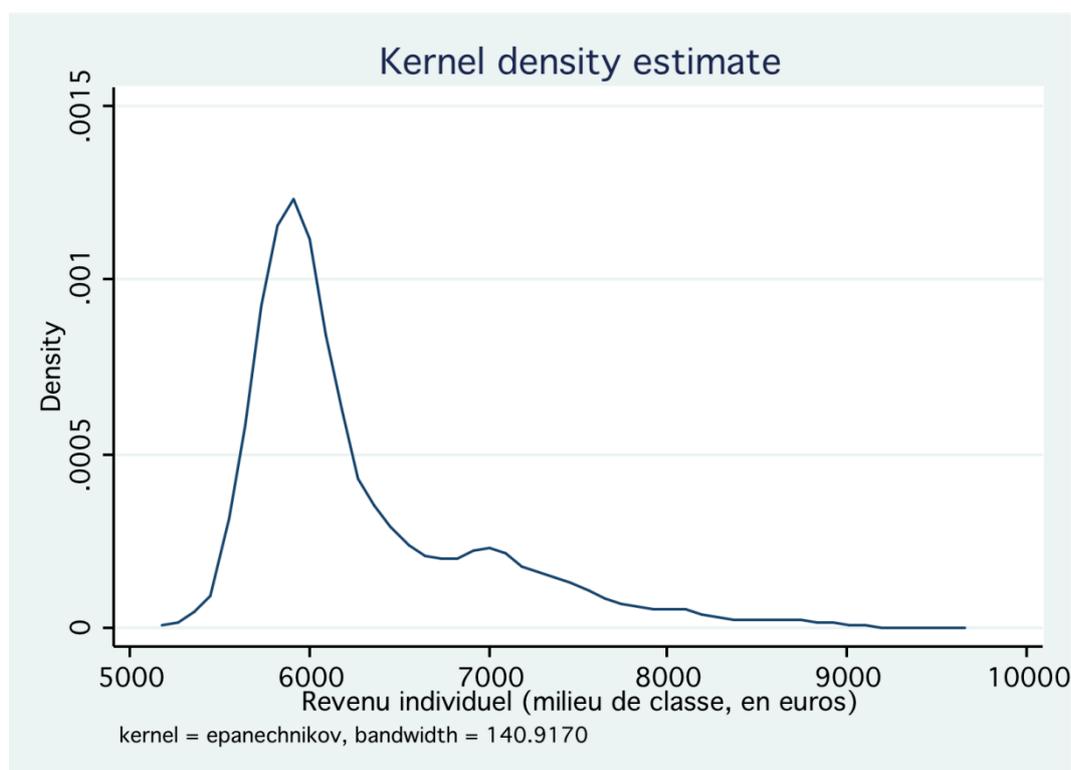


Figure 4-6 Distribution lissée du revenu mensuel individuel (n=462)

22 Corrélation entre les variables

La façon dont les tests de corrélation entre variables et leur interprétation sont effectués est expliquée en section 12.

Le score obtenu aux émotions anticipées (EMOTION) n'est corrélé à aucune des variables correspondant aux mesures d'aversion au risque, de préférence pour le présent ou aux questions portant sur l'assurance (LOSSLOVER, LOSSHALF, LOSSALL, PREFPRESENT, BILLETPTCT).

Au sein du bloc « Facteurs extérieurs », on notera que la probabilité subjective d'être impliqué dans une action de combat (PROBSUB) est significativement et positivement corrélée avec RISKPERSO (p-value=0.0024) et CHANCE (p-value=0.0091), que le trait de personnalité neuroticisme (NEURO) est négativement corrélé au trait de personnalité Conscienciosness (CONSCI, p-value <0.0001) et au sentiment de Contrôle (p-value<0.0001), au fait de déclarer avoir de la CHANCE (p-value<0.0001) et être heureux (HAPPY, p-value<0.0001), et positivement avec PTSD (p-value<0.0001). A l'inverse, on trouve une corrélation positive entre CONSCI et CONTROLE d'un côté, et HAPPY (p-value=0.0006 et 0.0014) et négative entre CONSCI et CONTROLE d'un côté et PTSD (p-value=0.0033 et 0.0767). On trouve une corrélation positive entre CONSCI et CONTROLE (p-value<0.0001), entre CHANCE et HAPPY (p-value<0.0001), et négative entre PTSD et CHANCE (p-value=0.0434) et PTSD et HAPPY (p-value < 0.0001).

L'ensemble de ces résultats est conforme aux attentes, et confirme en particulier la correcte discrimination des questions utilisées pour caractériser les traits de personnalité et mesurer le sentiment de contrôle.

La sévérité des actions de combat vécues lors d'une mission précédente (SEVERE_avant), est positivement et significativement corrélée avec la mesure de probabilité subjective de vivre une situation de combat (PROBSUB, p-value=0.0005), avec LOSSLOVER (p-value=0.0116) et BILLETPCT (p-value=0.0163).

23 Hypothèses testées sur les liens entre émotion et décision en incertitude

Les données dont nous disposons permettent de tester six des sept effets mentionnés sur la figure 4-1 : B, C, D, E, F et 2

231 Influence des émotions sur la prise de décision en matière de risque d'exposition au combat

Effet B : Immediate integral (or anticipatory) emotions

Aucune corrélation significative n'est trouvée entre les émotions que l'on anticipe avant de subir une situation de combat (EMOTION) et ce que l'on imagine vivre lors de cette situation de combat (REACTION, p-value=0.4079).

Effet C : Immediate incidental emotions

Nous cherchons si les facteurs qui ne sont pas liés à la décision et relèvent de la personnalité (RISKPERSO, NEURO, CONSCI, CONTROLE, PTSD (considéré ici aussi comme une composante de la personnalité), CHANCE et HAPPY) ont une influence sur l'évaluation émotionnelle, pour laquelle le score au questionnaire sur les émotions anticipées (EMOTION) est utilisé comme proxy.

Nous trouvons une corrélation positive d'EMOTION avec NEURO (p-value<0.0001), et négative avec RISKPERSO (p-value=0.0036), CONTROLE (p-value=0.0068) et HAPPY (p-value=0.0247).

Effet D : Influence des émotions passées sur les décisions

Nous testons si le fait d'avoir ressenti des émotions dans le passé lorsqu'on a vécu un événement similaire (RISKVECUDUM (avoir été en mission), DejaVecuEv et SEVERE_avant) a une influence sur l'évaluation émotionnelle (mesurée ici par EMOTION).

Le score obtenu aux émotions anticipées est **négativement** corrélé avec le fait d'avoir déjà vécu une situation de combat (DejaVecuEv, $p\text{-value}=0.0005$), plus légèrement avec la sévérité des impacts de la mission précédente (SEVERE_avant, $p\text{-value}=0.0887$), mais pas avec celui d'avoir déjà effectué une mission sans forcément de combat (RISKVECUDUM).

Une analyse graphique plus détaillée, sur la figure 4-7, indique des différences dans la distribution des scores selon que les soldats ont déjà subi un combat ou non (DejaVecuEv=1) ou non, et en particulier un décalage de la densité vers des valeurs plus extrêmes. Un test formel de Kolmogorov-Smirnov conduit à rejeter l'hypothèse d'égalité des distributions conduit ($p\text{-value}=0.044$) : le fait d'avoir déjà vécu un combat tend à diminuer l'intensité des anticipations émotionnelles futures en cas de nouveau combat.

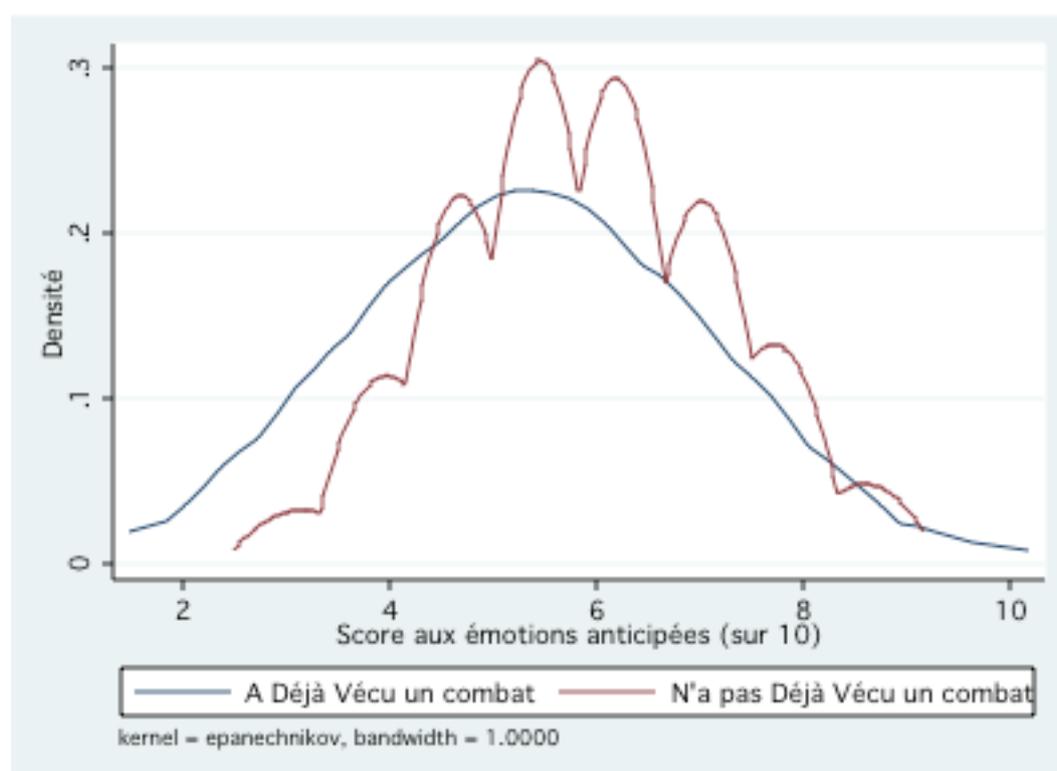


Figure 4-7 Distribution du score aux émotions anticipées selon l'exposition passée au risque (n=364)

Effet E : Influence des émotions passées sur les traits de personnalité (résilience).

Nous recherchons si le fait d'avoir ressenti des émotions dans le passé lorsqu'on a vécu un événement similaire a une influence sur les facteurs de personnalité ne dépendant pas de la décision (NEURO, CONSCI, CONTROLE, CHANCE et HAPPY).

Nous disposons de deux façons de le tester. Avant le départ en mission, nous utilisons les expériences de combat passées (DejaVecuEv et SEVERE_avant) et les facteurs de personnalité déclarés avant le départ en mission. Après le retour de mission, nous utilisons les émotions vécues au combat (EMOTION_apres) et les facteurs de personnalité déclarés au retour de mission.

Le score de sévérité des expériences de combat vécues auparavant (SEVERE_avant) est négativement corrélé avec NEURO (p-value=0.0826), alors que le fait d'avoir déjà vécu une expérience de combat (DejaVecuEv) est négativement corrélé avec le fait de déclarer être heureux (HAPPY, p-value=0.0567).

Le score aux émotions ressenties pendant la mission est corrélé **positivement** avec le trait de personnalité NEURO_apres (p-value<0.0001), avec le fait de déclarer avoir de la CHANCE_apres (p-value=0.0118), et est corrélé **négativement** avec le score exprimant le sentiment de CONTROLE_apres (p-value=0.0202), au score obtenu au questionnaire PTSD (p-value=0.0008), et à l'état de stress post traumatique avéré (PTSDDUM, p-value=0.0443)

Effet F : L'évaluation des probabilités d'occurrence ex ante influence-t-elle les conséquences ?

Aucune corrélation significative n'a été trouvée entre la probabilité subjective de subir une situation de combat directe (PROBSUB) et le score obtenu au questionnaire PTSD, le fait d'avoir un état de stress post traumatique avéré (PTSDDUM) ou le score aux émotions ressenties lors de l'action de combat (EMOTION_apres).

Effet 2 : Influence des émotions anticipées sur les probabilité subjectives

Aucune corrélation significative n'est trouvée entre les émotions que l'on anticipe avant de subir une situation de combat (EMOTION) et l'évaluation subjective de la probabilité d'être impliqué dans une action de combat (p-value=0.1327).

[232 Influence des émotions sur la prise de décision en incertitude](#)

Effet C : Immediate incidental emotions

Nous cherchons si les facteurs qui ne sont pas liés à la décision et relèvent de la personnalité (RISKPERSO, NEURO, CONSCI, CONTROLE, PTSD (considéré ici aussi comme une composante de la personnalité), CHANCE et HAPPY ont une influence (via les émotions) sur les décisions en incertitude dans les loteries proposées : BILLETPCT, LOSSALL, LOSSHALF, LOSSLOVER et PREFPRESENT.

Le comportement (agrégé) en matière de prise de risque tous domaines confondus (RISKPERSO) est positivement corrélé avec le montant pour acheter le billet de loterie (BILLETPCT, p-value=0.0028), la préférence pour le risque (LOSSLOVER, p-value<0.0001) et la préférence pour le présent (PREFPRESENT, p-value=0.0301)

NEURO est positivement corrélé avec le ratio « prime/patrimoine » pour la protection totale (LOSSALL, p-value=0.0004)

CONSCI est faiblement négativement corrélé avec la préférence pour le présent (PREFPRESENT, p-value=0.0535)

Contrôle est négativement corrélé avec le montant pour le billet de loterie (BILLETPCT, p-value=0.0602), le ratio « prime/patrimoine » pour la protection totale (LOSSALL, p-value<0.0001) et pour protection de 50% (LOSSHALF, p-value=0.0099).

Le Score au questionnaire de PTSD est positivement corrélé avec le montant pour le billet de loterie (BILLETPCT, p-value=0.0297) et la préférence pour le risque (LOSSLOVER, p-value=0.0241).

CHANCE et HAPPY ne sont corrélés avec aucune des 5 mesures d'aversion au risque ou celle de préférence pour le présent.

Effet D : Influence des émotions passées sur les décisions

Nous testons si le fait d'avoir ressenti des émotions dans le passé lorsqu'on a vécu un événement similaire (RISKVECUDUM (avoir été en mission), DejaVecuEv et SEVERE_avant) a une influence sur les décisions en incertitude dans les loteries proposées lors de l'enquête: BILLETPCT, LOSSALL, LOSSHALF, LOSSLOVER et PREFPRESENT.

RISKVECUDUM et DejaVecuEv sont négativement corrélés avec le ratio « prime/patrimoine » pour la protection totale (LOSSALL, p-value=0.0808 et 0.0140) et pour protection de 50% (LOSSHALF, p-value=0.0180 et 0.0247).

SEVERE_avant est positivement corrélé avec avec le montant déclaré pour acheter le billet de loterie (BILLETPCT, p-value=0.0163) et la préférence pour le risque (LOSSLOVER, p-value=0.0116).

L'ensemble de ces résultats semble indiquer que le fait d'avoir ressenti des émotions dans le passé dans des situations de combat, conduit à une augmentation de l'aversion au risque.

233 Conclusion

Concernant l'effet B (émotions ressenties en imaginant une future situation de combat), nous ne trouvons pas de signe de son existence.

Concernant l'effet C (les émotions que l'on ressent immédiatement associées à des facteurs qui ne sont pas liées à la décision), il semble présent dans nos données, et les facteurs non liés à la décision influencent donc celle-ci, que ce soit pour une décision relative à l'événement exposition au combat ou les décisions en incertitude relatives aux loteries proposées.

Concernant l'effet D (Influence des émotions passées sur les décisions), il semble exister. Ainsi, le fait d'avoir déjà vécu les émotions ressenties lors d'une exposition au combat, implique un niveau d'émotions anticipées significativement plus faible que chez les soldats n'ayant pas encore vécu une exposition au combat, et une augmentation de l'aversion au

risque dans les décisions en incertitude proposées dans l'enquête. Bien que moins net, la sévérité des conséquences de la mission précédente semble diminuer le score d'intensité des émotions anticipées de la mission à venir.

Concernant l'effet E (Influence des émotions passées sur les traits de personnalité, que nous appelons résilience), les résultats semblent indiquer que certains traits de personnalité (NEURO et CONTROLE) sont affectés par les émotions passées.

Concernant l'effet F (influence des probabilités d'occurrence ex ante sur les conséquences), nous ne trouvons pas de lien significatif. Ainsi, les soldats qui sous-estiment la probabilité de subir un événement de combat ne semblent pas vivre plus mal cet événement, dans la mesure où les effets post traumatiques au retour de mission ne sont pas significativement plus importants.

Concernant l'effet 2 (Influence des émotions anticipées sur les probabilités subjectives), nous ne trouvons pas de relation significative entre émotions et probabilités subjectives.

24 Etude comparative de variables avant et après la mission.

Nous avons mené une étude comparative afin d'étudier si l'exposition à une situation de combat pendant la mission avait modifié le niveau de certaines variables. Alors que l'enquête inondation ne permettait de travailler que « between subjects », on peut ici parfaitement contrôler, en travaillant en « within subjects » les différences individuelles.

Puisque nous travaillons au niveau individuel, nous allons mener des tests d'égalité appariés. Ils consistent à calculer la différence $diff_i$ entre les valeurs des variables d'intérêt avant et après pour chaque soldat, puis à calculer la statistique suivante :

$$T = E[diff_i] / (ET(diff_i) n^{-0.5})$$

où $E(diff_i)$ est la moyenne des $diff_i$, $ET(diff_i)$ l'écart-type des $diff_i$, et n le nombre de soldats concernés par le calcul.

Cette statistique suit une distribution de Student à $(n-1)$ degrés de liberté sous l'hypothèse nulle d'absence de différence entre les deux mesures ($H_0 : \text{mean}(diff) = 0$ dans les tableaux ci-dessous). Nous utiliserons la p-value ($\Pr(T > |t|)$) pour exprimer l'intensité de rejet de l'hypothèse nulle, et les noms de variables finissant par « ~s » ou « ~après » représentent la valeur de la variable au retour de mission.

Le tableau 4-12 montre que les émotions anticipées en situation de combat avant le départ en mission (chez les soldats susceptibles d'être exposé au combat) sont très significativement supérieures à celles réellement vécues pour les soldats ayant vécu une situation de combat. Ceci tend à confirmer le résultat concernant l'effet B (section 231), qui trouvait une corrélation significative et négative entre le fait d'avoir déjà effectué une mission et les émotions anticipées. Notons que la moyenne d'EMOTION avant le départ pour l'ensemble des 364 soldats susceptibles d'être exposé à une situation de combat est de 5.74 (ce qui limite la possibilité que la différence avant / après ne soit due qu'à une configuration particulière des données).

Tableau 4-12 : Test d'égalité apparié sur les émotions anticipées

Paired t test

Variable	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
EMOTIO~s	199	3.91541	.1058662	1.493426	3.70664	4.12418
EMOTIO~L	199	5.603015	.1048533	1.479137	5.396243	5.809788
diff	199	-1.687605	.1258662	1.775561	-1.935815	-1.439394

mean(diff) = mean(EMOTIONTOTAL_a~s - EMOTIONTOTAL) t = -13.4079
 Ho: mean(diff) = 0 degrees of freedom = 198

Ha: mean(diff) < 0 Ha: mean(diff) != 0 Ha: mean(diff) > 0
 Pr(T < t) = 0.0000 Pr(|T| > |t|) = 0.0000 Pr(T > t) = 1.0000

De même, les réactions anticipées lors d'une situation de combat avant le départ en mission (chez les soldats susceptibles d'être exposé au combat) sont significativement supérieures à celles réellement vécues pour les soldats ayant vécu une situation de combat (tableau 4-13). Notons là encore, que la moyenne de REACTION avant le départ pour l'ensemble des 362 soldats susceptibles d'être exposé est de 1.940 (ce qui limite là encore la possibilité que la différence avant / après ne soit due qu'à une configuration particulière des données).

Tableau 4-13 : Test d'égalité apparié sur les réactions anticipées

Paired t test

Variable	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
REACTI~s	205	1.201626	.0302976	.4337951	1.141889	1.261363
REACTION	205	1.943089	.0240127	.3438095	1.895745	1.990434
diff	205	-.7414634	.038024	.5444201	-.8164337	-.6664931

mean(diff) = mean(REACTION_apres - REACTION) t = -19.4999
 Ho: mean(diff) = 0 degrees of freedom = 204

Ha: mean(diff) < 0 Ha: mean(diff) != 0 Ha: mean(diff) > 0
 Pr(T < t) = 0.0000 Pr(|T| > |t|) = 0.0000 Pr(T > t) = 1.0000

Le tableau 4-14 montre que la consommation d'alcool au retour de mission est significativement inférieure à celle avant le départ en mission (9 fois moins de soldats sont considérés comme ayant une consommation mettant leur santé en danger). Ceci s'explique dans la mesure où les deux questions portaient sur la consommation durant les 30 jours précédents l'enquête, au cours desquels on peut supposer que les soldats étaient plus enclins à « profiter de leur vie civile » avant le départ, et qu'ils étaient encore en mission dans les 30 jours précédents leur retour.

Tableau 4-14 : Test d'égalité apparié sur la consommation à risque d'alcool

Paired t test

Variable	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
ALCOOL~s	451	.0155211	.0058272	.1237502	.0040692	.0269729
ALCOOL~K	451	.1374723	.0162326	.3447276	.1055712	.1693734
diff	451	-.1219512	.016356	.3473477	-.1540948	-.0898077

mean(diff) = mean(ALCOOLRISK_apres - ALCOOLRISK) t = -7.4561
 Ho: mean(diff) = 0 degrees of freedom = 450

Ha: mean(diff) < 0 Ha: mean(diff) != 0 Ha: mean(diff) > 0
 Pr(T < t) = 0.0000 Pr(|T| > |t|) = 0.0000 Pr(T > t) = 1.0000

Concernant la consommation de drogues, que ce soit haschich (DRUGHASH), autre (DRUGOTHER) ou toutes drogues confondues (DRUGALL), nous trouvons l'effet inverse avec deux fois plus de déclaration de consommation au retour de mission (tableau 4-15). Des pistes d'explication possibles sont le fait que les soldats puissent subir un examen médical avant la mission, à une plus grande accessibilité mais une moindre consommation de drogues pendant la mission, ou à une façon de gérer le stress au retour de mission.

Tableau 4-15 : Tests d'égalité appariés sur la consommation de drogue

Paired t test

Variable	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
DRUGHA~s	430	.055814	.0110834	.2298295	.0340295	.0775984
DRUGHASH	430	.0232558	.0072766	.1508905	.0089536	.037558
diff	430	.0325581	.0085687	.1776838	.0157163	.0493999

mean(diff) = mean(DRUGHASH_apres - DRUGHASH) t = 3.7997
 Ho: mean(diff) = 0 degrees of freedom = 429

Ha: mean(diff) < 0 Ha: mean(diff) != 0 Ha: mean(diff) > 0
 Pr(T < t) = 0.9999 Pr(|T| > |t|) = 0.0002 Pr(T > t) = 0.0001

Paired t test

Variable	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
DRUGOT~s	428	.0420561	.0097134	.200952	.0229641	.0611481
DRUGOT~R	428	.021028	.0069434	.1436456	.0073806	.0346755
diff	428	.021028	.0090023	.1862407	.0033337	.0387223

mean(diff) = mean(DRUGOTHER_apres - DRUGOTHER) t = 2.3359
 Ho: mean(diff) = 0 degrees of freedom = 427

Ha: mean(diff) < 0 Ha: mean(diff) != 0 Ha: mean(diff) > 0
 Pr(T < t) = 0.9900 Pr(|T| > |t|) = 0.0200 Pr(T > t) = 0.0100

Paired t test

Variable	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
~P_apres	380	13.54211	.1076289	2.098074	13.33048	13.75373
RISKPOP	380	12.16842	.1728564	3.369591	11.82854	12.5083
diff	380	1.373684	.1639868	3.196691	1.051246	1.696122

mean(diff) = mean(RISKPOP_apres - RISKPOP) t = 8.3768
 Ho: mean(diff) = 0 degrees of freedom = 379

Ha: mean(diff) < 0 Pr(T < t) = 1.0000 Ha: mean(diff) != 0 Pr(|T| > |t|) = 0.0000 Ha: mean(diff) > 0 Pr(T > t) = 0.0000

Nous ne constatons pas, dans le tableau 4-18, de modification significative concernant le comportement agrégé en matière de prise de risque tous domaines confondus (RISPERSO). On pouvait s’y attendre, puisque les différents domaines composant ce comportement agrégé (loisir, domaine professionnel, finance, vie familial, santé et sport) sont peu susceptibles d’avoir eu l’occasion d’évoluer au cours des 6 mois de mission.

Tableau 4-18 : Test d’égalité apparié sur le comportement en matière de prise de risque

Paired t test

Variable	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
RISKPE~s	452	6.882743	.0918234	1.952192	6.702289	7.063198
RISKPE~0	452	6.988938	.0907529	1.929434	6.810587	7.167289
diff	452	-.1061947	.0919867	1.955663	-.2869703	.074581

mean(diff) = mean(RISKPE~s - RISKPE~0) t = -1.1545
 Ho: mean(diff) = 0 degrees of freedom = 451

Ha: mean(diff) < 0 Pr(T < t) = 0.1245 Ha: mean(diff) != 0 Pr(|T| > |t|) = 0.2489 Ha: mean(diff) > 0 Pr(T > t) = 0.8755

Le tableau 4-19 montre que les soldats s’estiment plus chanceux qu’à leur départ, peut-être parce qu’à la différence de leurs 26 camarades rapatriés, il ne leur est rien arrivé pendant la mission. Nous ne trouvons pas de différence significative concernant leur évaluation du niveau de bonheur.

Tableau 4-19 : Tests d’égalité appariés sur les sentiments de chance et de bonheur

Paired t test

Variable	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
CHANCE~s	447	5.780761	.0718264	1.51858	5.6396	5.921921
CHANCE	447	5.583893	.0618484	1.307622	5.462342	5.705443
diff	447	.196868	.0802116	1.695864	.0392284	.3545077

mean(diff) = mean(CHANCE_apres - CHANCE) t = 2.4544
 Ho: mean(diff) = 0 degrees of freedom = 446

Ha: mean(diff) < 0 Pr(T < t) = 0.9928 Ha: mean(diff) != 0 Pr(|T| > |t|) = 0.0145 Ha: mean(diff) > 0 Pr(T > t) = 0.0072

Paired t test

Variable	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
HAPPY_~s	450	7.517778	.0790427	1.676749	7.362438	7.673117
HAPPY	450	7.548889	.0836978	1.775498	7.384401	7.713377
diff	450	-.0311111	.0848179	1.79926	-.1978005	.1355783

mean(diff) = mean(HAPPY_apres - HAPPY) t = -0.3668
 Ho: mean(diff) = 0 degrees of freedom = 449

Ha: mean(diff) < 0 Ha: mean(diff) != 0 Ha: mean(diff) > 0
 Pr(T < t) = 0.3570 Pr(|T| > |t|) = 0.7139 Pr(T > t) = 0.6430

Nous trouvons une importante augmentation du niveau de leur patrimoine au retour de mission dans le tableau 4-20, ce qui est normal compte tenu que leur solde élevée pendant six mois (en moyenne 6700 euros) et de leur faible niveau de patrimoine avant leur départ.

Tableau 4-20 : Test d'égalité apparié sur le montant du patrimoine

Paired t test

Variable	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
PATRIM~s	388	118891.7	6958.654	137069.6	105210.2	132573.2
PATRIM-E	388	13263.3	1352.218	26635.61	10604.69	15921.91
diff	388	105628.4	6574.489	129502.4	92702.18	118554.5

mean(diff) = mean(PATRIMOINE_apres - PATRIMOINE) t = 16.0664
 Ho: mean(diff) = 0 degrees of freedom = 387

Ha: mean(diff) < 0 Ha: mean(diff) != 0 Ha: mean(diff) > 0
 Pr(T < t) = 1.0000 Pr(|T| > |t|) = 0.0000 Pr(T > t) = 0.0000

Dans le tableau 4-21, nous observons une augmentation significative du sentiment de contrôle au retour de mission, ainsi qu'une diminution des scores obtenus aux traits de personnalité neuroticism (qui traduit la capacité à éprouver des émotions négatives) et de conscientiousness qui traduit la façon dont nous contrôlons, régulons et orientons nos pulsions).

Tableau 4-21 : Tests d'égalité appariés sur traits de personnalité

Paired t test

Variable	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
CONTRO~s	433	3.108545	.0476042	.9905787	3.01498	3.20211
CONTROLE	433	2.946882	.04947	1.029404	2.84965	3.044114
diff	433	.1616628	.0529618	1.102064	.0575679	.2657577

mean(diff) = mean(CONTROLE_apres - CONTROLE) t = 3.0524
 Ho: mean(diff) = 0 degrees of freedom = 432

Ha: mean(diff) < 0 Ha: mean(diff) != 0 Ha: mean(diff) > 0
 Pr(T < t) = 0.9988 Pr(|T| > |t|) = 0.0024 Pr(T > t) = 0.0012

Paired t test

Variable	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
NEURO~s	437	2.251144	.0272878	.5704385	2.197512	2.304776
NEURO	437	2.295195	.0251759	.5262897	2.245713	2.344676
diff	437	-.0440503	.0211016	.4411191	-.0855238	-.0025769

mean(diff) = mean(NEURO_apres - NEURO) t = -2.0875
 Ho: mean(diff) = 0 degrees of freedom = 436

Ha: mean(diff) < 0 Ha: mean(diff) != 0 Ha: mean(diff) > 0
 Pr(T < t) = 0.0187 Pr(|T| > |t|) = 0.0374 Pr(T > t) = 0.9813

Paired t test

Variable	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
CONSCI~s	441	3.642479	.0135579	.2847165	3.615833	3.669126
CONSCI	441	3.834719	.0179075	.3760575	3.799524	3.869914
diff	441	-.1922399	.0160502	.3370537	-.2237844	-.1606953

mean(diff) = mean(CONSCI_apres - CONSCI) t = -11.9774
 Ho: mean(diff) = 0 degrees of freedom = 440

Ha: mean(diff) < 0 Ha: mean(diff) != 0 Ha: mean(diff) > 0
 Pr(T < t) = 0.0000 Pr(|T| > |t|) = 0.0000 Pr(T > t) = 1.0000

Enfin, notons dans le tableau 4-22, que la sévérité des actions de combat déjà vécues avant la mission (2.22) est supérieure à celle vécue lors de la présente mission (1.49), pour les soldats ayant déjà effectué une mission précédemment.

Tableau 4-22 : Test d'égalité apparié sur la sévérité des combats

Paired t test

Variable	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
SEVERE~L	239	1.490405	.1037793	1.604389	1.285962	1.694849
SEVERE~t	239	2.220459	.1531265	2.367279	1.918802	2.522115
diff	239	-.7300534	.144905	2.240178	-1.015514	-.4445931

mean(diff) = mean(SEVERETOTAL - SEVERETOTAL_av~t) t = -5.0382
 Ho: mean(diff) = 0 degrees of freedom = 238

Ha: mean(diff) < 0 Ha: mean(diff) != 0 Ha: mean(diff) > 0
 Pr(T < t) = 0.0000 Pr(|T| > |t|) = 0.0000 Pr(T > t) = 1.0000

En conclusion, nous avons trouvé des différences significatives entre les niveaux moyens de certaines variables avant le départ en mission et au retour. Il s'agit d'une augmentation pour RISKPOPEV, RISKPOP, CHANCE et CONTROLE, et d'une diminution pour EMOTION, REACTION, NEURO, CONSCI et SEVERITE.

Ainsi, de retour de mission, les soldats ont tendance à augmenter leur évaluation initiale de leur niveau de risque de décès toutes causes, et pour cause violente (homicide) par rapport à la population, de leur niveau de chance et de leur sentiment de contrôle. Par contre, ils avaient surévalué les émotions qu'ils ressentiraient, ainsi que l'ampleur de leur réaction face à un combat, ceci étant sans doute lié au fait que la sévérité de la situation de combat s'est

avérée moins importante que celle observée dans les combats lors de missions passées. On observe également une diminution des scores pour les traits de personnalité traduisant le neuroticism (tendance à éprouver des émotions négatives) et conscientiousness (manière dont nous contrôlons, régulons et orientons nos pulsions).

Enfin, nous n'avons observé aucun changement concernant RISKPERSONALITY, HAPPY, qui ne semblent donc pas significativement affectés par la mission.

3 Conclusion : Ebauche d'une analyse comparative des deux populations

Si l'on cherche à contraster les résultats obtenus dans les deux enquêtes, nous pouvons faire les constatations suivantes.

Concernant la population, les soldats avant le départ en mission ont en moyenne des comportements plus risqués en matière de sports pratiqués que les répondants de l'enquête inondation (31% contre 11.7%), ce qui s'explique par l'âge moyen différent (29 ans contre 51 ans) et de la plus forte proportion d'hommes (95% contre 45 %). Ils sont également plus souvent fumeurs (39.7% contre 29.7%), mais ont des comportements comparables en matière de consommation de drogues (au retour de mission en tout cas).

Si le score obtenu au questionnaire PTSD est légèrement supérieur chez les soldats que dans la population inondée (25.97 contre 24.83, p-value=0.108), la proportion des individus en état de stress post traumatique avéré est comparable (10.8% contre 10.6%), bien que l'événement responsable de ce stress soit uniquement l'exposition à une action de combat dans le cas des soldats, alors qu'il s'agit de tout événement traumatisant dans l'enquête inondation.

Toujours lorsqu'évalué avant le départ en mission et comparé aux individus de l'enquête inondation, le sentiment de chance est similaire (5.59), le sentiment de bonheur supérieur (7.53 contre 6.76).

Concernant les choix en incertitude, les soldats font preuve d'une plus grande préférence pour le risque dans certains domaines : le montant qu'ils sont prêts à payer pour le billet de loterie est supérieur (2.4% du montant du gain possible contre 0.3%), de même que l'indice de préférence pour les pertes (1.96 contre 1.57). Toutefois, ils ont un indice de préférence pour le présent plus élevée (3.15 contre 2.96), et le ratio prime d'assurance/Patrimoine pour se protéger du risque de perdre la totalité ou la moitié de leur patrimoine est bien plus élevé.

Concernant les traits de personnalité, les soldats font preuve d'un plus grand sentiment de contrôle (2.96 contre 2.26), mais de scores plus faibles à NEURO (2.30 contre 2.51), qui traduit la capacité à éprouver des émotions négatives, et à CONSCI (3.84 contre 4.14) qui traduit la façon dont nous contrôlons, régulons et orientons nos pulsions). Les p-values du test d'égalité pour les trois traits de personnalité sont inférieures à 0.00001.

Enfin, concernant les émotions anticipées (EMOTION), les soldats font preuve d'un score beaucoup plus faible que les individus de l'enquête inondation, avant le départ en mission

(5.73 contre 7.17) et encore plus faibles après (3.93), les p-values du test d'égalité étant dans les deux cas inférieures à 0.00001.

Concernant les quatre effets entre émotions et décision qui ont pu être testés sur les deux bases (les effets C, D, E et 2), nous trouvons des effets concordants pour les trois premiers, moins nets pour le dernier. Ainsi, nous avons des indices d'existence d'une influence des émotions passées sur les décisions, sur certains traits de personnalité, et une influence des traits de personnalité sur l'anticipation des émotions futures et la décision. Par contre, alors que l'on trouve une relation positive et significative entre les émotions anticipées et les probabilités subjectives d'occurrence ex ante d'une inondation, cette relation ne semble pas exister concernant l'occurrence d'une situation de combat et les émotions anticipées.

4 Bibliographie

- Glad A., Lyk-Jensen S.V. (2013). Before and after missions: Changes and differences in motivations of Danish Soldiers Deployed to Peace-keeping and peace-enforcing missions, *mimeo*, to be submitted to Armed Forces & Society
- Lyk-Jensen, S. V., Heidemann, J., & Glad, A. (2012). *Soldater - før og efter udsendelse : en analyse af motivation, økonomiske forhold og kriminalitet*. København: SFI - Det Nationale Forskningscenter for Velfærd. [Soldats avant et après leur mission: une analyse de leurs motivations, de leur économie et de leur criminalité]

PARTIE 5

Etude des consentements à payer pour réduire le risque (ou la vulnérabilité) dans le cas d'une inondation

0 Introduction

Cette partie s'attache aux résultats de l'enquête concernant les questions d'évaluation contingente présentes dans le questionnaire inondation. Dans un premier chapitre, nous exposons la méthode d'évaluation contingente, sa mise en œuvre pratique, ses limites et ses critiques. Dans une seconde partie, nous présentons une revue de la littérature concernant les études ayant appliqué la méthode d'évaluation contingente à la réduction du risque d'inondation (ou de ses conséquences). Le troisième chapitre expose les choix méthodologiques et les deux scénarios retenus (assurance et travaux), ainsi que les questions d'élicitation et les motifs de réponses collectés. Il présente également les trois types de modèles économétriques qui seront utilisés pour le traitement des données. Le quatrième chapitre, après quelques analyses descriptives des Consentements à payer (CAP), estime ces trois types de modèles sur les CAP obtenus pour les deux scénarios retenus. Le cinquième chapitre présente les résultats des CAP concernant les deux scénarios en les croisant avec deux types de risque équiprobables (inondation et tempête), dans le cadre de scénarios normalisés. Le dernier chapitre conclut.

1 La méthode d'évaluation contingente

La quantification des bénéfices associés à une réduction d'un risque ou de ses conséquences peut se révéler complexe, de par la difficulté d'observer systématiquement les comportements associés à différents niveaux d'exposition. Confrontés à cette difficulté, les économistes ont à leur disposition deux types d'approches, qui trouvent leurs racines dans la théorie microéconomique de l'utilité et se fondent sur les préférences des individus. Leur postulat de base est que les préférences des agents traduisent la valeur qu'ils accordent à une situation donnée, et que la comparaison de situations diversement risquées va permettre la quantification monétaire de la valeur d'une réduction de risque.

Ces approches explorent donc les préférences des agents soit de façon indirecte (méthode des préférences révélées) par l'observation des comportements des individus sur des marchés où risques et montants monétaires sont impliqués (marchés des biens de protection, marché du logement, marché du travail), soit de façon directe (méthode des préférences déclarées) par l'interrogation des individus sur leurs consentements à payer pour une variation du risque (méthode d'évaluation contingente, MEC). Nous avons choisi d'utiliser la seconde dont nous allons exposer rapidement les fondements théoriques ci-

dessous. Puis nous présentons, dans une seconde section les différentes phases d'une enquête d'évaluation contingente, et dans une troisième section, les difficultés et limites pouvant entacher ses résultats.

11 Fondements théoriques de la méthode d'évaluation contingente

L'affectation d'une valeur monétaire à un bien non-marchand nécessite l'extension de la théorie du consommateur au cas où les biens ne sont pas échangés sur un marché organisé.

Pour un répondant donné, soit U_0 son niveau d'utilité initial, U_1 son niveau d'utilité final, Y son revenu, q_0 sa situation initiale (définie en termes de niveau de risque, de qualité de l'environnement ou de conséquences), et q_1 sa situation finale.

Dans le cas d'une amélioration de la situation initiale (que nous adopterons dans l'enquête inondation), on définit le CAP comme l'équivalent monétaire qui rend l'individu indifférent (à sa situation initiale) pour accepter l'amélioration proposée de q_0 en q_1 . Il est tel que :

$$U_0(Y - \text{CAP}, q_1) = U_0(Y, q_0).$$

Il représente le surplus compensateur hicksien : la contrepartie monétaire de l'augmentation de l'utilité du répondant associé au passage de q_0 en q_1 .

Cette méthode suppose que les agents agissent de façon économiquement rationnelle et comprennent correctement l'ensemble des composantes du scénario proposé. Ses résultats sont donc sensibles à la perception subjective du risque et à la capacité de traitement de l'information communiquée. De plus, dans le cas particulier où le scénario repose sur une variation de niveau de risque et non sur une variation des conséquences, cette approche suppose que les individus sont capables d'estimer leurs propres fonctions de dommages. Enfin, elle est exposée à un nombre élevé de biais potentiels - liés essentiellement à l'utilisation de techniques de révélation des préférences - tels les biais hypothétique, de contexte, d'inclusion ou stratégique, et à certaines critiques de fond, que nous évoquerons dans la section 13.

12 Les différentes phases de mise en oeuvre

Nous présentons dans cette section les différentes phases d'une enquête d'évaluation contingente, et les divers choix possibles pour chacune d'entre elles. Dans la section 3, qui présente la façon dont l'enquête a été construite et réalisée, nous présenterons et justifierons les choix effectués pour chacune des phases.

121 Choix du média d'enquête

Il existe cinq principaux médias d'enquête, dont nous présentons dans le tableau suivant les avantages et inconvénients.

Tableau 5-1: Avantages et inconvénients des principaux médias

Avantages	Inconvénients
Entretien individuel en face à face <ul style="list-style-type: none"> • Utilisation d'aides visuelles possible. • Possibilité de motiver le répondant. • Possibilité pour l'interviewer d'explorer les réponses imprécises ou confuses. • Questions de suivi possibles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts élevés, car présence de l'enquêteur sur le terrain • Possibilité de biais lié à l'interviewer • Pas d'anonymat
Courrier <ul style="list-style-type: none"> • Utilisation d'aides visuelles. • Coûts faibles. • Anonymat. 	<ul style="list-style-type: none"> • Biais d'auto-sélection, les individus ne répondant pas ayant souvent le moins d'intérêt pour le bien. • Risque d'un taux élevé de non-réponse (8 à 93% selon Mitchell et Carson, 1989; en moyenne 30 à 50%). • Biais liés à la bonne compréhension du questionnaire. • Incapacité à motiver le répondant. • Biais lié à l'auto-administration du questionnaire. • Impossibilité d'utiliser des questions de suivi.
Téléphone <ul style="list-style-type: none"> • Coûts faibles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Biais d'échantillonnage lié aux personnes sans téléphone fixe. • Réduction de la capacité à motiver le répondant. • Difficultés à ajuster l'interview à la situation du répondant. • Impossibilité de présenter une aide visuelle ou des informations très complètes. • Possibilité de biais lié à l'interviewer.
Internet <ul style="list-style-type: none"> • Coûts faibles. • Utilisation d'aides visuelles possible. • Questions de suivi possibles. • Anonymat. • Possibilité de motiver le répondant. 	<ul style="list-style-type: none"> • Biais d'auto-sélection, les individus ne répondant pas ont souvent moins d'intérêt pour le bien. • Biais lié à la bonne compréhension du questionnaire.
Enquête Simultanée <ul style="list-style-type: none"> • Coûts raisonnables. • Utilisation d'aides visuelles possible. • Anonymat (un peu artificiel). • Possibilité de motiver le répondant. 	<ul style="list-style-type: none"> • Biais lié à l'auto-administration du questionnaire. • Impossibilité d'utiliser des questions de suivi. • Biais d'auto-sélection (peut être réduit).

[122 Choix et rédaction du scénario hypothétique](#)

Le scénario hypothétique est l'élément clé de l'étude d'évaluation contingente puisque toute l'information de l'individu passe par lui. L'information doit donc être la plus complète et la plus neutre possible, le répondant devant comprendre qu'il est interrogé non pas sur un simple prix, mais sur une véritable intention de paiement, compte tenu de sa contrainte budgétaire et de ses préférences. Le scénario doit être réaliste, simple et compréhensible et rappeler les contraintes budgétaires du répondant. La situation initiale ainsi que la modification proposée par le scénario doivent être définies clairement.

[123 Choix du type de marché contingent](#)

Plusieurs types de marché contingent peuvent être proposés.

Le marché des biens privés a longtemps été le plus employé ... avant qu'on ne réalise qu'il était inapproprié pour une évaluation contingente puisque l'intérêt public est perçu par les individus comme un bénéfice qui a une valeur, ce dont ne tient pas compte un marché des biens privés. Son avantage était que le répondant, en tant que consommateur, possède des préférences rodées par ses achats monétaires passés, et que le comportement individuel varie selon le type d'achat et de consommation considérés. Son désavantage étant que les répondants acceptent d'allouer une certaine fraction de leur revenu à des dépenses d'intérêt public (comme l'installation d'une centrale commune de traitement de l'eau plutôt qu'un équipement individuel de même nature, Mitchell et Carson, 1986).

Le marché politique. Sur ce marché, l'individu devient un simple votant confronté à un problème de décision se résumant à un choix binaire : pour ou contre le projet proposé dans le scénario hypothétique (référendum). Ses avantages sont qu'il est adapté aux décisions publiques, et que le processus de vote est familier aux répondants. Par contre, il suppose que les répondants connaissent parfaitement le bien ou le projet (ce qui est rare) et nécessite donc qu'il soit précisément décrit, clairement et simplement, de même que les conditions de disponibilité, paiement compris.

La privatisation d'un bien public, dans lequel l'individu prend une décision privée parmi des choix impliquant différents niveaux de ressource naturelle, n'est envisageable si le bien peut être facilement territorialisé (déménagement entre deux lieux différemment pollués, ou aux risques sanitaires différents). Elle présente l'avantage de la familiarité avec le marché hypothétique (biens privés), limite les réponses altruistes ou citoyennes puisque l'espace de choix strictement individuel (restreint au cadre du ménage) et sans effet direct sur la décision publique, et propose une offre certaine (pas d'incertitude sur la nature du bien offert dans le marché contingent, pas de comportement stratégique).

124 Choix d'un véhicule de paiement

Il est suggéré d'utiliser de préférence un mécanisme déjà en place, avec lequel les individus sont familiers, afin d'éviter les problèmes de rejet de la part des enquêtés (réponses de protestation ou faux zéros). Il doit être étroitement relié au bien que l'on propose sur le marché, comme par exemple :

- l'augmentation de la facture d'eau si l'on propose un programme de dépollution d'un cours d'eau,
- l'instauration ou variation d'un droit d'entrée si l'on se réfère à une aménité récréative,
- l'augmentation du prix d'un bien privé si on étudie la valeur d'une production biologique,
- l'augmentation du coût de la vie associée à un lieu si l'objet de l'étude est territorialisé.

125 Choix du format d'élicitation des CAP

Il est crucial car la bonne qualité des réponses et les erreurs commises par les personnes interrogées en dépendent. Neuf méthodes de révélation existent selon Mitchell et Carson (1989), et les cinq techniques les plus couramment employées sont rappelées ci-dessous.

Les enchères constituent la plus ancienne méthode (Davis, 1963). Elles utilisent des enchères ascendantes, descendantes ou un jeu d'enchères. Ce dernier consiste, à partir d'une valeur de départ, à encadrer le CAP maximal pour le bien au moyen d'un processus dynamique de révélation de la valeur : une enchère initiale est proposée ; en fonction de la réponse (positive ou négative) de l'individu, un autre montant est proposé, et ainsi de suite. L'inconvénient de ces méthodes repose sur un ancrage possible sur les offres proposées (voir biais d'ancrage en section 13).

La question ouverte consiste à demander au répondant combien il souhaite payer pour bénéficier de l'amélioration. Ses avantages sont sa simplicité, le fait qu'elle n'est pas sujette au biais d'ancrage, que les valeurs obtenues sont plus précises que les autres méthodes. Ses inconvénients sont qu'il s'agit d'un exercice difficile pour les personnes qui n'ont pas l'habitude du bien et de l'exercice d'évaluation (sur un marché, le prix est fixé, ici, le répondant le fixe), qu'elle peut conduire à plus de valeurs incohérentes, de valeurs extrêmes, d'indécision et de réponses "*ne sait pas*" que les autres formats de révélation, notamment lorsque les individus ne sont pas familiers avec le bien à évaluer.

La carte de paiement, développée par Mitchell et Carson (1981) consiste à proposer une carte sur laquelle figurent un certain nombre de montants et demande de répondre "oui", "non" ou "ne sait pas" à chacun d'eux. Elle présente l'avantage d'une aide visuelle qui facilite la construction de l'évaluation, évite un taux élevé de non-réponse et des évaluations exagérées, permet de réduire le biais d'ancrage associé au système d'enchère, notamment en commençant par des valeurs très basses (voire nulles) et en finissant par des valeurs très élevées. Ses inconvénients sont qu'elle est sujette aux biais associés aux échelles monétaires utilisées ainsi qu'à la localisation des montants sur la carte, et qu'elle nécessite des entretiens directs et individuels, au coût de revient plus élevé.

La question fermée ou référendum, proposée pour la première fois par Bishop et Heberlein (1979) et une des plus utilisées ces dernières années. Elle consiste à proposer une enchère de départ à la personne interrogée, du type : "*Etes-vous prêt à payer le montant X pour une amélioration de ...?*". Ses avantages sont sa proximité du fonctionnement du marché, puisqu'elle place le répondant dans une position de "preneur de prix" et sa simplicité de mise en oeuvre, puisqu'elle peut être réalisée par voie postale ou téléphonique. Ses inconvénients sont la nécessité d'un échantillon important si on veut avoir un bon niveau de précision dans l'estimation des CAP, puisqu'elle apporte moins d'information sur leur distribution que les autres méthodes, et le fait qu'elle soit soumise au biais d'ancrage (ou de valeur de départ) voire de "*yeah saying*", les individus ayant tendance à répondre "*oui*" plus souvent.

La question fermée avec suivi a été mise en oeuvre par Carson, Hanemann et Mitchell (1986) avec la **double enchère**, qui propose une amélioration en ajoutant une seconde question d'évaluation après la première afin de mieux encadrer les valeurs de CAP. Elle est plus efficace que le référendum simple, puisque l'intervalle dans lequel est compris le CAP est réduit et plus précis, mais elle présente l'inconvénient de laisser une impression de marchandage aux répondants, lorsqu'il s'agit d'une enchère double ou plus, ce qui peut nuire à la qualité de leurs réponses, avec modifications des préférences entre les deux enchères. La **triple enchère** (et au-delà de trois) ne présente pas de gain en efficacité.

13 Inconvénients et limites de la MEC

Les principaux inconvénients portent sur un ensemble de biais ou d'effets pouvant affecter la révélation sincère des préférences des répondants. Les limites ont trait à des aspects plus conceptuels et théoriques sur la nature de l'exercice et sa capacité à fournir des valeurs économiques valides.

131 Biais et effets

Un biais est la différence qui serait observée entre le CAP réel non observé des répondants, et celui qu'ils déclarent lors de l'enquête. **Un effet** est la différence qui serait observée entre les CAP déclarés lors de l'enquête et les valeurs monétaires qui seraient effectivement payées sur un marché réel.

Mitchell et Carson (1989) consacrent une part importante de leur ouvrage à ces difficultés inhérentes à la méthode d'évaluation contingente, et ont proposé une typologie des biais qui constitue **la référence** en la matière. Nous ne présentons ci-dessous que les principaux effets et biais, et renvoyons le lecteur à leur ouvrage pour une exposition complète.

A) Effet hypothétique

Il survient lorsque l'individu est incapable de valoriser correctement ses préférences, c'est à dire lorsqu'il ne peut se projeter dans la situation d'une transaction hypothétique. Il est la conséquence de trois types de faiblesses inhérentes aux évaluations contingentes réalisées hors laboratoire (et donc moins contrôlables a priori) que nous développons ci-dessous : le manque de familiarité, le manque d'information et l'incertitude.

La familiarité des individus - avec le bien que l'on cherche à valoriser et avec le marché fictif simulé - est nécessaire pour que leurs réponses aux questions de valorisation soient fondées. On peut penser que le scénario permettra aux répondants de se familiariser avec le bien, que les individus peuvent faire usage d'expériences passées reliées à celle proposée par l'étude (ce qui sera le cas pour tous les habitants des communes inondées) ou d'informations à partir de diverses sources, etc.

Familiarité et **information** sont liées : plus l'individu est familier avec le bien, plus son information préalable le rendra peu sensible à l'information délivrée dans le scénario, et donc moins son CAP sera influencé.

L'incertitude, pour sa part, est double : la situation est hypothétique, donc incertaine, et les préférences pour le bien ne sont pas certaines. L'incertitude des préférences est la cause du renversement des préférences ("*preferences reversal*") : même si l'on sait ce que l'on aura en choisissant une option particulière, on ne peut pas savoir ce que l'on ressentira à propos de ce choix, ce qui pose le problème de l'incertitude sur nos valeurs sous-jacentes, et de l'impact des émotions anticipées.

La nature hypothétique du scénario peut donc induire un biais de non-engagement, puisque si les achats réels nécessitent de sortir de l'argent du portefeuille, répondre à une enquête ne nécessite pas le même niveau de considération et d'engagement financier => les CAP peuvent être très élevés.

De plus, la nature complexe de la question (donner une valeur monétaire à un bien non familier et avec lequel on n'a aucune expérience par le jeu d'une procédure non familière) favorise une différence dans la distribution des CAP et des valeurs obtenues sur un marché réel.

Une façon de limiter l'effet hypothétique consiste à utiliser un texte dit "cheap talk" pour mettre en garde les individus sur la tendance à ne pas répondre dans les MEC comme si le marché était réel, texte que nous reprendrons lors de l'enquête.

B) Biais liés au comportement des individus

Le biais stratégique traduit une modification volontaire de son véritable CAP par le répondant, qui pense que ses réponses peuvent influencer la quantité du bien fourni, le niveau de paiement du bien ou la décision finale d'accord ou de rejet de la politique décrite dans le scénario. Ceci peut le conduire à une sous-évaluation sachant que l'accès au bien lui sera quand même possible (biais du "passager clandestin", "Free riding") ou à une sur-évaluation pour inciter à la mise à disposition du bien.

Le biais de complaisance (délibéré ou non) survient quand l'individu interrogé donne une valeur supérieure à son véritable CAP simplement pour faire plaisir à l'enquêteur ou au sponsor, pensant que ce pour quoi il est interrogé est plus sérieux que ce qu'il pensait.

C) Biais liés à des indications supposées sur la valeur du bien

Ces biais sont dus au fait que certains éléments du marché contingent sont perçus par les individus comme apportant une information sur la valeur "correcte" du bien.

Le biais d'ancrage

La méthode de révélation du CAP, ou le véhicule de paiement, introduit, directement ou indirectement, un montant initial pour le CAP qui influence la réponse de la personne interrogée. Ce biais peut être accentué par une tendance à répondre "oui" ("yeah-saying") ou "non" ("nay-saying") quelle que soit la question et/ou l'offre proposée. Ce biais peut aussi être présent sur la première valeur positive d'une carte de paiement.

En présence de biais d'ancrage, on ne va pas estimer le véritable CAP de l'individu, mais une valeur qui est une combinaison (linéaire dans cet exemple) du véritable CAP de l'individu et des deux montants d'enchère proposés, dans une question de format à double enchère.

Dans le biais d'éventail, spécifique à la carte de paiement, c'est l'intervalle des montants qui influence la réponse de l'individu par l'éventail des offres ou par la valeur centrale de la carte.

D) Biais de mauvaise spécification

Ils surviennent quand l'individu ne répond pas au scénario contingent que l'enquêteur pensait avoir formulé.

Le biais d'ordre (ou de séquence) survient lors de l'évaluation successive de plusieurs biens / scénario, lorsqu'on trouve que le CAP est plus élevé lorsqu'un bien /scénario est proposé en premier que lorsqu'il est présenté après d'autres.

Le biais lié au véhicule de paiement survient quand le véhicule de paiement choisi (augmentation des taxes locales, des droits d'entrée, des augmentations de factures d'électricité ou d'eau, des prix plus élevés pour un bien...) pour effectuer la transaction est mal perçu ou mal évalué par l'individu.

Le biais de question de révélation de la valeur peut être observé quand la question ne permet pas de révéler le CAP maximum de l'individu (parce que la dernière offre n'est pas assez élevée, l'intervalle est trop grand, ...).

E) Biais d'échantillonnage

Afin de pouvoir étendre les résultats d'une évaluation contingente sur une population plus large, il est nécessaire de veiller à ce que l'échantillonnage initial soit représentatif de cette population.

Le biais du choix de la population survient quand la population choisie ne correspond pas de façon adéquate à la population pour qui les bénéfices et/ou les coûts du financement du bien public vont augmenter.

Le biais de non-réponse survient quand les statistiques calculées en utilisant les éléments à partir desquels une réponse valide sur le CAP a été obtenue, diffèrent significativement des paramètres de la population d'intérêt. On rencontre deux types de non-réponse :

- les personnes qui ne répondent pas au questionnaire : non présentes lorsque l'interviewer s'est présenté, refus de participer ou non renvoi d'un questionnaire courrier.
- les personnes qui ne répondent pas à certaines questions, en particulier à la question de révélation de CAP ou au revenu.

Traitement des réponses de protestation

Toutes les réponses de révélation nulles ne possèdent pas le même statut, et l'on peut distinguer les « vrais zéros » et les « faux zéros ».

Pour les « vrais zéros », la valeur nulle correspond réellement à la valeur accordée au service considéré. Ainsi, pour ces répondants, le niveau d'utilité restera inchangé si le bien ou le service proposé est effectivement disponible, et la valeur nulle annoncée correspond effectivement à cette variation d'utilité nulle entre la situation ex ante et la situation proposée. Les répondants ne sont pas prêts à renoncer à une partie de leurs autres consommations pour disposer du bien environnemental.

Pour les « faux zéros », la valeur nulle déclarée ne correspond pas à la variation d'utilité relative au changement contingent proposé. Les raisons évoquées pour expliquer ce type de réponse sont un comportement de passager clandestin (free rider), une réaction hostile à l'entretien ou au véhicule de paiement adopté. Dans le premier cas, le répondant dénature son véritablement CAP et profitera effectivement de l'amélioration du bien ou du service s'il était mis à disposition grâce aux contributions d'autrui. Dans le second cas, le répondant réagit par un CAP nul à certains des éléments du scénario ou contre le principe même d'être interrogé ou de devoir payer pour bénéficier d'une amélioration à laquelle il pense légitimement avoir droit.

Les faux zéros représentent un refus de participation au marché contingent proposé et traduisent une réponse de protestation. Ils doivent être considéré comme des valeurs manquantes, à moins que les CAP correspondants ne soient estimés sur la base des caractéristiques des individus et d'un modèle estimé sur les CAP non nuls et les vrais zéros.

Le biais de sélection de l'échantillon, enfin, survient quand certaines caractéristiques observées de l'échantillon influencent la probabilité de donner un $CAP > 0$ ou une réponse de protestation. Un moyen de corriger ce type de biais est offert par le modèle de Heckman (1976).

[132 Limites et critiques de la méthode d'évaluation contingente](#)

Les critiques les plus virulentes des « anti » MEC, dans Hausman (1993), remettent en cause sa capacité à mesurer des valeurs d'usage passif. Selon eux, la méthode d'évaluation contingente **ne mesurerait pas des préférences** mais plutôt une attitude charitable ou l'achat d'une bonne conscience (altruisme impur), des valeurs construites à partir de plusieurs considérations : l'obligation, la charité, le fait d'être concerné par les questions environnementales, la responsabilité civique ou sociale, etc. Les CAP ne représentent pas pour eux une valeur économique du bien (Hausman, 1993 ; Diamond et Hausman, 1993).

Lorsqu'il s'agit de mesurer des valeurs liées à un usage passif (legs, altruisme et existence) des biens d'environnement, il n'est pas possible de comparer les estimations avec d'autres méthodes puisque seule la méthode d'évaluation contingente est capable de fournir cette valeur, ce qui ne permet pas de se prononcer sur le **critère de validité de la méthode**.

Dans Hausman (1993), plusieurs auteurs soulèvent l'argument de non familiarité avec le bien qui peut induire des préférences imprécises chez les personnes aux préférences pauvrement définies => **la valeur est construite** par l'enquête d'évaluation elle-même, par l'information communiquée à travers le questionnaire et son scénario hypothétique. Il faut vérifier si l'information apportée modifie les valeurs révélées. C'est la nature contextuelle de la MEC, de plus en plus reconnue dans la littérature, qui invaliderait les résultats. Même type de problématique avec l'expérience avec le bien valorisé, qui ne serait pas suffisante pour permettre des préférences stables.

Si les valeurs sont construites, il serait donc **possible de manipuler les réponses** en modifiant les paramètres informatifs (par omission de certaines données ou mise en avant d'autres), en inversant l'ordre des questions, voire en changeant le véhicule de paiement,

étant donné l'impact de ces modifications sur la valeur de CAP révélée. Ces arguments ne sont pas spécifiques à la MEC : toute méthode d'évaluation est soumise à la déontologie de celui qui la pratique et qui traite les données.

14 En guise de conclusion sur la méthode d'évaluation contingente

En l'absence d'incitations réelles, rien ne garantit que les individus vont révéler leur vrai CAP. Puisqu'ils ne sont soumis à aucune transaction réelle, les agents n'ont aucune incitation à se comporter de la même manière sur un marché contingent et sur un marché réel. C'est là d'ailleurs que se situe la véritable faiblesse de la MEC : elle est fondée sur ce que les personnes déclarent et non pas sur ce qu'elles font effectivement.

Les avis divergent sur la validité de la MEC pour la mesure des valeurs d'usage passif. Malgré tout, elle reste la méthode d'évaluation directe des ressources naturelles la plus employée, principalement aux États-Unis notamment depuis que l'administration américaine et le panel du National Oceanographic and Atmospheric Administration (Arrow et al., 1993) ont conseillé son utilisation, ce qui a fortement accru le nombre d'études d'évaluation contingente.

2 Revue de la littérature sur les études estimant un CAP dans le contexte d'une inondation

Une recherche bibliographique sur Scopus et Google Scholar en juin 2012 ne nous a permis de trouver que 14 études ayant utilisé la méthode d'évaluation contingente (ou de la méthode des programmes, qui en est une déclinaison) dans le contexte des inondations, la plus ancienne datant de 1988.

Cette pauvreté vient confirmer les résultats de la revue de la littérature de Daun et Clark (2000) sur les applications de la méthode d'évaluation contingente au contrôle des inondations. Réalisée dans le cadre de la préparation d'un rapport sur la gestion des inondations urbaines (référées ci-dessous comme Novotny et al., 2001), ils s'y étonnaient déjà du faible nombre d'études trouvées : trois ainsi que quelques études par les services des ingénieurs de l'armée américaine qu'ils qualifiaient de « nebulous early applications ».

Pour la France, une étude française (Cepri, 2008) recense trente études menées en France sur la thématique inondation entre 1993 et 2008, dont deux utilisent la méthode d'évaluation contingente (Grelot, 2004 ; et Deronzier et Terra, 2006) et sont reprises ici.

Nous synthétisons dans le tableau 5-2, les 14 études par ordre chronologique, ainsi que leurs principales caractéristiques et leurs principaux résultats, avant de les exposer plus en détail dans les sections 21, 22 et 23. Notons en préambule deux études, dont le statut est particulier, que nous allons commencer par présenter.

Tableau 5-2 : Synthèse des 14 études utilisant la méthode d'évaluation contingente ou conjointe dans le contexte d'une inondation

Auteur(s)	Population étudiée	Question de révélation (traduction)	Aspects méthodologiques	Principaux résultats
Thunberg (1988)	- 142 maisons à Southeast Roanoke, Virginie, inondées en 1987 - face à face (après contact tel.)	Réduction du risque (pas plus de précisions, étude originale non disponible)	- Evaluation contingente - Utilisation d'une carte de paiement et d'un format d'élicitation itératif - paiement annuel ou une somme forfaitaire une fois pour toute.	Résultats relativement contre intuitif entre l'importance de la réduction de la zone inondable et le CAP (paiement annuel ou une fois pour toute).
Shabman and Stephenson (1998)	- 74 personnes ayant subi l'inondation de la rivière Roanoke en 1987 - face à face	«Si aucun projet de lutte contre les inondations n'est construit, il y aurait 40% de chances que l'eau envahisse le premier étage ou sous-sol de cette habitation au moins une fois en dix ans. Après la construction du projet, le risque que l'eau envahisse le sous-sol ou le premier étage de votre maison sera réduit à 20%». - Les risques sont calculés spécifiquement pour chaque propriété	- Evaluation contingente - Dimension collective du risque (actions envisagées par la collectivité) - Scénario associé à un projet particulier détaillé. - Vote à un référendum sur imposition foncière sur 15 ans ou en une seule fois - Utilisation de carte de paiement pour obtenir intervalle	Les résultats indiquent que le CAP moyen estimé pour un propriétaire qui n'a pas souscrit une assurance contre les inondations, est de 188,63 \$. Le CAP estimé pour une personne qui possède une assurance contre les inondations, est de 36,81 \$.
Johnson, Swallow, and Weaver (1999)	- 301 individus dans le Sud Ouest de Rhode Island, - face à face	«Seriez-vous prêt à accepter l'amendement 2 et à payer X \$ par an par des impôts supplémentaires permanents, nationaux et locaux, et des frais constitutionnels pour ces changements? »	- Méthode des programmes - Dimension collective du programme, six programmes sont proposés. - Referendum avec divers montants X qui vont de recevoir 90 USD à payer 225 USD pendant 5 ans	L'objectif est d'étudier si la confiance en les pouvoirs publics affecte les CAP. Les résultats confirment l'importance des attributs du mécanisme de paiement sur : (i) CAP pour des programmes environnementaux et politiques (ii) le taux marginal de substitution entre les attributs non monétaires des programmes (iii) la probabilité de voter en faveur d'un programme spécifique.
Novotny, Clark, Griffin, Bartosova, Booth and Anderson (2001)	- 1000 ménages des bassins de la Menomonee River et Oak Creek. - téléphone	CAP pour réduire risque, dit «flood path A». Scénario non spécifique « les scientifiques pensent que le risque d'inondation serait approximativement 3 à 5 fois plus important que ce qu'il est actuellement. Ceci se traduit en terme annuel par une	- Evaluation contingente - Dimension collective du risque (programme d'actions envisagées par la collectivité) - non associée à un projet particulier	Le résultat principal révèle un CAP moyen de 82 \$ par an et par ménage revenu du ménage, le statut de propriétaire, des variables de contrôle spécifiques à l'enquête, des variables de nature psychologique et une variable traduisant la récurrence des

		augmentation de 1% à 5% d'un risque d'être inondé pour la plupart des foyers dans la plaine d'inondation, voire pire encore dans certains secteurs. »	- Paiement annuel sur une période de 20 ans - Vote à un référendum sur des taxes locales sur 20 ans	inondations sont significatives dans le modèle (Tobit)
Grelot (2004)	- 213 habitants de zones inondées (100 à Yzeron et 113 au Mans) - face à face	« Quelle serait l'augmentation maximale de vos impôts locaux, pendant 15 ans, que vous seriez prêts à accepter pour qu'un tel projet voit le jour ? »	- Evaluation contingente - Dimension collective du risque (actions envisagées par la collectivité) non associée à un projet particulier. - WTP élicités pour trois niveaux de protection (fonction de la gravité des crues). - référendum sur taxes locales (foncier et habitation) sur 15 ans	Les CAP moyens (entre 40 et 50 euros par an et par ménage selon les scénarios) stagnent à partir du second niveau de protection contre les crues. L'auteur suggère que les individus procèdent à un arbitrage entre bénéfices de la protection et inconvénients (anticipés) des projets. NB : Une échelle de crue novatrice, à la base de la représentation de l'exposition d'un territoire aux inondations, est utilisée.
Defra/Environment Agency Flood and Coastal Defence R&D Programme (2005)	- 1.510 entretiens (983 inondés et 527 à risque dans 30 communes en Angleterre et Pays de Galles en 2002). - face à face	« Seriez-vous être en principe favorable à payer pour améliorer la défense contre les inondations afin d'être assuré que vous et les autres membres de votre ménage ne subissiez pas de tels effets stressants ? »	- Evaluation contingente - dimension individuelle /familiale - programme d'actions - choix dichotomique - utilisation de carte de paiement - sans doute la première apparition de questions sur le stress dans une enquête d'évaluation contingente appliquée aux inondations	L'objectif est d'estimer le CAP pour éviter les effets liés au stress (intangibles) seulement, avec comparaison entre une population inondée et une non inondée. Les différences (200 £ vs. 150 £ par an et par ménage) ne sont pas significatives. Les résultats indiquent que beaucoup de répondants ont également valorisé les effets tangibles.
Deronzier et Terra (2006)	- 500 personnes résidant en zone inondable interrogées à leur domicile en 2005 - face à face	Deux scénarios : - assurance spécifique inondation, qui permettrait d'être totalement dédommagé des coûts matériels, du préjudice financier, et d'un éventuel préjudice physique et moral, sans baisse du risque d'inondation, - Travaux de protection avec baisse du risque « Combien accepteriez-vous de payer annuellement pour financer ces travaux, en complément de votre système d'indemnisation actuel ? ». - Pas de spécification particulière précise de	- Evaluation contingente - dimension individuelle pour assurance - dimension collective pour programme d'actions - double enchère et question ouverte pour le premier scénario - question ouverte pour le second.	Les deux scénarios « génèreraient un bénéfice de l'ordre de 36 € par logement par an. Pourtant, le premier scénario diminue le risque et intègre la compensation offerte par le système d'indemnisation cat-nat et le second prétend compenser intégralement la perte de valeur, tant matérielle qu'au titre du <i>pretium doloris</i> en imaginant la disparition du système cat-nat. »

		la variation de risque.		
Zhai, Sato, Fukuzono, Ikeda, and Yoshida (2006).	- 428 personnes exposées sur deux zones (Toki et Nagoya), - voie postale	- 5 scénarios (deux pour réduire le risque d'inondation par rupture de digue, deux par inondation par débordement des égouts et un pour un système d'alerte permettant de sauver une vie sur 10000). - Projet non spécifique, variation de risque spécifiée.	- Evaluation contingente - dimension collective pour programme d'actions - paiement par donation (sur 20 ans ?) - carte de paiement (12 offres de 0 à 20000 yens, Yen (100 yens = 0.74 euros).	Les CAP pour les différents scénarios varient entre ¥ 2887 à ¥ 4861 (entre 21 et 36 euros). Ils sont positivement influencés par le revenu par habitant, la préparation individuelle, l'expérience des inondations, et négativement par la distance à une rivière, l'acceptabilité du risque d'inondation, et la fourniture d'informations sur l'environnement.
Akter, Brouwer, Chowdhury and Aziz (2007)	- 600 ménages (agriculteurs) au Bangladesh - face à face	CAP en monnaie ou en nature (riz) pour ceux refusant le paient en monnaie, pour une assurance contre les pertes de récolte dues aux inondations.	- Evaluation contingente - Assurance - dimension individuelle - double enchère avec 6 offres de départ	Les CAP pour s'assurer contre le risque d'inondation sont d'environ 20 \$ par an et par ménage, trois fois plus que les paiements en nature. Ces résultats confirment l'intérêt pour les pays en voie de développement d'une évaluation contingente avec paiement en nature.
Werritty, Houston, Ball, Tavendale and Black (2007),	- 1.223 entretiens (633 inondés et 590 non inondés) en Ecosse, dans zones inondées en 1993-2005. - voie postale	«Consentement à payer pour des impôts locaux supplémentaires qui seraient consacrés à des mesures de protection contre les inondations».	- Evaluation contingente - Dimension non spécifiée, - sans doute programme d'actions - paiement de taxes	L'objectif principal est l'exploration des impacts sociaux des crues, en particulier les aspects psychologiques (extraits d'entretiens montrant le stress, la peur et l'anxiété chez les personnes inondées). Un résultat est que les personnes inondées sont prêtes à payer plus pour un programme de protection
Hung, (2009).	- 405 personnes (sur deux zones), à Taïwan. - face à face	«Imaginez qu'il y ait un coût à réduire les pertes dues aux inondations. Seriez-vous prêt à payer un montant de m NT\$ par an pour acheter une assurance contre les pertes dues aux inondations ?»	- Evaluation contingente - dimension individuelle - assurance - Referendum avec choix dichotomique - format avec plusieurs offres, entre NT\$1000 et NT\$10000 (1USD = 31 NT\$).	Les résultats conduisent à une estimation du CAP moyen pour une assurance de NT\$4387 (140 \$) par an à Cidu, et de NT\$3275 (105 \$) par an pour le centre de Taipei. UN résultat contre intuitif est que les personnes les plus exposées au risque ont un consentement à s'assurer (et un CAP) plus faible que les autres.
Glenk and Fischer (2010)	- 1055 personnes interrogées à leur domicile sur 88 zones en Ecosse	En plus d'une option « ne rien faire », deux options ont été présentées pour répondre à ces risques accrus, en proposant « un fonds public pour l'eau et le changement	- Evaluation contingente - dimension collective - assurance et projet - variante de la carte de paiement,	L'objectif est d'étudier les préférences individuelles pour deux politiques différentes ayant le même objectif : réduire les risques d'inondation dans le contexte du

	- face à face	climatique » qui pourrait être utilisé pour financer : (i) un système d'ingénierie doux et / ou (ii) un système d'assurance pour les contés. » L'ingénierie douce réduit les risques d'inondation en réduisant la probabilité, un conseil d'assurance, en revanche, réduit la vulnérabilité (mais ne remboursera que les dommages aux équipements et bâtiments publics, la partie privée étant déjà prise en compte dans les assurances individuelles).	avec 12 cartes (de 1 à 300 £) proposées aléatoirement - contribution à un fonds dans deux options.	changement climatique. Un modèle Spike, prenant en compte les valeurs nulles, aboutit à un CAP moyen d'environ 45 £ par an et par ménage. Les principes sous-jacents à l'élaboration des politiques, tels que la durabilité, la solidarité et l'efficacité jouent un rôle important dans les choix des répondants, et sont moins susceptibles de changer au fil du temps que des attitudes plus concrètes ou l'expression de CAP pour des options particulières.
Landry, Hindsley, Bin, Kruse, Whitehead and Wilson (2011)	- 120 ménages à la Nouvelle-Orléans et 217 ménages américains hors Nouvelle Orléans - téléphone.	Trois politiques pour reconstruire la Nouvelle Orléans : restaurer défense naturelle (a priori, la protection des zones naturelles est incluse ici), augmenter la hauteur des digues (seulement pour protéger la Nouvelle Orléans) et améliorer l'évacuation avec un système de transport plus efficace (mais n'empêche pas inondation). - Pas de spécification du risque précise	- méthode des programmes - dimension collective pour programme d'actions - paiement de taxes par tous ménages américains (5 niveaux) - utilisation d'un texte Cheap Talk.	Les résultats conduisent, pour les ménages de la Nouvelle-Orléans, à un CAP de 301 \$ par ménage pour augmenter la hauteur des digues, de 137 \$ pour moderniser le système de transport et de 100 \$ pour restaurer les défenses naturelles (non significatif). Les ménages américains sont prêts à payer respectivement autour de 500 \$ pour les digues (significatif) et 85 \$ pour les deux autres (non significatif).
Botzen and van den Bergh (2012)	- 982 répondants en 2008, aux Pays-Bas. - internet	Version 1 : on rappelle que l'Etat contribue aux remboursements des ménages et on demande assurance. Version 2, on dit que l'Etat ne se substituera plus et on demande le CAP pour assurance.	- méthode des programmes - dimension individuelle - Assurance contre inondation n'existe pas aux Pays-Bas. - Variantes des scénarios : participation de l'Etat (oui / non), taux de couverture (75% ou 100%), montant des dommages (euros 40000, 70000 et 120000) et fréquence de l'inondation (1/1250, 1/600, 1/400 et 1/100).	Selon les variantes, les CAP moyens estimés par un modèle logit mixte, varient entre 110 et 458 euros par an. La perception du risque d'inondation influence la probabilité de souscrire une assurance et les individus ayant un revenu plus important ont un CAP plus élevé pour l'achat d'une assurance.

La plus ancienne, **Thunberg (1988)**, est une thèse dont nous n'avons pu avoir copie. Les enseignements que nous avons pu en tirer sont issus de tierces études s'y référant, et ne permettent donc pas une analyse détaillée, en particulier le scénario exact utilisé. Thunberg (1988) enquête 142 propriétés d'une banlieue résidentielle en Virginie (Southeast Roanoke), ayant subi les inondations de la rivière Roanoke en 1987, par courrier et téléphone. Il obtient un résultat de prime abord relativement contre intuitif entre l'importance de la réduction de la zone inondable et le CAP (que le paiement proposé soit un paiement annuel ou une somme forfaitaire une fois pour toute). Il suggère trois explications : comportement stratégique des répondants, comportement d'auto assurance par le choix d'un lieu de résidence (qui s'apparente en quelque sorte à de l'auto-sélection en fonction de la sensibilité des enquêtés au risque d'inondation), et sentiment de victimisation, de frustration et de manque de confiance en les organismes gouvernementaux. Thunberg ne remet toutefois pas en cause le bienfondé de la relation théoriquement positive entre ces deux variables, et attribue son résultat à des spécificités empiriques. Notons toutefois que la taille de l'échantillon (142 propriétés) est relativement faible.

La seconde, **Akter et al. (2007)** est particulière, puisqu'elle interroge, en face à face, 600 ménages d'agriculteurs du Bangladesh sur leur CAP en monnaie ou en nature (riz), pour une assurance contre les pertes de récolte dues aux inondations. Il s'agit d'une enquête d'évaluation contingente proposant une assurance (dimension individuelle). Les CAP pour s'assurer contre le risque d'inondation sont d'environ 20 \$ par an et par ménage, trois fois plus élevés que les paiements en nature. Les résultats confirment l'intérêt pour les pays en voie de développement d'une évaluation contingente avec paiement en nature. En ce sens, elle est assez éloignée de notre objet d'étude.

Concernant les douze autres études, la littérature a mis en évidence l'utilisation de scénarios fictifs portant sur deux dimensions: individuelle et collective. La dimension individuelle se réfère à l'évaluation des préférences des individus pour diminuer les conséquences financières d'une inondation (il s'agit essentiellement d'une assurance) alors que la dimension collective se rattache à l'évaluation des préférences des individus pour réduire le risque d'inondation (il s'agit, la plupart du temps, de programme d'actions pour réduire la probabilité d'être inondé). La plupart des études s'est focalisée principalement sur la dimension collective (8 études), la dimension individuelle étant minoritaire (3 études). Une seule étude s'est proposée d'estimer les deux dimensions, et elle sera détaillée dans la section 23.

[21 Estimation du CAP pour réduire le risque d'inondation: dimension collective](#)

Les travaux de **Shabman et Stephenson (1998)** ont pour but d'estimer le CAP des individus pour un programme de protection collectif contre les inondations, programme détaillé dans le scénario. 74 personnes ayant subi une inondation de la rivière Roanoke (Virginie) en 1987, sont interrogées en face à face. Elles doivent décider si elles voteraient en faveur d'un référendum concernant une imposition foncière sur 15 ans ou en une seule fois (utilisation d'une carte de paiement), qui permettrait de financer des travaux de protection qui réduiraient la probabilité d'inondation. Les auteurs trouvent que le CAP est cinq fois plus élevé pour les propriétaires ayant acheté une assurance contre les inondations, que pour ceux n'en ayant pas acheté.

L'étude de **Johnson, Swallow et Weaver (1999)** concerne 301 individus interrogés en face-à-face dans le Sud Ouest de l'état de Rhode Island, aux Etats-Unis. Elle demande leur consentement à payer (ou recevoir) pour six programmes collectifs de gestion des inondations. Une question type est «Seriez-vous prêt à accepter l'amendement 2 et à payer X \$ par an par des impôts supplémentaires permanents, nationaux et locaux, et des frais constitutionnels pour ces changements ?». Divers montants X sont utilisés selon les programmes, qui vont de recevoir 90 USD à payer 225 USD pendant 5 ans. En jouant sur les caractéristiques des programmes et des mécanismes de paiement, l'objectif est d'étudier si la confiance en les pouvoirs publics affecte les niveaux des CAP. Les principaux résultats confirment l'importance des attributs du mécanisme de paiement sur les CAP pour des programmes environnementaux et politiques, sur le taux marginal de substitution entre les attributs non monétaires des programmes, et sur la probabilité de voter en faveur d'un programme spécifique.

Dans l'étude de **Novotny et al. (2001)**, environ 1000 ménages des bassins de la Menomonee River et Oak Creek (Wisconsin, Etats-Unis) sont interrogés par téléphone sur leur CAP pour réduire leur risque d'inondation de façon collective (« flood path A »), pour améliorer la qualité de l'environnement (« environmental Path B », non analysé ici) ou pour les deux (« combined path C »). Toutefois, l'enquête sur « path C » commence quasi directement par des questions de CAP alors que pour « path A », elles ne surviennent que 25 minutes après le début de l'enquête, au cours desquelles les répondants ont eu le temps de réfléchir à la problématique. Les auteurs considèrent donc le « path C » comme problématique et peu fiable. Le scénario est général, non spécifique (voir Tableau 5-2), et les CAP sont révélés au moyen d'un processus d'enchères itératives (de 0 à 500 dollars).

Le revenu du ménage, le statut de propriétaire, des variables de contrôle spécifiques à l'enquête, des variables de nature psychologique et une variable traduisant la récurrence des inondations, sont significatives dans le modèle estimé (Tobit). Le CAP moyen par ménage est estimé à 82 \$ par an.

La thèse de **Grelot (2004)** comporte une enquête d'évaluation contingente portant sur 213 habitants de zones inondées (100 à Yzeron et 113 au Mans), interrogés en face à face. Elle expose aux répondants différentes actions envisagées par les collectivités, mais propose dans le scénario utilisé, trois niveaux de protection sans les relier explicitement à ces actions. La question d'élicitation type est : « Quelle serait l'augmentation maximale de vos impôts locaux, pendant 15 ans, que vous seriez prêts à accepter pour qu'un tel projet voit le jour ? » L'auteur trouve que les CAP moyens (entre 40 et 50 euros par ménage) stagnent à partir du niveau de protection contre les crues rares (second niveau). L'auteur suggère que les individus procèdent à un arbitrage entre bénéfices de la protection et inconvénients (supposés et anticipés) des projets.

Zhai et al. (2006) proposent d'évaluer les CAP pour 5 scénarios (deux pour réduire le risque d'inondation par rupture de digue, deux d'inondation par débordement des égouts et un pour un système d'alerte permettant de sauver une vie sur 10000). Ils préconisent d'évaluer le CAP dans un contexte multirisques car les individus allouent des ressources monétaires pour la réduction du risque des inondations en fonction de la perception et de la nécessité de réduire les autres risques (tels que les tremblements de terre, incendies, etc.), la

perception actuelle du risque d'inondation et ses conséquences, mais aussi les dépenses qui peuvent déjà avoir été effectuées en termes de préparation (fournitures d'urgence tels que la nourriture et l'eau). Les CAP pour les différents scénarios varient entre ¥ 2887 à ¥ 4861 (entre 21 et 36 euros). Les CAP pour réduire le risque d'inondation en construisant des barrages, digues, surélévations mais aussi en mettant en place un système d'alerte précoce, augmente avec le revenu par tête, avec la réparation individuelle mais aussi avec l'expérience de l'individu avec les inondations c'est-à-dire le fait qu'ils ont vécu ou non une inondation. A l'inverse, le CAP des personnes interrogées diminue avec la distance de leur habitation par rapport à la rivière la plus proche, leur acceptabilité du risque d'inondation mais aussi en fonction de l'information environnementale dont elles disposent.

Werritty et al. (2007) ont recueilli par voie postale, 1.223 entretiens (633 inondés et 590 non inondés) dans zones inondées sur la période 1993-2005 en Ecosse. L'objectif principal est l'exploration des impacts sociaux des crues, en particulier les aspects psychologiques, et l'on trouve, dans la partie "Focus group", des extraits d'entretiens montrant le stress, la peur et l'anxiété chez les personnes inondées. La partie évaluation contingente est très restreinte, et consiste en une question sur le «CAP pour des impôts locaux supplémentaires qui seraient consacrés à des mesures de protection contre les inondations». A partir d'un test d'indépendance entre la répartition des CAP chez les inondés et les non inondés, les auteurs concluent que les personnes inondées sont prêtes à payer plus pour un programme de protection.

Glenk et Fischer (2010) interrogent 1055 personnes à leur domicile, sur 88 zones en Ecosse, en face à face. L'objectif est d'étudier les préférences individuelles pour deux politiques différentes ayant le même objectif : réduire les risques d'inondation dans le contexte du changement climatique. En plus d'une option « ne rien faire », deux options ont été présentées pour répondre à ces risques accrus, en proposant « un fonds public pour l'eau et le changement climatique » qui pourrait être utilisé pour financer : (i) un système d'ingénierie doux et / ou (ii) un système d'assurance pour les contés.» L'ingénierie douce réduit les risques d'inondation en réduisant la probabilité, un système d'assurance, en revanche, réduit la vulnérabilité (mais ne remboursera que les dommages aux équipements et bâtiments publics, la partie privée étant déjà prise en compte dans les assurances individuelles). Un modèle Spike, prenant en compte les valeurs nulles, aboutit à un CAP moyen d'environ 45 £ par an et par ménage. Les principes sous-jacents à l'élaboration des politiques, tels que la durabilité, la solidarité et l'efficacité jouent un rôle important dans les choix des répondants, et sont moins susceptibles de changer au fil du temps que des attitudes plus concrètes ou l'expression de CAP pour des options particulières. Ils sont donc particulièrement intéressants pour réfléchir à l'acceptabilité de politiques de long terme.

Landry et al. (2011) interrogent par téléphone 120 ménages à la Nouvelle-Orléans (après les inondations de 2005) et 217 ménages américains hors Nouvelle-Orléans. Ils proposent trois politiques pour reconstruire la Nouvelle Orléans : restaurer défense naturelle (a priori, la protection des zones naturelles est incluse ici), augmenter la hauteur des digues (seulement pour protéger la Nouvelle-Orléans) et améliorer l'évacuation avec un système de transport plus efficace (mais n'empêchant pas l'inondation). Ils utilisent une méthode proche de l'évaluation contingente (méthode des programmes, choice experiment en anglais) et leur véhicule de paiement est une taxe (5 niveaux) qui serait acquittée par tous les ménages américains. Ils utilisent un texte Cheap Talk afin de réduire le biais hypothétique. Les

résultats conduisent, pour les répondants de la Nouvelle-Orléans, à un CAP moyen de 301 \$ par ménage pour augmenter la hauteur des digues, de 137 \$ pour moderniser le système de transport et de 100 \$ pour restaurer les défenses naturelles (non significativement différent de 0). Les ménages américains sont prêts à payer respectivement autour de 500 \$ pour les digues (significativement différent de zéro) et un peu plus de 80 \$ pour les deux autres (non significativement différent de zéro).

22 Estimation du CAP pour réduire les conséquences financières d'une inondation : dimension individuelle

Trois études seulement ont estimé les préférences des individus pour réduire les conséquences financières en cas d'inondation.

Defra (2005) est semble-t-il la première étude à utiliser des questionnaires mesurant le stress dans une enquête d'évaluation contingente, et à s'intéresser aux effets intangibles (sur la santé, et sur le stress post-traumatique). Les auteurs ont conduit 1.510 entretiens en face-à-face (983 chez des individus inondés, et 527 sur des individus à risque d'inondation) dans 30 communes en Angleterre et Pays de Galles, lors de l'année 2002. La question de révélation de CAP est la suivante : « Seriez-vous en principe favorable à payer pour améliorer la défense contre les inondations afin d'être assuré que vous et les autres membres de votre ménage ne subissiez pas de tels effets stressants ? ». Les valeurs monétaires sont élicitées par l'utilisation d'une carte de paiement. L'objectif est d'estimer le CAP pour éviter les effets liés au stress (intangibles) seulement, avec comparaison entre une population inondée et une non inondée. Les résultats conduisent à un CAP moyen de 200 £ par an pour les ménages ayant été inondés, et de 150 £ par an pour ceux étant à risque. Les résultats indiquent que beaucoup de répondants ont également valorisé les effets tangibles. Les auteurs trouvent que le revenu, l'âge et l'étendu des effets psychologiques de long terme influencent significativement les CAP chez les répondants ayant subi une inondation.

Hung (2009), dans une étude auprès de 405 personnes à Taïwan, a montré que les facteurs influençant le processus de décision pour la souscription d'une assurance visant à couvrir les dommages causés en cas d'inondation, sont principalement la perception du risque d'inondation, l'expérience avec les inondations (avoir vécu une inondation au cours de sa vie) ainsi que les conditions de logement (tels que l'année de construction du logement, le fait d'être propriétaire ou non, etc.). Il trouve que les répondants effectuent un arbitrage entre payer une prime d'assurance et faire face à des pertes importantes liées à l'inondation. L'existence de structures déjà en place, telles les digues ou les barrages, ont un effet désincitatif sur l'achat d'une assurance. Les résultats conduisent à une estimation du CAP moyen pour une assurance de NT\$4387 par an à Cidu, et de NT\$3275 par an pour le centre de Taipei (soit respectivement 140 et 105 \$). L'auteur trouve que les personnes les plus à risque ont un consentement à s'assurer (et un CAP pour une assurance) plus faible que les autres.

Botzen et van den Bergh (2012) ont interrogé par Internet, 982 répondants aux Pays-Bas en 2008. Dans ce pays, il n'existe pas d'assurance contre le risque inondation. Utilisant la méthode des programmes (comme Landry et al., 2011), ils proposent deux scénarios principaux : le premier rappelle que l'Etat contribue aux remboursements des ménages et

demande leur CAP pour une assurance, le second annonce que l'Etat ne se substituera plus et demande le CAP pour une assurance. Outre la participation de l'Etat, les 48 variantes des scénarios résultent de combinaison de taux de couverture (75% ou 100%), de montants des dommages (40000, 70000 et 120000 euros) et de fréquences de l'inondation (1/1250, 1/600, 1/400 et 1/100). Selon les variantes, les CAP moyens estimés par un modèle logit mixte, varient entre 110 et 458 euros par an.

Tout comme Hung (2009), Botzen et van den Bergh (2012) ont mis en exergue l'importance de la perception du risque d'inondation dans le cadre d'une souscription à une assurance. En effet, la probabilité de souscrire une assurance est plus faible si l'individu s'attend à un risque plus faible. Comme le prédit la théorie du consommateur, les individus ayant un revenu plus important ont un CAP plus élevé pour l'achat d'une assurance. De plus, les auteurs soulignent le fait que la compensation actuelle gouvernementale joue un rôle désincitatif en matière d'assurance. En effet, le secteur public offre une compensation partielle des dommages causés par les catastrophes naturelles, ce qui peut diminuer le besoin d'une assurance privée et donc, freiner le développement des marchés d'assurance. Néanmoins, les auteurs concluent à l'existence d'opportunités pour la mise en œuvre d'un marché d'assurance privée contre les inondations aux Pays-Bas.

[23 Evaluation conjointe du CAP pour le financement de travaux de protection et pour l'achat d'une assurance spécifique](#)

Le rapport de **Deronzier et Terra (2006)** est la seule étude ayant intégré la dimension individuelle et collective. Nous la présentons avec d'autant plus de détails qu'elle a inspiré nos scénarios hypothétiques (voir section 3). Cette étude évalue le CAP pour des travaux de protection contre les inondations mais aussi pour une assurance spécifique inondation, sans baisse du risque d'inondation. La zone d'étude porte sur Charleville Mézière et Warcq (500 personnes interviewées en face à face), située dans la partie moyenne du bassin de la Meuse, dont les crues engendrent essentiellement une inondation par débordement direct.

Le premier scénario s'intéresse à la dimension individuelle : les personnes inondables doivent librement choisir de souscrire ou non à un contrat d'assurance inondation, qui constitue leur seul système d'indemnisation pour les sinistres liés aux inondations. Pour les autres types de sinistres, leur assurance actuelle restera valable. L'assurance spécifique inondation permettrait d'être totalement dédommagé des coûts matériels, du préjudice financier, et d'un éventuel préjudice physique et moral. Si les personnes acceptent de souscrire à cette assurance, deux montants leur sont successivement proposés. Une question ouverte leur propose enfin d'indiquer plus précisément le montant qu'elles sont prêtes à payer. Il leur a été présenté, comme véhicule de paiement, une cotisation annuelle à une assurance qui les dédommagerait de tous les dommages : coûts matériels, préjudice financier, physique et moral. La valeur obtenue reflète donc ce que les personnes souhaitent payer au maximum pour être intégralement compensé en cas d'inondation.

Dans le deuxième scénario, il est demandé aux habitants d'évaluer financièrement la contribution qu'ils seraient prêts à faire pour financer des travaux visant à diminuer le risque d'inondation. Ces travaux ne permettraient pas d'éviter les inondations, mais limiteraient leurs impacts. Le véhicule de paiement n'est pas précisé, sauf si l'enquêté le demande, auquel cas, il est précisé que sa contribution sera perçue via les impôts locaux. Afin de faire

prendre conscience aux habitants qu'ils devraient financer intégralement leur protection, le scénario précisait que les travaux ne seraient engagés qu'à condition que les personnes acceptent de contribuer. A la différence du scénario précédent, le système actuel d'indemnisation fait partie du scénario. La valeur obtenue reflète donc ce que les personnes souhaitent payer au maximum pour diminuer leur niveau de risque d'inondation, en sachant qu'elles bénéficient du système d'indemnisation en place de type Catnat.

Concernant le premier scénario, les résultats montrent que les personnes âgées de plus de 60 ans ont un CAP plus élevé que les personnes plus jeunes. Cela peut traduire une aversion pour le risque plus élevé. L'effet du revenu sur le montant du CAP est peu clair : seuls les ménages dont le revenu mensuel est compris entre 1500 et 3000 € ont un CAP plus élevé que les autres ménages. Sans grande surprise, les personnes qui habitent en rez-de-chaussée ou en maison individuelle ont un CAP plus élevé pour s'assurer spécifiquement contre le risque d'inondation. De même, les personnes habitant en zone où l'aléa est le plus fort expriment un CAP plus important que les personnes moins exposées au risque. Enfin, les personnes qui pensent souvent au risque d'inondation ou qui se sont renseignées sur le risque d'inondation avant d'emménager dans leur logement fournissent un CAP plus élevé. Le CAP moyen est estimé à 36 € par ménage et par an.

Des conclusions très similaires sont obtenues avec le deuxième scénario : les personnes habitant en zone inondable expriment un CAP plus important pour les travaux que les personnes moins exposées au risque. Les ménages qui se sont renseignés sur le risque d'inondation avant d'emménager et les ménages propriétaires de leur logement fournissent un CAP plus élevé. En revanche, les personnes résidant au rez-de-chaussée ou en maison individuelle expriment un CAP plus faible que les autres. De même, l'effet du revenu sur le montant du CAP reste peu clair : les ménages dont le revenu mensuel est compris entre 1500 et 2300 € ou est supérieur à 3000 € ont un CAP plus élevé que les autres ménages. Le CAP moyen sur l'ensemble de l'échantillon est estimé à 35,7 € par ménage et par an, ce qui est très proche de la valeur estimée dans le premier scénario. On aurait pu penser que les CAP des deux scénarios différeraient, compte tenu d'une présence potentielle d'altruisme dans le scénario concernant le financement des travaux de protection, et de ce que ce scénario permet également d'éviter les désagréments non monétaires (aspects psychologiques en particulier) liés à l'inondation, à l'inverse du premier scénario.

Notons finalement que la méthode de révélation des CAP utilisée dans les deux scénarios diffère : double enchère dans le scénario assurance, question ouverte dans le scénario travaux de protection, ce qui implique l'utilisation de modèles économétriques différents ; modèle linéaire simple, modèle Spike, modèle de mélange et modèle Spike avec sélection pour le scénario assurance, et modèle de sélection de Heckman pour le scénario travaux. En choisissant une méthode de révélation commune dans les deux scénarios (voir ci-dessous), nous nous affranchirons de cette contrainte.

3 Questionnaire d'évaluation contingente et modèles retenus

Nous présentons tout d'abord les principaux choix méthodologiques sous-jacents à l'enquête d'évaluation contingente.

31 Choix méthodologiques

311 Choix du media d'enquête.

Nous avons retenu l'entretien individuel en face à face pour les raisons suivantes :

- l'utilisation d'aides visuelles, en particulier d'une feuille de risque pour permettre une meilleure compréhension des faibles probabilités, et d'une « carte de paiement » particulière détaillées dans la section 313,
- la possibilité de motiver le répondant de façon à obtenir des réponses à des questions difficiles,
- la possibilité pour l'interviewer d'explorer les réponses imprécises ou confuses,
- la possibilité de questions de suivi, spécifiques au répondant, à son vécu, ou à certaines de ses réponses antérieures.

Nous avons tenté de limiter ses désavantages en choisissant des enquêteurs résidant à proximité ou dans les quatre communes enquêtées pour réduire le coût, et en proposant de répondre par des lettres selon une grille plutôt que des chiffres pour limiter l'absence d'anonymat (en particulier pour les réponses ayant trait aux revenus). Demeure la possibilité d'un biais de l'enquêteur, très difficile à éliminer, sachant que nous avons choisi de n'avoir que deux enquêteurs par commune pour le limiter.

312 Choix des scénarios

Nous adoptons le même type de scénario que ceux utilisés par Deronzier et Terra (2006), l'un sur la dimension individuelle (assurance), l'autre sur la dimension collective (travaux).

Pour l'assurance spécifique inondation, chaque individu va exprimer son CAP pour l'assurance tel qu'il retire une satisfaction équivalente des deux situations suivantes en cas d'inondation :

- payer l'assurance, ne pas changer son niveau de risque d'inondation et être compensé pour toutes les formes de dommages en cas d'inondation,
- ou ne pas payer l'assurance, ne pas changer son niveau de risque d'inondation et n'être compensé pour aucun dommage.

Pour le financement des travaux visant à diminuer le risque d'inondation, chaque individu va exprimer un CAP tel qu'il retire une satisfaction équivalente des deux situations suivantes :

- contribuer aux travaux, diminuer le niveau de risque, et être compensé par le système Catnat,
- ou ne pas contribuer aux travaux, conserver le même niveau de risque et bénéficier du système Catnat.

Notons que comme dans Deronzier et Terra (2006) et à la différence du scénario inondation, le système actuel d'indemnisation Catnat fait partie du scénario Travaux, si bien que le CAP reflète le CAP maximum pour diminuer leur niveau de risque d'inondation, sachant que les biens meubles et immeubles seraient assurés dans les conditions existantes en cas d'inondation.

313 Choix du véhicule de paiement et du format d'élicitation

Afin de favoriser les similitudes entre les deux scénarios, et donc de limiter les possibles effets de framing évoqués dans la partie 1, nous avons eu recours à une caisse fictive, la Caisse de Gestion Inondation (CGI), pour la gestion de ces deux moyens de limiter les risques (travaux) ou les conséquences (assurance) d'une inondation. Le véhicule de paiement utilisé dans les deux cas sera donc le versement d'une contribution à cette CGI.

Concernant le format de paiement, bien qu'il en existe neuf possibles, aucun n'est entièrement satisfaisant. Nous avons donc choisi d'utiliser une forme particulière de carte de paiement (a priori pour la première fois dans la littérature) : une carte de paiement circulaire (voir Figure 5-1). En effet, nous sommes partis de la carte de paiement traditionnelle, qui présente de nombreux avantages, et dont un des deux inconvénients (nécessiter des entretiens directs et individuels, au coût de revient plus élevé) était de toute façon compensé par le choix de ce média pour d'autres raisons. Restait donc le fait qu'elle est sujette aux biais associés aux échelles monétaires utilisées ainsi qu'à la localisation des montants sur la carte (ancrage). Nous l'avons contourné en utilisant une représentation sous forme de camembert, qui ne présente ni « début », ni « fin » à l'inverse d'une liste habituelle. Consigne était donnée aux enquêteurs de donner cette feuille sans orientation, et de laisser les répondants la manipuler en la tournant jusqu'à choisir la « tranche » correspondant à leur CAP. Ainsi, nous pensons que ce format représente la meilleure façon de limiter les biais spécifiques au format d'élicitation.

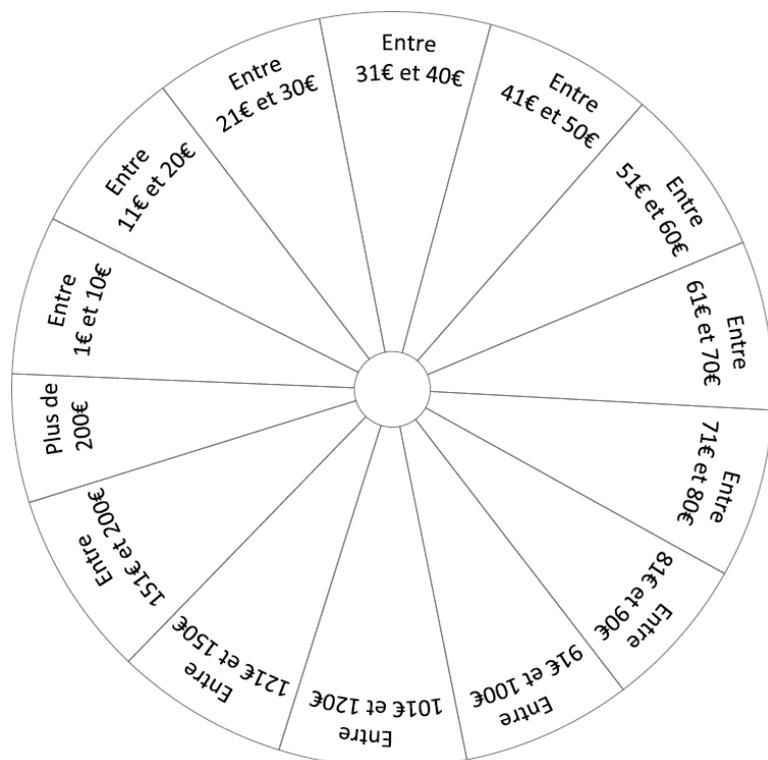


Figure 5-1: Représentation de la carte de paiement circulaire utilisée.

314 Autres choix techniques

Comme mentionné dans le chapitre 1, un des inconvénients de la méthode d'évaluation contingente réside dans son caractère hypothétique : aucun paiement réel ne sera effectivement demandé aux répondants. Afin de tenter de minimiser l'effet hypothétique, un certain nombre de techniques ont été développées, dont celle du Cheap talk (Cummins et Taylor, 1999). Elle consiste en la lecture d'un court texte mettant en garde les répondants contre la tendance à déformer leur CAP déclaré par rapport à la somme qu'ils paieraient dans la réalité. L'étude de Landry et al. (2011) sur les inondations à la Nouvelle-Orléans, y a recours. Nous avons testé cette technique sur la moitié de l'échantillon, l'autre moitié servant de contrôle. Avant que la question d'élicitation du CAP ne soit posée, le texte suivant (dit Cheap talk) était donc lu à la moitié des répondants.

Texte Cheap Talk : « Des enquêtes similaires à celle-ci montrent que la somme d'argent que les gens s'engagent à payer peut différer de celle qu'ils paieraient dans la réalité.
Par exemple, certains annoncent une somme plus faible que celle qu'ils paieraient effectivement ou refuse carrément de payer quoique ce soit. Cela peut s'expliquer par le fait qu'ils ont envie d'exprimer un point de vue comme « j'ai normalement droit à vivre dans un endroit sans risque d'inondation » ou « ce n'est pas à moi de payer pour supprimer le risque d'inondation, mais plutôt aux collectivités locales ou à l'Etat ».
D'autres personnes annoncent au contraire une somme plus élevée que celle qu'ils paieraient en réalité s'il fallait vraiment sortir l'argent du porte-monnaie.
Nous voulons que vous essayiez de ne pas faire comme ces personnes et que vous répondiez le plus sincèrement possible. »

32 Script de la partie concernant l'évaluation contingente

Nous reproduisons et commentons ci-dessous le texte lu aux répondants (en italiques). Les deux scénarios sont proposés à chaque répondant, et ce dans un ordre aléatoire. Nous présentons ici le cas où le scénario Travaux (prévention) est proposé en premier.

« Nous allons vous proposer des scénarios fictifs dans lesquels vous êtes l'acteur principal. Vous allez devoir prendre des décisions concernant votre logement, qui vous semblent les meilleures. Seul votre avis nous intéresse, et il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse.
Tout le monde ne connaît pas précisément le fonctionnement de l'assurance contre les inondations, et nous vous le rappelons brièvement.
En France, tout contrat d'assurance incendie et dommages comprend obligatoirement une contribution dite CatNat. Pour que la garantie s'applique en cas d'inondation, il faut que l'événement ait été classé comme catastrophe naturelle par un arrêté interministériel et que les biens (meubles et immeubles) soient assurés. Le remboursement se fera au-delà d'une franchise de 380 euros. Les dommages corporels ne sont pas indemnisés par le système CatNat. Ils le sont soit par un contrat d'assurance de personne, soit par l'Etat si un responsable politique ou administratif est mis en cause dans la survenue de l'inondation. »

321 Scénario Travaux

« Imaginons que l'assurance CatNat couvre toujours les sinistres liés aux inondations. Votre assurance actuelle continue de couvrir tous les autres types de sinistres et le montant de votre prime reste inchangé.

Imaginons que l'Etat crée une Caisse de Gestion Inondation pour financer des travaux de protection contre les inondations. La construction de digues, de bassins de rétention, l'amélioration des réseaux d'évacuation des eaux pluviales limiteraient la hauteur d'eau et les vitesses de courant, et supprimeraient totalement le risque d'inondation dans votre commune. Ces travaux ne seraient engagés que si la population concernée contribuait financièrement à cette Caisse de Gestion Inondation. Nous désirons connaître le montant maximum annuel que vous accepteriez de payer à cette caisse. »

A ce moment de l'enquête, le texte Cheap talk est lu à un répondant sur deux choisi de façon aléatoire.

« Nous vous rappelons que vous avez précédemment évalué la probabilité d'être inondé durant l'année à venir à% (Rappeler leur réponse à la question L16-1).

WTP1. Accepteriez-vous de contribuer à la Caisse de Gestion Inondation pour financer les travaux de protection ?

1. Oui → WTP2
2. Non → WTP3 »

En cas de questions du répondant sur le niveau de protection, sur le montant des travaux ou sur la façon dont ils seraient financés, les enquêteurs avaient pour instruction de répondre :

« Cette enquête fait partie d'un travail de recherche mené sur plusieurs communes. Il s'agit d'une situation fictive, et les modalités précises de mise en œuvre des travaux ne sont pas fixées. Pour répondre, imaginez toutefois qu'il s'agit d'une contribution que toutes les personnes concernées par la protection devraient payer, un peu comme la taxe d'enlèvement des ordures ménagères. »

Si la réponse est « OUI » à la question WTP1, la question de révélation du CAP est alors posée de la façon suivante :

« WTP2. Quel serait le montant maximum annuel que vous accepteriez de payer ?

Pour vous aider, voici une carte avec différents montants. (La carte de paiement de la figure 5-1 était montrée par l'enquêteur).

N'oubliez pas que cette somme supplémentaire va réduire le revenu que vous pourrez consacrer à vos autres achats ou à votre épargne. Euros. »

Si le répondant acceptait de contribuer à la caisse (WTP1 = OUI) et donnait un CAP positif (WTP2 > 0), la question suivante lui était posée :

WTP3a. En choisissant ce montant, avez-vous pensé ...

	Oui	Non	Ne sait pas
1. je veux éviter les dommages qu'une inondation pourrait provoquer à mes biens.	①	⓪	
2. je veux éviter les préjudices corporels que moi-même ou ma famille pourrions subir suite à une inondation.	①	⓪	
3. je veux éviter les dommages qu'une inondation pourrait provoquer à mon logement.	①	⓪	
4. je veux éviter de vivre les sentiments associés à une inondation.	①	⓪	
5. je veux participer à la protection de ma commune et vivre dans une commune plus sûre.	①	⓪	

6. Autre			
----------	--	--	--

Si le répondant n'acceptait pas de contribuer à la caisse (WTP1 = NON) ou donnait un CAP nul (WTP2 = 0) ou ne se prononçait pas, la question suivante lui était posée :

WTP3b. Vous ne voulez pas participer au financement par la Caisse de Gestion Inondation de travaux qui supprimeraient totalement votre risque d'être inondé. Est-ce parce que vous pensez :

	Oui	Non	Ne sait pas
1. il faudrait être sûr que tout le monde paie	①	②	
2. je n'ai pas assez d'information pour choisir une somme	①	②	
3. je préfère courir le risque	①	②	
4. à mon âge, ça n'en vaut pas la peine	①	②	
5. j'ai tellement l'habitude des inondations	①	②	
6. les dommages ne seront pas si importants	①	②	
7. je n'ai pas les moyens de payer	①	②	
8. ce n'est pas à moi de payer	①	②	
9. je ne veux pas payer davantage	①	②	
10. autre			

322 Scénario Assurance

Nous présentons ci-dessous le scénario assurance (qui a été proposé en premier pour la moitié de l'échantillon).

« Voici un tout autre scénario, aussi fictif que le précédent.

Imaginons maintenant que l'assurance CatNat ne couvre plus les sinistres liés aux inondations. Votre assurance actuelle continue de couvrir tous les autres types de sinistres et le montant de votre prime reste inchangé.

Imaginons que l'Etat crée une Caisse de Gestion Inondation qui constitue **le seul système d'indemnisation** pour les sinistres liés aux inondations, quelles que soient leur importance et leur fréquence.

Elle permet d'être dédommagé des coûts matériels, des dommages aux habitations, et d'un éventuel préjudice corporel. Vous pouvez librement choisir de contribuer ou non à cette Caisse de Gestion Inondation, mais si vous ne contribuez pas, vous ne serez pas indemnisé du tout en cas de sinistre lié aux inondations. Nous désirons connaître le montant maximum annuel que vous accepteriez de payer à cette caisse.»

En cas de questions de la personne enquêtée sur la façon dont l'assurance fonctionnerait, les enquêteurs avaient pour instruction de répondre (en fonction de la demande) :

a) « Cette enquête représente une situation fictive, qui fait l'hypothèse que la prime d'assurance resterait inchangée bien qu'elle ne couvre plus les sinistres inondations. Cela peut s'expliquer pour deux raisons : d'une part, elle continue à couvrir tous les autres risques, y compris les catastrophes naturelles autres que les inondations, qui représentent environ 95% des indemnisations. D'autre part, le système CatNat est actuellement en déséquilibre financier, car l'augmentation des sinistres de type catastrophes naturelles ces dernières années conduit l'Etat à contribuer à hauteur de 50% environ des indemnisations (source Centre Européen de Prévention du Risque d'Inondation). »

b) « Cette enquête représente une situation fictive, qui fait l'hypothèse que le dédommagement en cas d'inondation se ferait dans les conditions habituelles. Cela implique l'application d'une franchise de 380 euros et d'un coefficient de vétusté pour les coûts matériels, la reconstruction à l'identique

pour les habitations et une indemnisation du préjudice corporel comparable à celle proposée par les assurances corporelles. »

WTP4. *Accepteriez-vous de contribuer à la Caisse de Gestion Inondation pour être totalement dédommagé en cas d'inondation ?*

1. *Oui → WTP5*
2. *Non → WTP6a*

Si la réponse est « OUI » à la question WTP4, la question de révélation du CAP est alors posée de la façon suivante :

WTP5. *Quel serait le montant maximum annuel que vous accepteriez de payer (La carte de paiement de la figure 5-1 était montrée par l'enquêteur).
N'oubliez pas que cette somme supplémentaire va réduire le revenu que vous pourrez consacrer à vos autres achats ou à votre épargne. Euros*

Si le répondant acceptait de contribuer à la caisse (WTP4 = OUI) et donnait un CAP positif (WTP5 > 0), la question suivante lui était posée :

WTP6a. *En choisissant ce montant, avez-vous pensé :*

	Oui	Non	<i>Ne sait pas</i>
1. <i>je veux être indemnisé pour les dommages qu'une inondation pourrait provoquer à mes biens.</i>	①	②	
2. <i>je veux être indemnisé pour les préjudices corporels que moi-même ou ma famille pourrions subir suite à une inondation.</i>	①	②	
3. <i>je veux être indemnisé pour les dommages qu'une inondation pourrait provoquer à mon logement.</i>	①	②	
4. <i>Autre</i>			

Si le répondant n'acceptait pas de contribuer à la caisse (WTP4 = NON) ou donnait un CAP nul (WTP5 = 0) ou ne se prononçait pas, la question suivante lui était posée :

WP6b. *Vous ne voulez pas contribuer à la Caisse de Gestion Inondation qui vous permettrait d'être totalement dédommagé(s) en cas d'inondation. Est-ce parce que vous pensez :*

	Oui	Non	<i>Ne sait pas</i>
1. <i>il faudrait être sûr que la Caisse de Gestion Inondation m'indemnise réellement</i>	①	②	
2. <i>je n'ai pas assez d'information pour choisir une somme</i>	①	②	
3. <i>je préfère courir le risque</i>	①	②	
4. <i>à mon âge, ça n'en vaut pas la peine</i>	①	②	
5. <i>j'ai tellement l'habitude des inondations</i>	①	②	
6. <i>les dommages ne seront pas si importants</i>	①	②	
7. <i>je n'ai pas les moyens de payer</i>	①	②	
8. <i>ce n'est pas à moi de payer</i>	①	②	
9. <i>je ne veux pas payer davantage</i>	①	②	
10. <i>Autre</i>			

323 Préférences entre les deux scénarios

Le questionnaire d'évaluation contingente standard se terminait par la question suivante, posée à tous les répondants :

WTP7. Parmi les 2 utilisations différentes de la Caisse de Gestion des Inondations qui vous ont été présentées (indemnisation des sinistres ou travaux de protection), quelle est celle que vous préférez ?
Sur une échelle de 0 à 5, où 0 correspond à « Les deux sont de même priorité pour moi » et 5 « Je mets la priorité maximum », entourez le chiffre qui correspond le mieux à votre préférence entre ces 2 utilisations :

<i>Préférence maximale à l'indemnisation</i>	<i>Elles sont de même priorité pour moi</i>	<i>Préférence maximale aux travaux</i>
5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5		

L'intérêt de cette question est double : d'une part, sans référence à une somme monétaire, elle permet d'étudier directement l'intensité des préférences sans que la contrainte monétaire n'interfère. D'autre part, elle permet d'avoir une information sur le niveau de préférence de tous les répondants, y compris ceux ayant refusé de participer à la caisse de garantie, ou ayant exprimé un CAP nul dans les deux scénarios.

[324 Scénarios normalisés](#)

Enfin, afin d'améliorer la comparabilité des situations entre les répondants, d'étudier les CAP pour un risque naturel non territorialisé, et de travailler sur l'ensemble des répondants et non les seuls ayant accepté de participer au marché contingent, nous avons établi une seconde série de situations effectives, dans un cadre que nous qualifions de normalisé.

Le scénario (qui se trouve dans l'annexe 4, et correspond aux questions WTP 8-1, 8-2, 9-1 et 9-2) permet de contrôler la probabilité de survenue, le montant des dégâts, la situation familiale, le revenu, le type d'habitat, etc. Ne restent comme facteurs susceptibles d'expliquer les différences que les émotions anticipées ou vécues pour les répondants inondés, les traits de personnalité, et les croyances ou pratiques autour de l'inondation.

Les quatre scénarios proposés visent à comparer les CAP pour se prémunir d'un risque naturel inondation, pour des travaux et pour l'assurance, et les CAP pour se prémunir d'un risque de tempête, également pour des travaux et pour l'assurance.

[33 Analyse économétrique des réponses](#)

Nous mettrons en œuvre trois types de traitement, selon l'objectif poursuivi et la nature des données) : modèle Tobit, modèle de sélection de Heckman et modèle ordonné. Nous présentons brièvement les caractéristiques de chacun d'eux dans les sections 331 à 333.

[331 Le modèle Tobit](#)

Afin de prendre en compte les CAP nuls, nous commençons par recourir à un modèle avec censure à gauche en zéro, dit modèle Tobit du nom de son premier utilisateur : Tobin (1958). Ce modèle s'exprime de la façon suivante :

$$CAP_i^* = x_i' \beta + u_i$$

où CAP_i^* représente le CAP du répondant i pour le scénario considéré, x_i les variables explicatives et u_i un terme d'erreur distribué selon une loi normale d'espérance nulle et de variance σ^2 .

L'économètre va observer les CAP_i tels que: $CAP_i = CAP_i^*$ si $CAP_i^* > 0$

$$CAP_i = 0 \text{ sinon}$$

Les espérances conditionnelles sont donc :

$$E[CAP_i^* / x_i] = x_i' \beta$$

$$E[CAP_i / x_i] = \Phi(x_i' \beta / \sigma) x_i' \beta + \sigma \phi(x_i' \beta / \sigma)$$

où Φ est la fonction de répartition de la loi normale centrée réduite, et ϕ sa fonction densité.

Un tel modèle doit être estimé par maximum de vraisemblance, car les moindres carrés ordinaires conduisent à des estimations biaisées (Greene, 2008). Les effets marginaux, qui traduisent l'impact d'une variation des variables explicatives sur le CAP_i , méritent une attention particulière. En effet, le modèle Tobit étant non linéaire, il convient de les calculer

de la façon suivante : $\frac{\partial E[CAP_i / x_i]}{\partial x_{il}} = \beta_l \Phi\left(\frac{x_i' \beta}{\sigma}\right) < \beta_l$

[332 Modèle de Heckman](#)

Compte tenu que nous disposons de CAP résultant d'un format ouvert, et que nous sommes confrontés à un nombre important de réponses de protestation, nous avons choisi de modéliser également les CAP des répondants, et d'étudier l'impact des variables de personnalité, d'émotions, de PTSD et de sévérité du risque subi au moyen d'un modèle de Heckman. Il permet de corriger un éventuel biais de sélection causé par les CAP de protestation et de tenir compte de la décision de participation des répondants au marché contingent proposé.

Les modèles avec effet sélection sont devenus d'usage courant depuis l'article pionnier de Heckman (1976). L'idée centrale de ces modèles repose sur la corrélation des facteurs entrant dans le mécanisme de participation au marché avec l'hétérogénéité inobservée des individus. Ignorer la sélection conduit donc à des estimateurs biaisés (Greene, 2008).

Dans la présente étude, lorsque nous étudions le CAP déclaré, nous ne pouvons exclure la possibilité que certaines caractéristiques individuelles puissent expliquer une réponse de protestation mais aussi le CAP déclaré. Formellement, l'équation suivante modélise la variable sous-jacente à la décision de participation au marché contingent :

$$(1) \quad Z_i^* = \alpha' W_i + u_i \quad \text{avec } u_i \sim N[0, \sigma_u^2]$$

où Z_i^* est une variable latente inobservée, W_i sont des variables expliquant la décision de

participation et u_i un terme d'erreur. Nous observons la variable Z_i , telle que :

$Z_i = 1$ (l'individu décide de participer) si $Z_i^* > 0$
 $Z_i = 0$ (l'individu décide de ne pas participer) si $Z_i^* \leq 0$

L'équation suivante modélise le CAP déclaré :

$$(2) \quad CAP_i = X_i' \beta + \varepsilon_i \quad \text{avec } \varepsilon_i \sim N[0, \sigma_\varepsilon^2]$$

où CAP_i est le CAP déclaré, X_i sont des variables expliquant le CAP et ε_i un terme d'erreur.

Bien évidemment, le couple (CAP_i, X_i) ne sera observé que si $Z_i = 1$. Le problème posé par l'auto sélection est que si u_i , l'effet inobservé dans le mécanisme de décision de participation au marché contingent, est corrélé avec ε_i , l'hétérogénéité individuelle du modèle expliquant le niveau de CAP déclaré, les estimateurs de β ne sont plus convergents puisque $E[CAP_i | X_i, \varepsilon_i, Z_i=1] \neq E[CAP_i | X_i, \varepsilon_i] = X_i' \beta + \varepsilon_i$.

Il convient donc de prendre en compte explicitement la corrélation possible en postulant une distribution jointe entre le processus de décision de participation et celui expliquant le montant du CAP :

$$[\varepsilon_i, u_i] \sim N_2[(0,0), (\sigma_\varepsilon^2, \rho\sigma_\varepsilon, 1)]$$

où σ_ε^2 est la variance de ε_i , $\rho\sigma_\varepsilon$ la covariance entre ε_i et u_i , ρ leur coefficient de corrélation linéaire et σ_u^2 , la variance de u_i , est normalisée à 1 pour permettre l'identification. Le modèle ainsi obtenu constitue la forme la plus courante des modèles de sélection, avec une équation de sélection qualitative et une équation de résultat quantitative.

Deux méthodes d'estimation existent : la méthode originale en deux étapes proposée par Heckman (1976) et une estimation en une étape par maximum de vraisemblance à information complète sur la distribution jointe (Z_i, CAP_i) . La seconde est plus efficace si la distribution jointe des termes d'erreurs suit effectivement une loi Normale bivariée, la première est plus robuste en cas de mauvaise spécification et présente moins de difficultés de convergence.

La méthode en deux étapes consiste à estimer l'équation (1) sur tout l'échantillon au moyen d'un modèle Probit binomial, puis à calculer l'inverse du ratio de Mills (IMR) à partir des coefficients estimés :

$$(3) \quad \hat{IMR}_i = \varphi(\hat{\alpha}W_i) / \Phi(\hat{\alpha}W_i),$$

où φ représente la fonction de densité de la loi normale centre réduite et Φ la fonction de répartition.

On estime ensuite dans une seconde étape l'équation suivante sur les seuls répondants ayant décidé de participer :

$$(4) \quad CAP_i = X_i' \beta + \rho\sigma_\varepsilon \hat{IMR}_i + \eta_i \quad \text{avec } \eta_i = \varepsilon_i - \rho\sigma_\varepsilon \hat{IMR}_i \sim N[0, \sigma_\varepsilon^2 (1 - \rho^2 (\hat{IMR}_i (\hat{IMR}_i + W_i' \alpha)))]$$

Les effets marginaux, qui traduisent l'impact d'une variation des variables explicatives sur la variable expliquée, méritent une attention particulière dans ces modèles. En effet, il convient de distinguer quatre cas :

- le modèle Probit estimé dans l'équation (1) étant non linéaire, l'effet marginal d'une variable W_k sur la probabilité de participer au marché contingent est :

$$\frac{\partial E[Z]}{\partial W_k} = \hat{\alpha}_k \phi(\hat{\alpha}'W)$$

- l'effet marginal d'une variable X_k ne figurant pas parmi les W_k , sur le montant du CAP déclaré est simplement (équation (4)) :

$$\frac{\partial E[CAP]}{\partial X_k} = \hat{\beta}_k$$

- l'effet marginal d'une variable X_k figurant également parmi les W_k , sur le montant du CAP déclaré est (équation (4)) :

$$(5) \frac{\partial E[CAP/Z=1,W]}{\partial X_k} = \hat{\beta}_k - \hat{\alpha}_k \hat{\rho} \hat{\sigma}_\varepsilon \left(\hat{IMR}^2 + (\hat{\alpha}'W) \hat{IMR} \right)$$

Cet effet se décompose en deux parties : un effet linéaire direct de la variable X_k sur la fréquence d'utilisation, $\hat{\beta}_k$, et un effet indirect, non linéaire et plus complexe, résultant de l'impact que la variable X_k va exercer via l'équation de sélection. Dès lors que la corrélation ρ entre les termes d'erreurs des équations (1) et (2) n'est pas nulle, cet effet indirect va modifier l'effet linéaire direct dans un sens qui dépendra du signe de cette corrélation et du coefficient associé à la variable dans l'équation (1). L'effet total peut donc s'avérer fort différent de l'effet direct, voire de sens opposé.

- l'effet marginal d'une variable W_k , figurant uniquement dans l'équation (1) sur le montant du CAP déclaré, passe par la corrélation ρ entre les termes d'erreurs des équations (1) et (2).

Il vaut :

$$(6) \frac{\partial E[CAP/Z=1,W]}{\partial W_k} = -\hat{\alpha}_k \hat{\rho} \hat{\sigma}_\varepsilon \left(\hat{IMR}^2 + (\hat{\alpha}'W) \hat{IMR} \right)$$

333 Modèle ordonné

Nous aurons également recours à des modèles ordonnés pour expliquer les déterminants des variables exprimant des intensités de préférences, qui présentent un caractère ordinal sous-jacent.

Soit la régression latente sous-jacente :

$y_i^* = x_i' \beta + u_i$ où y_i^* est inobservé, x_i les variables explicatives et u_i un terme d'erreur d'espérance nulle et de variance σ^2 .

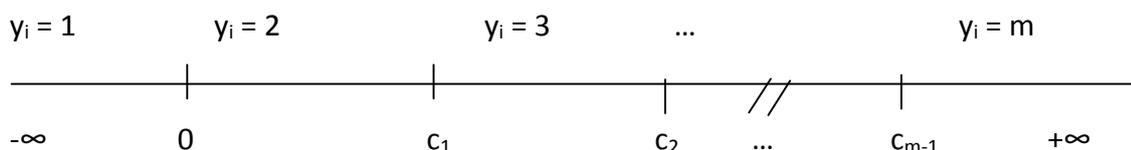
On observe la variable y_i qui exprime un ordre de préférence :

$$\left. \begin{array}{l} y_i = 1 \quad \text{si } y_i^* < 0 \\ y_i = 2 \quad \text{si } 0 \leq y_i^* < c_1 \\ y_i = 3 \quad \text{si } c_1 \leq y_i^* < c_{2m} \\ \dots \quad \dots \\ y_i = m \quad \text{si } c_{m-1} \leq y_i^* \end{array} \right\} m \text{ catégories}$$

Le raisonnement étant semblable quelle que soit la distribution choisie pour u_i (logistique standardisée ou normale centrée réduite), nous notons par F la fonction de répartition et

par f la fonction densité. Les expressions des probabilités d'observer les différentes valeurs de y_i s'écrivent de la façon suivante :

$$\begin{aligned}
 P[y_i = 1] &= P[y_i^* < 0] = P[u_i < x'_i \beta] = F(-x'_i \beta) \\
 P[y_i = 2] &= P[0 \leq y_i^* < c_1] = P[-x'_i \beta \leq u_i < c_1 - x'_i \beta] = F(-x'_i \beta) - F(c_1 - x'_i \beta) \\
 P[y_i = 3] &= P[c_1 \leq y_i^* < c_2] = P[c_1 - x'_i \beta \leq u_i < c_2 - x'_i \beta] = F(c_2 - x'_i \beta) - F(c_1 - x'_i \beta) \\
 \dots & \\
 P[y_i = m] &= P[c_{m-1} < y_i^*] = P[c_{m-1} - x'_i \beta < u_i] = 1 - F(c_{m-1} - x'_i \beta)
 \end{aligned}$$



Chaque répondant, en formulant sa préférence, appartient donc à une et une seule des m classes indexées par j . L'estimation se fait par maximum de vraisemblance une fois la fonction de densité choisie, et les paramètres c_j sont estimés en même temps que β .

Là encore, l'interprétation des effets marginaux des coefficients n'est pas triviale. Dans l'exemple ci-dessous, dans lequel trois modalités sont envisagées ($m=3$), l'effet marginal d'une modification d'une variable dépendante x_k sur la probabilité d'appartenir à chacune des trois catégories s'écrit :

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial P(y_i = 0)}{\partial x_k} &= -f(x'_i \beta) \beta_k \\
 \frac{\partial P(y_i = 1)}{\partial x_k} &= [f(-x'_i \beta) - f(c_1 - x'_i \beta)] \beta_k \\
 \frac{\partial P(y_i = 2)}{\partial x_k} &= f(c_2 - x'_i \beta) \beta_k
 \end{aligned}$$

Cet effet marginal sera donc de signe opposé à β_k pour $\text{Prob}(y_i = 0)$, de même signe pour $\text{Prob}(y_i = 2)$, mais ne peut être évalué sans calcul spécifique pour $\text{Prob}(y_i = 1)$, puisqu'il résulte d'une différence entre deux évaluations d'une fonction non-linéaire. On ne pourra donc interpréter les (signes des) effets marginaux que pour la première et la dernière alternative, les alternatives intermédiaires nécessitant des calculs.

4 Résultats pour les scénarios Travaux et Assurance

4.1 Traitement des réponses de protestation

Comme évoqué dans le chapitre 2, il convient de discriminer les vrais zéros (CAP nuls) des faux zéros (réponses de protestation) sur la base des questions de suivi WTP3b et WTP6b qui permettent d'identifier les motifs du refus de paiement.

Les tableaux suivants présentent pour chacun des scénarios, puis pour chaque commune, les motifs de refus et la classification en vrais zéros (VZ) ou faux zéros (FZ) associée.

Tableau 5-3: Motifs de refus de contribution (scénario Travaux, n=599)

Raisons choisies pour un refus de contribution à la CGI	Codage	Nombre (%)*
1. <i>il faudrait être sûr que tout le monde paie</i>	FZ	215 (35.71%)
2. <i>je n'ai pas assez d'information pour choisir une somme</i>	FZ	183 (30.56%)
3. <i>je préfère courir le risque</i>	VZ	173 (28.90%)
4. <i>à mon âge, ça n'en vaut pas la peine</i>	VZ	73 (12.13%)
5. <i>j'ai tellement l'habitude des inondations</i>	VZ	13 (2.16%)
6. <i>les dommages ne seront pas si importants</i>	VZ	161 (26.74%)
7. <i>je n'ai pas les moyens de payer</i>	VZ	182 (30.23%)
8. <i>ce n'est pas à moi de payer</i>	FZ	292 (48.67%)
9. <i>je ne veux pas payer davantage</i>	FZ	18 (2.99%)
10. <i>autre</i>	-	0 (0%)

* Chaque répondant pouvant indiquer plusieurs motifs de refus, la somme des réponses est supérieure à 100%.

Nous avons choisi de discriminer entre vrais et faux zéros, en fonction du nombre de réponses de chaque classe. Ainsi, pour un répondant donné, si le nombre de motifs considérés comme VZ est supérieur au nombre de motifs considérés comme FZ, le CAP de ce répondant est considéré comme un vrai zéro, et pas une réponse de protestation. Si au contraire, le nombre de motifs VZ est inférieur ou égal au nombre de motifs FZ, le CAP de ce répondant est considéré comme une réponse de protestation (faux zéros). Si aucun motif n'est donné par le répondant pour son refus de contribuer, nous codons le CAP comme valeur manquante.

Tableau 5-4 : Motifs de refus de contribution (scénario Assurance, n=599)

Raisons choisies pour un refus de contribution à la CGI	Codage	Nombre (%)*
1. <i>il faudrait être sûr que la Caisse de Gestion Inondation m'indemnise réellement</i>	FZ	228 (38.06%)
2. <i>je n'ai pas assez d'information pour choisir une somme</i>	FZ	186 (31.05%)
3. <i>je préfère courir le risque</i>	VZ	197 (32.89%)
4. <i>à mon âge, ça n'en vaut pas la peine</i>	VZ	83 (13.69%)
5. <i>j'ai tellement l'habitude des inondations</i>	VZ	17 (2.84%)
6. <i>les dommages ne seront pas si importants</i>	VZ	178 (29.72%)
7. <i>je n'ai pas les moyens de payer</i>	VZ	176 (29.38%)
8. <i>ce n'est pas à moi de payer</i>	FZ	257 (42.90%)
9. <i>je ne veux pas payer davantage</i>	FZ	20 (3.34%)
10. <i>Autre</i>	-	0 (0%)

* Chaque répondant pouvant indiquer plusieurs motifs de refus, la somme des réponses est supérieure à 100%.

Nous appliquons les mêmes règles que dans le scénario Travaux pour discriminer vrais et faux zéros.

Au final, la répartition des réponses des individus aux deux scénarios en termes de CAP strictement positifs, de CAP nuls (vrais zéros) et de réponses de protestation (faux zéros) est

représentée dans le tableau 5-5. On note peu de différence entre les répartitions entre les deux scénarios.

Tableau 5-5 : Nature des CAP selon les scénarios (nombre de réponses et pourcentage)

	Scénario Assurance (n=599)		Scénario Travaux (n=599)	
Vrais zéros	104 (17.37%)	341 (56.93%)	93 (15.53%)	335 (55.93%)
CAP>0	237 (39.56%)		242 (40.40%)	
Faux zéros	258 (43.07%)	258 (43.07%)	264 (44.07%)	264 (44.07%)

Le tableau 5-6 représente la répartition des CAP croisés entre les deux scénarios pour chaque répondant, et permet d'étudier la stabilité des réponses entre les deux scénarios. On remarque que 75.63% des répondants (sur la diagonale) donnent un CAP semblable pour les deux scénarios (soit un vrai zéro, soit un CAP positif, soit un faux zéro), et que la répartition des réponses en dehors de la diagonale ne montre pas de différence particulière de réponse entre les deux scénarios.

Tableau 5-6 : Nature des CAP par scénario (nombre de réponses et pourcentage)

		Scénario Travaux			
		Vrais zéros	CAP>0	Faux zéros	Total
Scénario Assurance	Vrais zéros	65 (10.85%)	15 (2.50%)	24 (4.01%)	104 (17.37%)
	CAP>0	9 (1.50%)	188 (31.39%)	40 (6.68%)	237 (39.56%)
	Faux zéros	19 (3.17%)	39 (6.51%)	200 (33.39%)	258 (43.07%)
	Total	93 (15.53%)	242 (40.40%)	264 (44.07%)	599 (100%)

Si l'on compare les chiffres du tableau 5-5 avec ceux obtenus dans la littérature, on remarque que Deronzier et Terra (2006) (utilisant 17 motifs de refus de contribution comparables aux nôtres) obtiennent des chiffres proches en moyenne, mais de plus larges différences en termes de proportion de vrais et faux zéros entre les scénarios (voir tableau 5-7)

Tableau 5-7 : Nature des CAP selon les scénarios (étude de Deronzier et Terra, 2006)

	Scénario 1		Scénario 2	
Vrais zéros	46,4 %	71,9 %	6,5 %	48,2 %
CAP > 0	25,5 %		41,7 %	
Faux zéros	28,1 %	28,1 %	51,8 %	51,8 %

Source : Deronzier et Terra (2006) Tableau 2, avec Scénario 1 = « assurance spécifique inondation » et scénario 2= « travaux de protection ».

Concernant les chiffres obtenus dans DEFRA (2005) et reproduits dans le tableau 5-8, ils indiquent une proportion comparable de vrais zéros, mais moins de faux zéros et plus de CAP positifs

Tableau 5-8 : Nature des CAP selon les scénarios (étude Defra, 2005)

	Répondants inondés (n=983)		Répondants à risque (n=527)	
Vrais zéros	n=144 (14.65%)	n=761 (77.42%)	n=81 (15.37%)	n=423 (80.27%)
CAP>0	n=617(62.76%)		n=342(64.90%)	
Faux zéros	n=222 (22.58%)	n=222 (22.58%)	n=104 (19.73%)	n=104 (19.73%)

Source : d'après DEFRA (2005), Table 4.16

Les deux tableaux suivants présentent pour chacun des scénarios et pour chaque commune, les motifs de refus et la classification en vrais zéros (VZ) ou faux zéros (FZ) associée.

Tableau 5-9 : Motifs de refus de contribution, par commune (scénario Travaux, n=599)

Raisons choisies pour un refus de contribution à la CGI*	Codage	Draguignan	Vaison-la-Romaine	Berre l'Etang	Miramas
1. il faudrait être sûr que tout le monde paie	FZ	53.64%	48.32%	18.37%	23.03%
2. je n'ai pas assez d'information ...	FZ	56.95%	18.12%	28.57%	18.42%
3. je préfère courir le risque	VZ	37.75%	51.68%	12.24%	13.82%
4. à mon âge, ça n'en vaut pas la peine	VZ	7.28%	19.46%	15.65%	6.58%
5. j'ai tellement l'habitude des inondations	VZ	3.31%	3.36%	0.7%	1.32%
6. les dommages ne seront pas si importants	VZ	30.46%	43.62%	21.09%	12.5%
7. je n'ai pas les moyens de payer	VZ	44.37%	32.21%	27.21%	17.76%
8. ce n'est pas à moi de payer	FZ	64.24%	73.15%	23.13%	34.21%
9. je ne veux pas payer davantage	FZ	0.7%	5.37%	2.72%	3.29%
10. autre	-	0%	0%	0%	0%

* Chaque répondant pouvant indiquer plusieurs motifs de refus, la somme des réponses est supérieure à 100%.

Tableau 5-10 : Motifs de refus de contribution, par commune (scénario Assurance, n=599)

Raisons choisies pour un refus de contribution à la CGI*	Codage	Draguignan	Vaison-la-Romaine	Berre l'Etang	Miramas
1. il faudrait être sûr que la Caisse de Gestion Inondation m'indemnise réellement	FZ	54.30%	55.03%	24.49%	18.42%
2. je n'ai pas assez d'information ...	FZ	56.95%	14.77%	34.70%	17.76%
3. je préfère courir le risque	VZ	37.09%	58.39%	19.05%	17.11%
4. à mon âge, ça n'en vaut pas la peine	VZ	7.28%	19.46%	19.73%	8.55%
5. j'ai tellement l'habitude des inondations	VZ	5.30%	4.70%	1.4%	0%
6. les dommages ne seront pas si importants	VZ	31.79%	44.97%	26.53%	15.79%
7. je n'ai pas les moyens de payer	VZ	41.06%	32.89%	28.57%	15.13%
8. ce n'est pas à moi de payer	FZ	60.93%	50.34%	30.61%	29.61%
9. je ne veux pas payer davantage	FZ	1.32%	4.70%	4.57%	2.63%
10. Autre	-	0%	0%	0%	0%

* Chaque répondant pouvant indiquer plusieurs motifs de refus, la somme des réponses est supérieure à 100%.

Au sein de chaque commune, l'étude des motifs de refus de contribution conduit à des résultats tout à fait comparables pour les deux scénarios. Nous remarquons par contre des différences importantes entre les communes, puisque les communes inondées présentent une proportion de refus de contribution plus élevée que les communes non inondées. Ainsi, il semblerait que le fait d'avoir vécu une inondation ait un impact sur la perception des conséquences (proportion plus élevée des motifs 3 (« Je préfère courir le risque »), et 6 (« Les dommages ne seront pas si importants »)), sur leur perception des responsables (proportion plus élevée de motifs 8 (« Ce n'est pas à moi de payer »)) sur leur confiance en le système devant assurer la réduction du risque (ou de ses conséquences) (proportion plus

élevée de motifs 1 (« Il faudrait être sûr que tout le monde paie ») et (« Il faudrait que la CGI m'indemnise réellement »).

Entre les communes inondées, on décèle également des différences sensibles, puisque les habitants de Draguignan, comparés à ceux de Vaison-la-Romaine, donnent plus souvent comme motif « Je n'ai pas assez d'information » dans les deux scénarios, et moins souvent les motifs 3 (« Je préfère courir le risque ») et 4 (« A mon âge ça ne vaut pas la peine »). Il semblerait donc que le délai écoulé depuis l'inondation puisse entraîner des différences dans la volonté de se prémunir d'un futur risque (ou de ses conséquences), même si des différences dans la composition des échantillons peuvent contribuer à ces différences. Les traitements économétriques permettront leur éventuelle prise en compte par le jeu des analyses conditionnelles.

Nous étudions la répartition, par commune, des CAP considérés comme des faux zéros dans les tableaux ci-dessous (réponses « Non » à la question « Donne un CAP valide »).

Le tableau 5-11 indique (en ligne) la distribution des répondants par CAP valide pour le scénario Travaux pour chacune des quatre communes. La première ligne indique la fréquence, la seconde la contribution au test d'indépendance du Chi2 et la troisième ligne le pourcentage par colonne. Le test d'indépendance entre la validité des CAP et la commune est fortement rejeté (p -value < 0.0001), et indique que les répondants de Berre l'Etang expriment significativement plus de réponses valides (75.5%), alors que ceux de Draguignan et Vaison-la-Romaine expriment significativement plus de faux zéros (respectivement 41.7% et 45%).

Tableau 5-11 : Répartition des CAP valides par commune (scénario travaux)

Donne un CAP valide pour Travaux	Q1				Total
	Berre l'E	Draguigna	Miramas	Vaison la	
Non	36	88	58	82	264
	12.8	6.9	1.2	4.1	25.0
	24.49	58.28	38.16	55.03	44.07
Oui	111	63	94	67	335
	10.1	5.4	1.0	3.2	19.7
	75.51	41.72	61.84	44.97	55.93
Total	147	151	152	149	599
	22.9	12.4	2.2	7.3	44.7
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Pearson $\chi^2(3) = 44.6524$ Pr = 0.000
Fisher's exact = 0.000

Le tableau 5-12 effectue le même exercice pour le scénario Assurance, et indique également que le test d'indépendance est fortement rejeté (p -value < 0.0001). Toutefois, la situation des répondants habitant Vaison-la-Romaine diffère de celle observée pour le scénario Travaux, puisque leur proportion de CAP valide est de 51.7%, non statistiquement différente de la moyenne des 4 communes. Les répondants de Berre l'Etang ont toujours

significativement plus de réponses valides (68.7%), et ceux de Draguignan significativement moins (41%).

Tableau 5-12 : Répartition des CAP valides par commune (scénario Assurance)

Donne un CAP valide pour Assurance	Q1				Total
	Berre l'E	Draguigna	Miramas	Vaison la	
Non	46 4.7 31.29	89 8.8 58.94	51 3.2 33.55	72 1.0 48.32	258 17.7 43.07
Oui	101 3.6 68.71	62 6.7 41.06	101 2.4 66.45	77 0.7 51.68	341 13.4 56.93
Total	147 8.3 100.00	151 15.5 100.00	152 5.6 100.00	149 1.7 100.00	599 31.1 100.00

Pearson chi2(3) = 31.1178 Pr = 0.000
Fisher's exact = 0.000

Finalement, nous analysons la stabilité des réponses (CAP valides ou faux zéros) entre les deux scénarios pour chaque répondant et par commune. Les répondants de Draguignan présente la plus grande stabilité (86% de réponses semblables entre les scénarios), ceux des trois autres communes ayant une proportion légèrement plus faible (entre 77% et 78% selon les communes). Pour des réponses non semblables entre les deux scénarios (i.e. quand un faux zéro n'est répondu que pour un seul des deux scénarios), on observe deux fois moins de faux zéros pour travaux que pour Assurance à Berre l'Etang, le même nombre pour Draguignan, 50% de plus pour Miramas et environ deux fois plus pour Vaison-la-Romaine.

Ceci confirme que le scénario Assurance semble avoir provoqué moins de réponse de protestation chez les répondants habitant Vaison-la-Romaine que chez les habitants des autres communes, et en particulier Draguignan, alors que ce n'est pas le cas pour le scénario Travaux.

42 Statistiques descriptives

Nous présentons quelques statistiques sur les CAP et des analyses d'égalité de moyenne. Les densités lissées des deux CAP sur les figures 5-2 et 5-3, indiquent une grande proximité de la distribution des valeurs, de type log normale dans les deux cas. Le CAP empirique moyen sur la base des CAP positifs et des vrais zéros, sur l'ensemble de l'échantillon est de 102,89 euros par an pour le scénario Travaux (n=335) et de 107,04 euros pour le scénario Assurance (n=341). Nous retrouvons en première analyse, les résultats de Deronzier et Terra (2006) sur des scénarios comparables : une très grande proximité des deux valeurs.

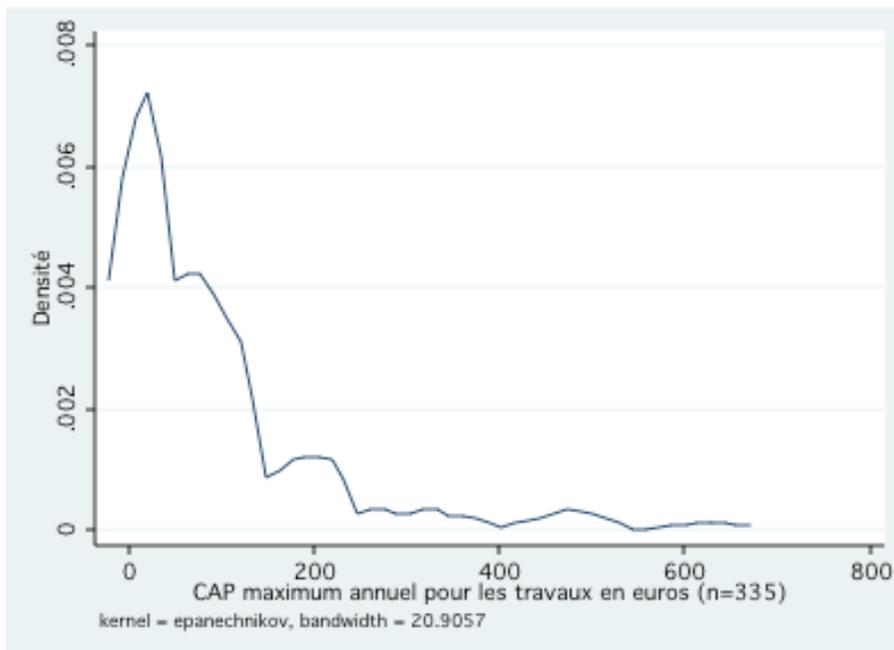


Figure 5-2 : Distribution lissée des CAP annuels pour le scénario Travaux (n=335)

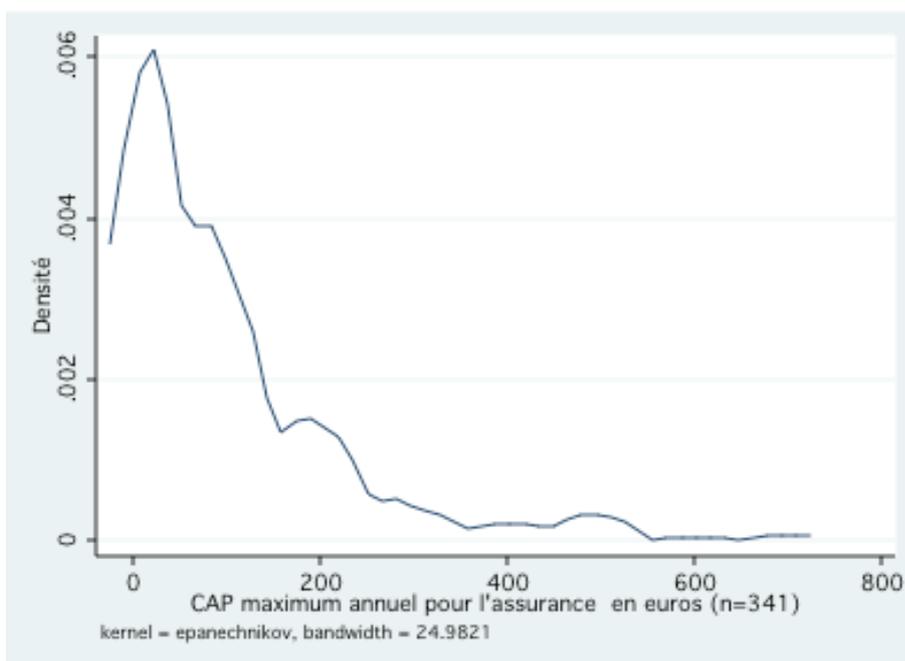


Figure 5-3 : Distribution lissée des CAP annuels pour le scénario Assurance (n=341)

Le tableau 5-13 présente différentes statistiques concernant les CAP par commune, pour le scénario Assurance (WtpAssurVZ) et le scénario Travaux (WtpTravVZ).

Tableau 5-13 : CAP moyens par scénario et par commune

-> commune = Berre l'Etang

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
WtpAssurVZ	101	150.7228	247.3945	0	1500
WtpTravVZ	111	158.9009	259.4859	0	1500

-> commune = Draguignan

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
WtpAssurVZ	62	137.4194	135.1615	0	600
WtpTravVZ	63	123.6508	134.3359	0	600

-> commune = Miramas

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
WtpAssurVZ	101	91.44554	96.56495	0	500
WtpTravVZ	94	76.85106	79.7984	0	500

-> commune = Vaison la Romaine

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
WtpAssurVZ	77	45.71429	92.48654	0	500
WtpTravVZ	67	27.08955	58.96294	0	250

Le tableau 5-14 présente les résultats des tests d'égalité entre les moyennes des CAP pour le scénario Assurance et le scénario Travaux, pour chaque couple de communes. Il conclue à l'infériorité des CAP moyens à Vaison-la-Romaine comparé aux trois autres communes, à l'infériorité des CAP moyens à Miramas par rapport à Berre l'Etang et Draguignan, et à l'absence de différences significatives entre les CAP moyens de Berre-l'Etang et Draguignan. Si l'on pouvait raisonnablement s'attendre à ce que les CAP de Draguignan (inondée en 2010) et Berre l'Etang (à risque d'inondation) soit proches, et tous deux significativement supérieurs aux CAP exprimés à Miramas (en zone non inondable), le fait que les CAP à Vaison-la-Romaine (inondée en 1992) soient significativement inférieurs à ceux des autres communes soulève des interrogations. Une fois encore, nous vérifierons si ces résultats s'expliquent au moyen des régressions économétriques (qui corrigent de différences dans les caractéristiques des répondants), et en prenant en compte explicitement la décision de participation au marché contingent.

Tableau 5-14 : Tests d'égalité des CAP entre les communes

Statut du CAP de la commune en colonne par rapport à celui de la commune en ligne		Draguignan	Miramas	Vaison-la-Romaine
WtpAssurVZ	Berre l'Etang	comparable (p=0.6979)	inférieur (p=0.0260)	inférieur (p=0.0005)
	Draguignan	-	inférieur (p=0.0125)	inférieur (p=0.0001)
	Miramas		-	inférieur (p=0.0017)
WtpTravVZ	Berre l'Etang	comparable (p=0.3281)	inférieur (p=0.0039)	inférieur (p=0.0001)
	Draguignan	-	inférieur (p=0.007)	inférieur (p=0.0001)
	Miramas		-	inférieur (p=0.0001)

Tableau 5-16 : Résultats du modèle Tobit estimé sur les CAP pour les travaux

Tobit regression	Number of obs =	316
	F(12, 304) =	5.14
	Prob > F =	0.0000
Log pseudolikelihood = -1555.9495	Pseudo R2 =	0.0474

WtpTravVZ	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
RISKVECDUM	-74.9485	25.42935	-2.95	0.003	-124.9883	-24.90868
REVENUMENC~T	.0219867	.0118374	1.86	0.064	-.0013068	.0452803
proprio	41.74304	21.66605	1.93	0.055	-.8913795	84.37746
SyndEau	72.90218	26.64458	2.74	0.007	20.47104	125.3333
HAPPY	11.68506	6.643706	1.76	0.080	-1.388413	24.75853
RISKPOP NAT	23.99556	12.45406	1.93	0.055	-.5115107	48.50263
PTSDDUM	111.492	49.83484	2.24	0.026	13.42708	209.5569
PROBSUB	3.455999	.8066764	4.28	0.000	1.868623	5.043376
PREFPRESENT	-15.08054	3.99436	-3.78	0.000	-22.94063	-7.220445
LOSSLOVER	48.73843	14.98872	3.25	0.001	19.24365	78.23321
RiskAvertl~n	-42.38877	20.10152	-2.11	0.036	-81.9445	-2.833041
CONSCI	27.67381	16.9563	1.63	0.104	-5.692758	61.04038
_cons	-308.1495	85.8272	-3.59	0.000	-477.0401	-139.2589
/sigma	173.6746	24.18152			126.0902	221.2589

Tableau 5-17 : Résultats des effets marginaux du modèle Tobit (CAP pour les travaux)

variable	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% C.I.]		X
RISKVE~M*	-45.86398	14.158	-3.24	0.001	-73.6131	-18.1149	.398734
RE~NCONT	.0138386	.00725	1.91	0.056	-.000375	.028052	1998.42
proprio*	26.52349	13.531	1.96	0.050	.004057	53.0429	.43038
SyndEau*	48.81106	17.962	2.72	0.007	13.6055	84.0167	.234177
HAPPY	7.354678	4.07213	1.81	0.071	-.626553	15.3359	6.70886
RISKPO~T	15.10301	7.8736	1.92	0.055	-.328961	30.535	2.96835
PTSDDUM*	79.80428	39.009	2.05	0.041	3.34901	156.26	.110759
PROBSUB	2.175236	.49856	4.36	0.000	1.19808	3.15239	6.63288
PREFPR~T	-9.491822	2.41597	-3.93	0.000	-14.227	-4.7566	2.95253
LOSSLO~R	30.67639	9.61262	3.19	0.001	11.836	49.5168	1.62975
RiskAv~n*	-26.19561	11.9	-2.20	0.028	-49.519	-2.87227	.379747
CONSCI	17.41814	10.569	1.65	0.099	-3.29603	38.1323	4.07314

(*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1

Le consentement moyen prédit par le modèle est de 98,28 euros. Toutes choses égales par ailleurs, le revenu du ménage possède un effet positif significatif sur le CAP, avec une augmentation de presque 14 euros pour une augmentation de 1000 euros du revenu mensuel. Ceci est conforme à la théorie économique standard, et constitue un critère de validité interne de la méthode d'évaluation contingente (Bishop and Woodward, 1995).

Le fait d'être propriétaire entraîne une augmentation significative de 26,5 euros, de même que le fait de connaître le sigle correspondant au syndicat des eaux de sa commune, avec une augmentation de 48,8 euros. Ces deux effets se comprennent facilement, puisqu'un propriétaire étant plus attaché à son logement, on peut comprendre qu'il possède un CAP supérieur pour diminuer le risque de perdre son logement. Pour le second, il s'agit d'une variable traduisant le degré de connaissance du répondant des acteurs impliqués dans la

gestion de l'eau, et ce degré de connaissance supérieur se traduit par un CAP supérieur.

Les comportements relatifs au risque possèdent également des effets significatifs. Un effet positif lorsque le répondant s'estime plus à risque de catastrophes naturelles que l'ensemble de la population française, de 15,1 euros par unité de variation de RISKPOP NAT. Concernant les variables correspondant aux comportements exprimés dans les loteries, on trouve des résultats moins intuitifs : un effet positif associé avec une augmentation de l'amour pour le risque, un effet négatif pour les répondants ayant une aversion au risque dans les gains, et ayant un taux de préférence pour le présent élevé. On s'attendait en effet à ce que l'effet de l'aversion au risque sur les CAP soit positif.

Concernant les variables traduisant des traits de personnalité ou des émotions, on observe un effet significatif de l'état de stress post traumatique avéré, avec une augmentation de 79,8 euros ; une augmentation de 17,4 euros pour tout accroissement d'un point du score obtenu au conscientiousness (CONSCI), et de 7,4 euros pour toute augmentation de 1 point du sentiment de bonheur (HAPPY).

La probabilité subjective d'inondation (PROBSUB) possède également un effet positif, qui augmente de 2,2 euros pour chaque augmentation de cette probabilité de 1%. Ceci est conforme à la volonté de réduire son risque d'exposition à l'inondation quand on pense être plus à risque. Par contre, le fait d'avoir vécu au moins une inondation implique une diminution de 45,9 euros du CAP pour effectuer les travaux, ce qui est plutôt contre-intuitif. On s'attendait en effet à ce que la sous-assurance face au risque d'inondation soit en partie expliquée par une absence de vécu émotionnel, ce qui ne semble pas vérifié. Le modèle de Heckman, qui prend en compte une éventuelle auto-sélection des répondants exprimant un CAP, permettra d'étudier s'il s'agit d'un problème de sélection, ou de l'expression d'un rejet de la confiance vis-à-vis des institutions concernant la façon dont ils ont perçu la gestion publique de l'inondation dont ils ont été victimes dans le passé.

Au final, hormis les comportements vis à vis du risque et le fait d'avoir déjà vécu au moins une inondation dans le passé, les effets des variables explicatives sur les CAP sont conformes à l'intuition.

432 Scénario Assurance

Comme pour le scénario Travaux, nous présentons le meilleur modèle obtenu (tableau 5-18), et les variables de contrôle (ordre de passage du scénario et texte Cheap Talk) ne sont ici non plus pas significatives.

Le test de nullité jointe de tous les coefficients sauf la constante est rejeté (p -value < 0.00001), signe que le modèle contribue à expliquer les CAP. Les effets marginaux sur le CAP sont calculés dans le tableau 5-19.

Le CAP moyen prédit par le modèle est de 101,71 euros. Le fait d'être propriétaire entraîne une augmentation significative de 38,96 euros (comme pour le modèle précédent), de même que le fait de déclarer avoir une bonne connaissance du risque d'inondation (+24,2 euros) et une augmentation d'une unité du nombre de moyens que déclare connaître le répondant pour s'informer des risques d'inondation (+14,4 euros). Ces deux derniers effets se comprennent facilement, traduisant le degré de connaissance autour du risque

d'inondation, degré de connaissance qui implique un CAP supérieur.

Tableau 5-18 : Résultats du modèle Tobit estimé sur les CAP pour l'assurance

Tobit regression
 Number of obs = 328
 F(11, 317) = 5.44
 Prob > F = 0.0000
 Log pseudolikelihood = -1555.2868
 Pseudo R2 = 0.0539

WtpAssurVZ	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
RISKVEUDUM	-79.2652	24.17814	-3.28	0.001	-126.8351	-31.69531
proprio	60.50771	19.90174	3.04	0.003	21.35152	99.6639
HAPPY	16.96979	6.2933	2.70	0.007	4.587879	29.35171
PasdeRisque	-77.9485	24.70584	-3.16	0.002	-126.5566	-29.34035
PROBSUB	2.938509	.6489599	4.53	0.000	1.661696	4.215321
PREFPRESENT	-23.08916	4.336185	-5.32	0.000	-31.6205	-14.55783
LOSSLOVER	60.9233	16.6791	3.65	0.000	28.10758	93.73902
RiskAvertl~n	-47.13195	20.50595	-2.30	0.022	-87.47691	-6.78698
NbreMoyenI~o	22.65903	9.052195	2.50	0.013	4.849058	40.469
ConRisqBon	37.65161	19.52594	1.93	0.055	-.7652024	76.06843
CONSCI	36.08222	15.81275	2.28	0.023	4.971008	67.19342
_cons	-285.2373	87.2434	-3.27	0.001	-456.8866	-113.5881
/sigma	166.2191	21.17101			124.5657	207.8726

Obs. summary: 98 left-censored observations at WtpAssurVZ<=0
 230 uncensored observations
 0 right-censored observations

Tableau 5-19 : Résultats des effets marginaux du modèle Tobit (CAP pour l'assurance)

variable	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% C.I.]		X
RISKVE~M*	-49.30351	13.564	-3.64	0.000	-75.8876	-22.7194	.426829
proprio*	38.95759	12.538	3.11	0.002	14.384	63.5311	.439024
HAPPY	10.79794	3.88951	2.78	0.006	3.17464	18.4212	6.72561
PasdeR~e*	-45.5255	12.494	-3.64	0.000	-70.0139	-21.0371	.213415
PROBSUB	1.869784	.40366	4.63	0.000	1.07863	2.66094	7.02591
PREFPR~T	-14.69172	2.44679	-6.00	0.000	-19.4873	-9.8961	2.95122
LOSSLO~R	38.76571	10.313	3.76	0.000	18.5534	58.978	1.61585
RiskAv~n*	-29.38685	12.059	-2.44	0.015	-53.0224	-5.75128	.384146
NbreMo~o	14.41802	5.5483	2.60	0.009	3.54356	25.2925	2.42683
ConRis~n*	24.19987	12.346	1.96	0.050	.00203	48.3977	.420732
CONSCI	22.95924	9.92403	2.31	0.021	3.50851	42.41	4.1372

(*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1

Les comportements relatifs au risque possèdent également des effets significatifs. Un effet négatif (-45,5 euros) est observé lorsque le répondant pense que le lieu où il réside n'est pas à risque. Concernant les variables correspondant aux comportements exprimés dans les loteries, on trouve les mêmes résultats – plutôt contre intuitifs - que pour les CAP concernant les travaux : un effet positif associé avec une augmentation de l'amour pour le risque, un effet négatif pour les répondants ayant une aversion au risque dans les gains, et ayant un taux de préférence pour le présent élevé.

Concernant les variables traduisant des traits de personnalité ou des émotions, on observe une augmentation de 23 euros pour tout accroissement d'un point du score obtenu au

conscientiousness (CONSCI), et de 10,8 euros pour toute augmentation de 1 point du sentiment de bonheur (HAPPY).

La probabilité subjective d'inondation (PROBSUB) possède également un effet positif, qui augmente de 1,87 euros pour chaque augmentation de cette probabilité de 1%. Ceci est conforme à la volonté de réduire son risque d'exposition à l'inondation quand on pense être plus à risque. Par contre, le fait d'avoir vécu au moins une inondation implique, ici aussi et de façon contre intuitive, une diminution du CAP pour l'assurance, d'environ de 49,3 euros.

Au final, hormis les comportements vis à vis du risque et le fait d'avoir déjà vécu au moins une inondation dans le passé, les effets des variables explicatives sur les CAP sont conformes à l'intuition. Une différence majeure avec le scénario Travaux est que le fait d'être en état de stress post traumatique avéré (que ce soit dû ou non à une inondation) n'est pas significatif ici pour expliquer les CAP.

[44 Modèle de Heckman](#)

Nous utilisons le modèle de Heckman pour prendre en compte une possible corrélation entre la décision de participer au marché contingent (donner un CAP qui ne soit pas considéré comme un protest / faux zéro) et le montant du CAP. L'estimation des deux modèles est effectuée par la méthode dite Full Information Maximum Likelihood.¹

[441 Scénario Travaux](#)

Dans le tableau 5-20, on constate que le terme d'erreur du Probit correspondant à la première équation (variable dépendante WTPTravPart) est négativement et significativement corrélé avec celui du modèle linéaire de la seconde équation (WTPTravVZ), puisque le test d'indépendance des deux équations est rejeté (p-value=0.0003).

Les variables explicatives du Probit contribuent à expliquer la décision de participation (p-value du test de nullité joint <0.0001) et permettent une prédiction correcte de 66% des décisions de participation observées. Il en est de même pour l'équation expliquant le niveau de CAP, puisque la nullité jointe de tous les coefficients sauf la constante est rejetée (p-value<0.00001).

Concernant les variables influençant la décision de participation, les effets marginaux calculés dans le tableau 5-21 indiquent que penser que « Tout le monde devrait payer la même chose quand la réduction des risques d'inondation est financée par des taxes » (EGALITAIRE) augmente la probabilité de participer de 13,7%. Le fait d'avoir déjà vécu une inondation (RISKVECUDUM) diminue la probabilité de participer au marché contingent de 21,7%, de même que déclarer ne pas se sentir à risque (PasdeRisque) qui la diminue de 16,1%. Enfin, les trois variables traduisant des traits de personnalité ont un impact négatif sur la probabilité de participer : de 4% par point obtenu par le répondant au score de mesure du sentiment de CONTROLE, de 5,4% par point de NEURO, et 10,3% par point de CONSCI.

¹ L'estimation en deux étapes, proposée initialement par Heckman (1979), ne conduit pas à des différences sensibles avec l'estimation reproduite ici.

Au final, nous trouvons des résultats en accord avec nos attentes, (hormis l'effet de RISKVECDUM) et un impact des émotions sur la décision de participer.

Tableau 5-20 : Résultats du modèle de Heckman estimé sur les CAP pour les travaux

Heckman selection model	Number of obs	=	581
(regression model with sample selection)	Censored obs	=	263
	Uncensored obs	=	318
	Wald chi2(10)	=	93.71
Log pseudolikelihood = -2395.97	Prob > chi2	=	0.0000

	Coef.	Robust Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
WtpTravVZ						
PasdeRisque	-29.8105	12.59532	-2.37	0.018	-54.49687	-5.124123
PATRIMOINE	.0001225	.0000476	2.58	0.010	.0000293	.0002157
PCS	94.36	32.17442	2.93	0.003	31.29929	157.4207
LOSSALL	-86.20446	21.49773	-4.01	0.000	-128.3392	-44.06968
RISKPERSO	-9.141508	4.134279	-2.21	0.027	-17.24455	-1.038471
PTSDDUM	101.1283	44.00502	2.30	0.022	14.88007	187.3766
PROBSUB	3.08414	.706131	4.37	0.000	1.700149	4.468132
PREFPRESENT	-8.872089	2.499149	-3.55	0.000	-13.77033	-3.973846
LOSSLOVER	44.68491	11.38792	3.92	0.000	22.365	67.00481
CONSCI	24.99945	11.20778	2.23	0.026	3.032602	46.96629
_cons	-45.94795	57.34103	-0.80	0.423	-158.3343	66.4384
WTPTravPart						
RISKVECDUM	-.617486	.110728	-5.58	0.000	-.8345089	-.4004631
Egalitaire	.3472558	.1091583	3.18	0.001	.1333095	.5612021
CONTROLE	-.1090201	.0473296	-2.30	0.021	-.2017844	-.0162558
NEURO	-.1310775	.0682618	-1.92	0.055	-.2648683	.0027132
CONSCI	-.235179	.1024849	-2.29	0.022	-.4360457	-.0343122
PasdeRisque	-.3931007	.1236186	-3.18	0.001	-.6353887	-.1508127
_cons	1.916936	.5209053	3.68	0.000	.8959804	2.937892
/athrho	-.2600495	.0716454	-3.63	0.000	-.4004718	-.1196272
/lnsigma	4.985569	.1445756	34.48	0.000	4.702206	5.268932
rho	-.2543418	.0670106			-.3803526	-.1190598
sigma	146.2868	21.14951			110.19	194.2085
lambda	-37.20686	12.03272			-60.79056	-13.62315

Wald test of indep. eqns. (rho = 0): chi2(1) = 13.17 Prob > chi2 = 0.0003

Tableau 5-21 : Effets marginaux sur la probabilité de participation (n=581)

variable	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% C.I.]		X
RISKVE~M*	-.2165334	.04133	-5.24	0.000	-.297542	-.135525	.51505
Egalit~e*	.1363847	.04164	3.28	0.001	.054781	.217989	.516722
CONTROLE	-.0411579	.01874	-2.20	0.028	-.077891	-.004425	2.26421
NEURO	-.0542604	.02678	-2.03	0.043	-.106754	-.001767	2.51338
CONSCI	-.1031367	.03966	-2.60	0.009	-.180877	-.025396	4.13991
PasdeR~e*	-.1606588	.048	-3.35	0.001	-.25473	-.066588	.254181

(*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1

La seconde équation explique le CAP (WtpTravVZ) conditionnellement au fait que le répondant a donné un CAP valide. Le CAP moyen prédit est de 99,21 euros. Les effets

marginiaux sont calculés dans le tableau 5-22, et prennent en compte les effets transitant par la corrélation entre l'équation de sélection et l'équation de CAP (comme expliqué en section 332). Ils sont donc égaux aux coefficients de l'équation d'outcome lorsque la variable n'est pas présente dans l'équation de sélection, et différent dans le cas contraire. Ils s'interprètent comme une variation de X euros du CAP pour une modification de la variable considérée. Les résultats sont très semblables à ceux obtenus dans le modèle Tobit, aux détails suivants qui résultent de la proximité des variables entrant et sortant du modèle. PATRIMOINE explique maintenant positivement le CAP et peut-être considéré comme une proxy du revenu du ménage et du statut de propriétaire, qui l'expliquaient positivement dans le modèle Tobit et qui ont disparu. La variable « déclare connaître le plan communal de sauvegarde » (PCS) a un impact positif sur le CAP alors que la connaissance du syndicat des eaux a disparu, là encore les deux variables traduisent la même chose : un degré de connaissance en lien avec les inondations.

Tableau 5-22 : Effets marginaux sur le montant du CAP pour les travaux (n=318)

variable	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% C.I.]	X
PasdeR~e*	-39.00863	13.05	-2.99	0.003	-64.5868	-13.4304		.258176
PATRIM~E	.0001225	.00005	2.58	0.010	.000029	.000216		175957
PCS*	94.36	32.174	2.93	0.003	31.2993	157.421		.180723
LOSSALL	-86.20446	21.498	-4.01	0.000	-128.339	-44.0698		.014079
RISKPE~0	-9.141508	4.13429	-2.21	0.027	-17.2446	-1.03845		3.7969
PTSDDUM*	101.1283	44.005	2.30	0.022	14.8801	187.377		.108434
PROBSUB	3.08414	.70613	4.37	0.000	1.70015	4.46813		6.03203
PREFPR~T	-8.872089	2.49915	-3.55	0.000	-13.7703	-3.97384		2.97023
LOSSLO~R	44.68491	11.388	3.92	0.000	22.365	67.0048		1.56799
CONSCI	19.67897	10.545	1.87	0.062	-.988505	40.3464		4.14515
RISKVE~M*	-13.88599	5.64441	-2.46	0.014	-24.9488	-2.82316		.512909
Egalit~e*	7.867507	3.17446	2.48	0.013	1.64569	14.0893		.518072
CONTROLE	-2.466374	1.35997	-1.81	0.070	-5.13186	.199116		2.26334
NEURO	-2.965381	1.91512	-1.55	0.122	-6.71896	.788194		2.51872

(*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1

Les variables PROBSUB, PTSDDUM, PREPRESENT, LOSSLOVER, CONSCI ont des effets marginaux significatifs de même signe que dans le modèle Tobit. Considérer que son lieu d'habitation ne présente pas de risque (PasdeRisque) possède un effet négatif sur le CAP, de même que LOSSALL, la part de son patrimoine que le répondant est prêt à dépenser annuellement pour s'assurer contre une perte totale. Trois effets transitent uniquement par la corrélation entre les deux équations et possèdent un effet significatif : Egalitaire (positif) et RISKVECUDUM et CONTROLE (effet négatif). Concernant RISKVECUDUM, son effet négatif sur le CAP apparaît quatre fois moins important (toutes choses égales par ailleurs) que dans le modèle Tobit. Cela tendrait à confirmer que, s'il existe effectivement un effet propre au fait d'avoir vécu une inondation, il s'avère plus important pour expliquer la participation au marché contingent que le niveau de participation.

[442 Scénario Assurance](#)

Le terme d'erreur du Probit correspondant à la première équation (variable dépendante WTPTravPart) est négativement et significativement corrélé avec celui du modèle linéaire de la seconde équation (WtpAssurVZ), puisque le test d'indépendance des deux équations est rejeté (p-value=0.0131).

Les variables explicatives du Probit (tableau 5-23) contribuent à expliquer la décision de participation (p-value du test de nullité joint <0.0001) et permettent une prédiction correcte de 64,1% des décisions de participation observées. Il en est de même pour l'équation expliquant le niveau de CAP, puisque la nullité jointe de tous les coefficients sauf la constante est rejetée (p-value<0.00001).

Tableau 5-23 : Résultats du modèle de Heckman estimé sur les CAP pour l'assurance

Heckman selection model	Number of obs	=	577
(regression model with sample selection)	Censored obs	=	258
	Uncensored obs	=	319
	Wald chi2(10)	=	77.50
Log pseudolikelihood = -2390.155	Prob > chi2	=	0.0000

	Coef.	Robust Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
WtpAssurVZ						
PasdeRisque	-39.46166	13.28028	-2.97	0.003	-65.49053	-13.43278
PATRIMOINE	.0001285	.0000494	2.60	0.009	.0000317	.0002254
LOSSALL	-90.74354	31.55169	-2.88	0.004	-152.5837	-28.90337
NbreMoyenI~o	17.03242	7.248592	2.35	0.019	2.825446	31.2394
ConRisqBon	37.21056	15.13085	2.46	0.014	7.554637	66.86649
PROBSUB	2.165203	.6202782	3.49	0.000	.9494805	3.380926
PREFPRESENT	-11.04166	2.264826	-4.88	0.000	-15.48064	-6.602683
LOSSLOVER	54.95706	14.67649	3.74	0.000	26.19166	83.72246
CONTROLE	-11.33032	6.183866	-1.83	0.067	-23.45047	.7898347
CONSCI	22.49889	11.10627	2.03	0.043	.7310074	44.26678
_cons	-81.97328	54.30973	-1.51	0.131	-188.4184	24.47183
WTPAssurPart						
RISKVECUDUM	-.5944869	.1107675	-5.37	0.000	-.8115872	-.3773865
Egalitaire	.2612346	.1116695	2.34	0.019	.0423665	.4801027
PROBSUB	.0091349	.0048122	1.90	0.058	-.000297	.0185667
couple	-.2395975	.1104624	-2.17	0.030	-.4560998	-.0230951
PasdeRisque	-.388493	.123359	-3.15	0.002	-.6302722	-.1467139
_cons	.4912868	.1232867	3.98	0.000	.2496494	.7329242
/athrho	-.2019264	.0814231	-2.48	0.013	-.3615128	-.0423401
/lnsigma	4.927789	.1435548	34.33	0.000	4.646427	5.209151
rho	-.199226	.0781914			-.3465459	-.0423148
sigma	138.0738	19.82116			104.2119	182.9386
lambda	-27.5079	12.42697			-51.86432	-3.151481

Wald test of indep. eqns. (rho = 0): chi2(1) = 6.15 Prob > chi2 = 0.0131

Concernant les variables influençant la décision de participation, les effets marginaux calculés dans le tableau 5-24 montrent que penser que « Tout le monde devrait payer la même chose quand la réduction des risques d'inondation est financée par des taxes » (EGALITAIRE) augmente la probabilité de participer de 9,5%. Le fait d'avoir déjà vécu une inondation (RISKVECUDUM) diminue la probabilité de participer au marché contingent de 19,2%, de même que déclarer ne pas se sentir à risque (PasdeRisque) qui la diminue de 14,4%. Enfin, le fait de vivre en couple diminue la probabilité de participer de 8,9% alors que chaque point de pourcentage supplémentaire de la probabilité subjective d'être inondé l'augmente de 0,4%.

Au final, nous trouvons des résultats en accord avec nos attentes, (hormis l'effet de RISKVECUDUM) et une absence d'impact des émotions sur la décision de participer, au contraire des résultats du scénario Travaux.

Tableau 5-24 : Effets marginaux sur la probabilité de participation (n=577)

WTPAssurPart	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
RISKVECUDUM	-.1918787	.0390067	-4.92	0.000	-.2683304	-.1154269
Egalitaire	.0944999	.0389825	2.42	0.015	.0180957	.1709041
PROBSUB	.0039408	.0015705	2.51	0.012	.0008626	.0070189
couple	-.0897562	.0394454	-2.28	0.023	-.1670678	-.0124446
PasdeRisque	-.1448104	.0448335	-3.23	0.001	-.2326825	-.0569384

Concernant l'équation expliquant le niveau des CAP (WtPassurVZ), le CAP moyen prédit conditionnellement à avoir donné un CAP valide, est de 101,55 euros. Les effets marginaux sont calculés dans le tableau 5-25, et prennent en compte les effets transitant par la corrélation entre l'équation de sélection et l'équation de CAP. Les résultats sont très semblables à ceux obtenus dans le modèle Tobit, aux détails suivants qui résultent de la proximité des variables entrant et sortant du modèle. PATRIMOINE explique maintenant positivement le CAP et peut-être considéré comme une proxy du statut de propriétaire, qui l'expliquait positivement dans le modèle Tobit et qui a disparu. La variable CONTROLE est maintenant significative, avec un effet négatif.

Tableau 5-25 : Effets marginaux sur le montant du CAP pour l'assurance (n=319)

variable	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% C.I.]		X
PasdeR~e*	-46.14273	13.576	-3.40	0.001	-72.7514	-19.5341	.258232
PATRIM~E	.0001285	.00005	2.60	0.009	.000032	.000225	176266
LOSSALL	-90.74354	31.552	-2.88	0.004	-152.584	-28.9033	.014017
NbreMo~o	17.03242	7.24859	2.35	0.019	2.82545	31.2394	2.5234
ConRis~n*	37.21056	15.131	2.46	0.014	7.55464	66.8665	.403813
PROBSUB	2.317076	.60181	3.85	0.000	1.13756	3.49659	5.83728
PREFPR~T	-11.04166	2.26482	-4.88	0.000	-15.4806	-6.60269	2.97345
LOSSLO~R	54.95706	14.676	3.74	0.000	26.1917	83.7224	1.57366
CONTROLE	-11.33032	6.18387	-1.83	0.067	-23.4505	.789838	2.26389
CONSCI	22.49889	11.106	2.03	0.043	.731003	44.2668	4.14269
RISKVE~M*	-9.839118	5.37483	-1.83	0.067	-20.3736	.69536	.507799
Egalit~e*	4.350416	2.07664	2.09	0.036	.280272	8.42056	.521664
couple*	-3.956284	2.30945	-1.71	0.087	-8.48273	.570161	.568458

(*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1

Les variables PasdeRisque, PREPRESENT, LOSSLOVER, CONSCI, NbreMoyenInfo, ConRisqBon ont des effets marginaux significatifs de même signe que dans le modèle Tobit (voir Tableau 5-19), et nous ne revenons donc pas sur leur commentaire. LOSSALL, la part de son patrimoine que le répondant est prêt à dépenser annuellement pour s'assurer contre une perte totale, a ici aussi un fort effet négatif. Trois effets transitent uniquement par la corrélation entre les deux équations et possèdent un effet significatif : Egalitaire (effet positif), couple et RISKVECUDUM (effet négatif). Concernant RISKVECUDUM, son effet négatif sur le CAP apparaît ici également, cinq fois moins important (toutes choses égales

par ailleurs) que dans le modèle Tobit. Cela tendrait à confirmer que, s'il existe effectivement un effet propre au fait d'avoir vécu une inondation, il s'avère plus important pour expliquer la participation au marché contingent que le niveau de participation.

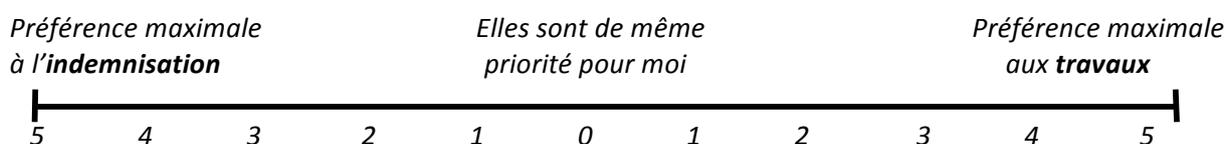
Au final, quel que soit le modèle (Tobit ou modèle de sélection d'Heckman) et le scénario (Assurance ou Travaux), nous obtenons des résultats concordants sur l'impact de certaines variables. Nous nous attendions à ce que les émotions qu'anticipent les répondants face à une inondation aient un impact positif sur le CAP pour diminuer le risque ou la vulnérabilité, alors qu'aucun impact n'est trouvé (même si certains traits de personnalité s'avèrent avoir un effet significatif). De même avec le fait que le répondant déclare « penser que mesures suffisantes sont actuellement mises en place pour lutter contre les risques d'inondation » (variable MesuresOK) et « penser que son assurance paiera en cas d'inondation » (variable AssurPaiera) : aucun effet n'est trouvé, alors qu'un effet négatif était attendu sur le CAP dans les deux scénarios pour la première variable, et dans le scénario Assurance pour la seconde. Enfin, les effets attendus de l'aversion au risque et du fait d'avoir déjà vécu une inondation (accroissement des CAP) ne sont pas trouvés, et ce sont même des effets de sens contraire qui sont observés (diminution des CAP).

45 Modélisation de l'intensité des préférences

Du fait du grand nombre de réponses de protestation, et afin d'avoir tout de même des éléments de réponses quand à l'influence de certaines variables sur les préférences en matière de protection contre les inondations, nous étudions les préférences de répondants entre les deux utilisations de la Caisse de Gestion des Inondations. Il s'agit de la question (et de la variable) suivante :

WTP7. Parmi les 2 utilisations différentes de la Caisse de Gestion des Inondations qui vous ont été présentées (indemnisation des sinistres ou travaux de protection), quelle est celle que vous préférez ?

Sur une échelle de 0 à 5, où 0 correspond à « Les deux sont de même priorité pour moi » et 5 « Je mets la priorité maximum », entourez le chiffre qui correspond le mieux à votre préférence entre ces 2 utilisations :



Nous avons regroupé la variable PrefOrdo avec 3 modalités : PrefOrdo=0 qui correspond à un préférence marquée pour l'indemnisation (lorsque la variable WTP7 vaut 2, 3, 4 ou 5 en faveur de l'indemnisation), PrefOrdo=1 qui correspond à une indifférence entre les deux utilisations (lorsque la variable WTP7 vaut 1 en faveur de l'indemnisation ou des travaux, ou 0), et PrefOrdo=2 qui correspond à un préférence marquée pour les travaux (lorsque la variable WTP7 vaut 2, 3, 4 ou 5 en faveur des travaux).

Nous commençons par étudier les relations entre la commune et l'intensité de préférences pour les deux scénarios.

Le tableau 5-26 indique (en ligne) la distribution des préférences des répondants selon les communes. La première ligne indique la fréquence, la seconde la contribution au test d'indépendance du Chi2 et la troisième ligne le pourcentage par colonne.

En première analyse, nous constatons que 26,9% des répondants préfèrent l'assurance, 36,7% n'ont pas de préférence marquée, et 36,4% préfèrent les travaux. Cette apparente répartition homogène cache des différences entre les communes. Si Berre l'Etang respecte cette relative équirépartition (avec respectivement 34,7%, 31,3% et 34%), les habitants de Miramas expriment une préférence significative pour les travaux, ceux de Draguignan une préférence marquée pour l'indemnisation et l'indifférence (qui totalisent 90,7% des suffrages) et Vaison-la-Romaine un rejet pour l'indemnisation (avec 8% des préférences) au profit des travaux (51,7% des suffrages).

Au final, on ne peut conclure à l'indépendance entre la commune d'enquête et la préférence pour les scénarios. Le point le plus marquant est la différence de préférence entre deux communes pourtant inondées, l'une récemment dont les habitants préfèrent l'indemnisation, l'autre il y a 20 ans et dont les habitants préfèrent les travaux.

Tableau 5-26 : Répartition des préférences entre les scénarios par commune

Préférence entre assurance et travaux (3 classes)	Q1				Total
	Berre l'E	Draguigna	Miramas	Vaison la	
0	51 3.3 34.69	66 15.9 43.71	32 1.9 21.05	12 19.6 8.05	161 40.8 26.88
1	46 1.2 31.29	71 4.4 47.02	43 2.9 28.29	60 0.5 40.27	220 9.0 36.73
2	50 0.2 34.01	14 30.5 9.27	77 8.5 50.66	77 9.6 51.68	218 48.8 36.39
Total	147 4.8 100.00	151 50.8 100.00	152 13.4 100.00	149 29.7 100.00	599 98.6 100.00

$$\text{Pearson } \chi^2(6) = 98.6221 \quad \text{Pr} = 0.000$$

Nous estimons ensuite un modèle ordonné sur la base de la variable PrefOrdo afin de rechercher les déterminants des préférences pour les scénarios. Un modèle logistique ordonné, présenté en section 333, est estimé par maximum de vraisemblance sur l'ensemble de l'échantillon enquêté, et ses résultats sont présentés dans le tableau 5-27.

Tableau 5-27 : Modèle logit ordonné expliquant les préférences entre scénario

Ordered logistic regression	Number of obs =	599
	Wald chi2(8) =	130.44
	Prob > chi2 =	0.0000
Log pseudolikelihood = -577.59277	Pseudo R2 =	0.1144

PrefOrdo	Coef.	Robust Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
DejaVecuIn~d	-.993784	.3762641	-2.64	0.008	-1.731248	-.25632
RISKPERSO	-.1111607	.0433899	-2.56	0.010	-.1962033	-.0261182
HAPPY	.1778753	.0441636	4.03	0.000	.0913163	.2644344
PATRIMOINE	1.18e-06	3.80e-07	3.12	0.002	4.39e-07	1.93e-06
NEURO	-.3454337	.1035777	-3.34	0.001	-.5484423	-.1424251
Draguignan	-1.444987	.1797097	-8.04	0.000	-1.797211	-1.092762
PTSDINOND	.8908361	.27314	3.26	0.001	.3554915	1.426181
Egalitaire	.3537078	.1597101	2.21	0.027	.0406817	.666734
/cut1	-1.241088	.4805294			-2.182908	-.2992672
/cut2	.6530175	.4836539			-.2949267	1.600962

On remarquera la significativité globale du modèle (test de nullité joint rejeté avec une p-value inférieure à 0,00001), confirmé par une valeur du pseudo R² de 0,1144, et des seuils (/cut1 et /cut2) significativement différents. L'analyse des effets marginaux est complexe et se fait modalité par modalité.

Concernant la probabilité de **préférer l'indemnisation** (tableau 5-28), le fait d'avoir vécu au moins deux inondations (DejaVecuInond) l'augmente de 21,3%, de même qu'habiter Draguignan (+29,7%), le fait d'avoir répondu au questionnaire PTSD sur la base d'un événement traumatisant de type inondation le diminue de 12,7% et déclarer préférer un système égalitaire de 6,3%. La valeur du patrimoine diminue la probabilité de préférence pour l'indemnisation, de même qu'une augmentation de 1 point du score de bonheur (HAPPY) la diminue de 3,1%. Une augmentation de un point du score au trait de personnalité NEURO l'augmente de 6,1%, de même qu'une augmentation de un point du score sur la prise de risque dans la vie de tous les jours de 2%.

Tableau 5-28 : Effets marginaux sur la préférence pour l'indemnisation (n=599)

variable	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% C.I.]	X
DejaVe~d*	.2129516	.09156	2.33	0.020	.033496	.392407	.050083	
RISKPE~0	.0196791	.00765	2.57	0.010	.004681	.034677	3.78631	
HAPPY	-.0314898	.00757	-4.16	0.000	-.046331	-.016649	6.76294	
PATRIM~E	-2.10e-07	.00000	-3.04	0.002	-3.4e-07	-7.5e-08	177666	
NEURO	.0611531	.01869	3.27	0.001	.024514	.097792	2.51252	
PTSDIN~D*	-.1267508	.03112	-4.07	0.000	-.187753	-.065748	.083472	
Dragui~n*	.2962217	.03695	8.02	0.000	.223811	.368633	.252087	
Egalit~e*	-.0628058	.02865	-2.19	0.028	-.118961	-.006651	.517529	

(*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1

Concernant la probabilité **d'être indifférent** (tableau 5-29), le fait d'avoir répondu au questionnaire PTSD sur la base d'un événement traumatisant de type inondation la diminue de 8,7% et déclarer préférer un système égalitaire de 1,6%. La valeur du patrimoine diminue la probabilité d'être indifférent entre les deux systèmes, de même qu'une augmentation de 1 point du score de bonheur (HAPPY) la diminue de 0,8%. Une augmentation de un point du

score au trait de personnalité NEURO l'augmente de 1,6%, de même qu'une augmentation de un point du score sur la prise de risque dans la vie de tous les jours de 0,5%.

Tableau 5-29 : Effets marginaux sur l'indifférence entre les deux scénarios (n=599)

variable	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% C.I.]	X
DejaVe~d*	-.0305994	.04071	-0.75	0.452	-.110394	.049195	.050083	
RISKPE~0	.0050893	.00258	1.97	0.048	.000034	.010144	3.78631	
HAPPY	-.0081438	.00345	-2.36	0.018	-.01491	-.001377	6.76294	
PATRIM~E	-5.42e-08	.00000	-2.33	0.020	-1.0e-07	-8.7e-09	177666	
NEURO	.0158152	.00657	2.41	0.016	.002947	.028684	2.51252	
PTSDIN~D*	-.0872828	.03853	-2.27	0.023	-.162804	-.011762	.083472	
Dragui~n*	-.0218115	.01849	-1.18	0.238	-.058052	.014428	.252087	
Egalit~e*	-.0157077	.00824	-1.91	0.057	-.031863	.000448	.517529	

(*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1

Concernant enfin la probabilité de **préférer les travaux** (tableau 5-30), le fait d'avoir vécu au moins deux inondations (DejaVeculnond) la diminue de 18,2%, de même qu'habiter Draguignan (-27,4%), le fait d'avoir répondu au questionnaire PTSD sur la base d'un événement traumatisant de type inondation l'augmente de 21,4% et déclarer préférer un système égalitaire de 7,9%. La valeur du patrimoine augmente la probabilité de préférence pour les travaux, de même qu'une augmentation de 1 point du score de bonheur (HAPPY, 4%). Une augmentation de un point du score au trait de personnalité NEURO la diminue de 7,7%, de même qu'une augmentation de un point du score sur la prise de risque dans la vie de tous les jours de 2,5%.

Tableau 5-30 : Effets marginaux sur la préférence pour les travaux (n=599)

variable	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% C.I.]	X
DejaVe~d*	-.1823521	.05323	-3.43	0.001	-.28669	-.078014	.050083	
RISKPE~0	-.0247684	.00965	-2.57	0.010	-.043687	-.00585	3.78631	
HAPPY	.0396336	.00985	4.02	0.000	.020319	.058949	6.76294	
PATRIM~E	2.64e-07	.00000	3.12	0.002	9.8e-08	4.3e-07	177666	
NEURO	-.0769683	.02291	-3.36	0.001	-.121877	-.032059	2.51252	
PTSDIN~D*	.2140336	.06708	3.19	0.001	.082552	.345515	.083472	
Dragui~n*	-.2744102	.03067	-8.95	0.000	-.334528	-.214292	.252087	
Egalit~e*	.0785135	.03511	2.24	0.025	.0097	.147327	.517529	

45 Conclusion

Nous avons trouvé que les communes inondées présentent une proportion de refus de contribution plus élevée que les communes non inondées, que les CAP moyens sont très légèrement (mais non significativement) supérieurs pour l'assurance que pour les travaux (autour d'une centaine d'euros par an et par ménage). Concernant les déterminants des CAP, l'influence apparemment négative du fait d'avoir déjà vécu une inondation sur le niveau des CAP influence plus la probabilité de participation au marché contingent que le niveau de participation à la CGI. Ceci est valable pour les deux scénarios.

On trouve un impact des déterminants relatifs aux émotions au sens large mais pas du niveau des émotions anticipées en cas d'inondation. Les variables traduisant l'exposition aux risques (probabilité subjective d'être inondé et le fait de ne pas se penser à risque) et celles

traduisant le niveau d'information et de connaissance concernant le risque, ont également l'effet attendu sur le niveau des CAP.

5 Résultats sur les quatre scénarios normalisés

Afin d'améliorer la comparabilité des situations entre les répondants et d'étudier les CAP pour un risque naturel non territorialisé, nous avons établi une seconde série de situations effectives, dans un cadre normalisé.

Le scénario permet de contrôler la probabilité de survenue, le montant des dégâts, la situation familiale, le revenu, le type d'habitat, etc. Ne restent comme facteurs susceptibles d'expliquer les différences que les émotions anticipées ou vécues pour les répondants inondés, les traits de personnalité, les croyances ou pratiques autour de l'inondation.

Les quatre scénarios proposés (voir Annexe 4) visaient à comparer, pour se prémunir d'un risque naturel inondation, les CAP pour des travaux (WtpInondTravaux) et pour l'assurance (WtpInondAssur), et, pour se prémunir d'un risque de tempête, les CAP pour des travaux (WtpTempTravaux) et pour l'assurance (WtpTempAssur).

5.1 Tests d'égalité de moyenne

Nous allons conduire quatre tests d'égalité de moyenne appariés, qui comparent les CAP déclarés par les répondants par paire. Travaillant sur des scénarios normalisés et au niveau individuel, nous pouvons rechercher plus facilement, en éliminant les idiosyncrasies, si certains éléments favorisent un scénario ou un type de risque.

Tableau 5-31 : Test apparié d'égalité de moyenne des CAP Assurance vs. Travaux (risque inondation)

Paired t test

Variable	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
WtpIno~r	588	279.3265	26.19854	635.2808	227.8722	330.7808
WtpIno~x	588	278.1105	30.40908	737.3811	218.3867	337.8344
diff	588	1.215986	18.68879	453.1791	-35.48906	37.92103

mean(diff) = mean(WtpInondAssur - WtpInondTravaux) t = 0.0651
Ho: mean(diff) = 0 degrees of freedom = 587

Ha: mean(diff) < 0 Ha: mean(diff) != 0 Ha: mean(diff) > 0
Pr(T < t) = 0.5259 Pr(|T| > |t|) = 0.9481 Pr(T > t) = 0.4741

Le test d'égalité (tableau 5-31) conclut à l'absence de différence significative : au niveau individuel, il n'y a aucune différence entre les scénarios pour le risque inondation (p-value=0.9481).

significativement supérieur pour se protéger d'un risque de tempête comparé à un risque d'inondation au niveau individuel (p -value=0.0002). Toutes choses égales par ailleurs, lorsqu'il s'agit de travaux, les répondants expriment un CAP supérieur pour se protéger d'une tempête centennale que pour se protéger d'une inondation centennale.

Au final, c'est le CAP moyen du scénario Travaux pour réduire la vulnérabilité au risque de tempête centennale qui est le plus élevé, les trois autres CAP n'étant pas significativement différents les uns des autres.

52 Déterminants des préférences

Nous recherchons dans cette section, les déterminants des répondants qui expliquent leurs préférences pour l'un ou l'autre scénario. Pour cela, nous créons des variables ordonnées à trois modalités pour chacune des 4 paires de comparaisons effectuées, de type $ZXSupY$, où Z représente la variable constante dans la comparaison (un des deux scénarios ou un type de risque), X la première variable testée et Y la seconde. Ainsi, la dénomination *InAssurSupTravaux* permettra de tester si, pour le risque inondation, le CAP pour l'assurance est supérieur au CAP pour les travaux. Pour chacune des quatre variables de type $ZXSupY$ créées, la valeur 0 indique une préférence pour la variable Y , la valeur 1 l'indifférence et la valeur 2 la préférence pour la variable X . Dans le cadre des scénarios normalisés, nous pouvons comparer les préférences des individus sur l'ensemble de l'échantillon.

Tableau 5-35 : Modèle logit ordonné expliquant les préférences entre Assurance vs. Travaux (risque inondation)

Ordered logistic regression	Number of obs	=	599
	Wald chi2(4)	=	26.55
	Prob > chi2	=	0.0000
Log pseudolikelihood = -511.62947	Pseudo R2	=	0.0261

InAssurSup~v	Coef.	Robust Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
DejaVecuIn~d	1.433226	.3633461	3.94	0.000	.7210806	2.145371
NbreMoyenI~o	-.146833	.0672799	-2.18	0.029	-.2786992	-.0149668
PPRI	.3856012	.1896538	2.03	0.042	.0138866	.7573158
Egalitaire	.3168952	.1725276	1.84	0.066	-.0212526	.655043
/cut1	-2.043095	.2331049			-2.499972	-1.586218
/cut2	1.24364	.2197132			.8130099	1.67427

Le modèle présenté dans le Tableau 5-35 possède un pouvoir explicatif correct. Le fait d'avoir déjà vécu deux inondations, le fait de connaître la signification de l'acronyme PPRI (Plan de Protection des Risques Inondation) et de déclarer préférer un système égalitaire pour lutter contre les risques inondations jouent positivement sur la probabilité de préférer le scénario Travaux par rapport au scénario Assurance, pour se protéger des risques d'inondation. A l'inverse, plus le nombre de moyens pour se tenir informé du risque inondation est élevé, plus le répondant a tendance à préférer l'assurance.

Tableau 5-36 : Modèle logit ordonné expliquant les préférences entre Assurance vs. Travaux (risque tempête)

Ordered logistic regression	Number of obs =	599
	Wald chi2(6) =	50.07
	Prob > chi2 =	0.0000
Log pseudolikelihood = -497.58445	Pseudo R2 =	0.0496

TeAssurSup~v	Coef.	Robust Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
PROBSUB	.0163649	.0072367	2.26	0.024	.0021812	.0305485
DRUGALL	-.9977402	.4134599	-2.41	0.016	-1.808107	-.1873737
DejaVecuIn~d	1.110619	.3526627	3.15	0.002	.4194132	1.801826
SeRenseigne	-.6207374	.2586258	-2.40	0.016	-1.127635	-.1138401
NbreMoyenI~o	-.2317626	.0628455	-3.69	0.000	-.3549375	-.1085876
PCS	-.5004887	.2265297	-2.21	0.027	-.9444789	-.0564986
/cut1	-2.49424	.2189943			-2.923461	-2.065019
/cut2	.9281125	.1866779			.5622306	1.293995

Le modèle du tableau 5-36 possède un pouvoir explicatif très correct. Le fait d'avoir déjà vécu deux inondations et d'estimer avoir une probabilité subjective élevée d'être inondé, jouent positivement sur la probabilité de préférer le scénario Travaux par rapport au scénario Assurance, pour se protéger des risques de tempête. A l'inverse, le fait de connaître la signification de l'acronyme PCS (Plan Communal de Sauvegarde), de se renseigner en cas de pluie importante, de connaître un nombre de moyens pour se tenir informé du risque inondation et de consommer des drogues (autres que le haschisch), tendent à diminuer la probabilité que le répondant préfère l'assurance aux travaux.

Tableau 5-37 : Modèle logit ordonné expliquant les préférences entre Tempête vs. Inondation (scénario Assurance)

Ordered logistic regression	Number of obs =	599
	Wald chi2(3) =	13.87
	Prob > chi2 =	0.0031
Log pseudolikelihood = -468.65285	Pseudo R2 =	0.0171

AssurTempS~d	Coef.	Robust Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
ALCOOLRISK	.6702437	.3463242	1.94	0.053	-.0085392	1.349027
Draguignan	-.3991975	.1964981	-2.03	0.042	-.7843267	-.0140682
RiskAvert~rt	-.5454738	.1901862	-2.87	0.004	-.9182318	-.1727157
/cut1	-1.972952	.1987645			-2.362523	-1.58338
/cut2	1.713966	.1851523			1.351074	2.076858

Le modèle du tableau 5-37 possède un pouvoir explicatif moins bon que les précédents. Le fait d'avoir une consommation d'alcool exposant le répondant à un risque sanitaire joue positivement sur la probabilité de préférer le risque tempête à inondation pour le scénario Assurance. A l'inverse, le fait d'habiter à Draguignan et d'avoir un score aux loteries traduisant l'aversion aux pertes tendent à diminuer la probabilité que le répondant préfère une protection contre la tempête plutôt qu'une inondation.

Tableau 5-38 : Modèle logit ordonné expliquant les préférences entre Tempête vs. Inondation (scénario Travaux)

Ordered logistic regression	Number of obs	=	599
	Wald chi2(6)	=	29.00
	Prob > chi2	=	0.0001
Log pseudolikelihood = -471.10381	Pseudo R2	=	0.0382

TravTempSu~d	Coef.	Robust Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
Draguignan	-1.201661	.3466009	-3.47	0.001	-1.880986	-.5223353
Miramas	-.6942911	.3361705	-2.07	0.039	-1.353173	-.035409
Vaison	-.8318531	.308965	-2.69	0.007	-1.437413	-.2262929
PCS	.5257158	.266729	1.97	0.049	.0029366	1.048495
Egalitaire	-.3345046	.1817912	-1.84	0.066	-.6908089	.0217997
proprio	.4926427	.1904208	2.59	0.010	.1194248	.8658607
/cut1	-2.538628	.3820941			-3.287518	-1.789737
/cut2	1.134032	.317695			.5113614	1.756703

Enfin, le modèle du tableau 5-38 possède un pouvoir explicatif correct. Le fait de connaître le sigle PCS (Plan Communal de Sauvegarde) et d'être propriétaire de son habitation ont tendance à augmenter la probabilité de préférer se protéger d'une tempête plutôt que des inondations quand le scénario Travaux est proposé, respectivement de 69% et 64%. A l'inverse, habiter Draguignan, Vaison-la-Romaine, Miramas et déclarer préférer un système égalitaire pour lutter contre les inondations, ont tendance à diminuer la probabilité de préférer Tempête à Inondation pour le scénario Travaux, respectivement de 70%, 56% et 50%.

6 Conclusion

L'analyse des CAP pour réduire le risque ou la vulnérabilité face au risque inondation a conduit aux résultats suivants.

Concernant les motifs de refus de contribution à la CGI, donc de protestation envers les scénarios proposés, on observe que les communes inondées présentent une proportion de refus de contribution plus élevée que les communes non inondées. Il semblerait que le fait d'avoir vécu une inondation ait un impact sur la perception des conséquences, sur leur perception de la responsabilité en matière de lutte contre les inondations et sur leur confiance en le système devant assurer la réduction du risque.

Il semblerait également que le délai écoulé depuis l'inondation puisse entraîner des différences dans la volonté de se prémunir d'un futur risque (ou de ses conséquences). Les habitants de Draguignan (inondés deux ans avant l'enquête) évoquent plus souvent un manque d'information et moins souvent une forme de fatalisme (« Je préfère courir le risque » et « A mon âge ça ne vaut pas la peine ») que ceux de Vaison-la-Romaine, inondés 20 ans avant.

De façon générale, on trouve des CAP moyens très légèrement (mais non significativement) supérieurs pour l'assurance que pour les travaux, que ce soit sur les valeurs observées ou les valeurs prédites pour les différents modèles. La seule exception concerne la comparaison individuelle chez les sujets ayant donné un CAP aux deux scénarios, pour lesquels la différence (15%) est significative. Cela est conforme aux résultats de Deronzier et Terra

(2006), la seule étude ayant élicité les deux scénarios auprès de la même population. Nous trouvons toutefois des résultats environ deux fois supérieurs aux leurs (une centaine d'euros 2012 contre une quarantaine d'euros 2005 par ménage et par an).

Concernant les déterminants des CAP, on remarquera que le fait d'avoir déjà vécu une inondation a une influence négative sur le CAP dans les modèles Tobit, ce qui semble contre intuitif. Toutefois, une modélisation plus poussée avec un modèle de sélection met en évidence le fait que si l'effet existe, son influence agit plutôt sur la probabilité de participation que sur le niveau de participation à la CGI.

Cela peut traduire plusieurs phénomènes. Il peut s'agir d'une forme d'auto sélection : les personnes ayant choisi de rester dans la commune inondée et de répondre à l'enquête peuvent être celles dont la sensibilité au risque d'inondation est la plus faible. Cela peut également traduire un manque de confiance en les organismes gouvernementaux. Enfin, cela pourrait représenter une tendance à relativiser l'impact des conséquences d'une inondation sur son utilité de la part des habitants de Vaison-la-Romaine, pour lesquels l'inondation est suffisamment ancienne pour qu'ils puissent penser qu'ayant déjà survécu (et surmonté) une inondation, il en sera certainement de même dans le cas d'une seconde (Johnston et al. 1999, ont observé ce type de comportement chez des individus ayant subi un tremblement de terre).

De plus, il n'est pas impossible que le fait d'avoir vécu une inondation et d'avoir bénéficié de fonds publics pour compenser les dommages, conduise les individus à diminuer leur propension à s'en protéger, considérant que l'impact final sur leur bien être sera moindre que ne l'anticipent les personnes n'ayant pas été inondées (cet argument est proposé par Kunreuther et Pauly, 2006, par exemple).

Ensuite, les déterminants relatifs aux émotions au sens large (sentiment de contrôle, score aux traits de personnalité conscientiousness et neuroticism, le fait d'avoir un état de stress post-traumatique avéré) ont un impact significatif, alors que le niveau des émotions anticipées n'en a pas.

Les autres variables traduisant l'exposition aux risques (la probabilité subjective d'être inondé dans l'année à venir et le fait de ne pas se sentir à risque) ont également l'effet attendu sur le niveau des CAP : positif pour le premier et négatif pour le second.

On retrouve également l'effet de l'information au sujet du risque : déclarer avoir une bonne connaissance du risque inondation, connaître la signification de l'acronyme PCS ou connaître plusieurs moyens de s'informer ont un impact positif et significatif sur le CAP.

Quand on s'intéresse aux déterminants de l'intensité des préférences pour l'un ou l'autre des scénarios, on trouve de fortes disparités entre communes : si les habitants de Berre l'Etang n'ont pas de préférence marquée (équirépartition entre la préférence pour chacun des deux scénarios et l'indifférence), ceux de Miramas et Vaison-la-Romaine expriment une préférence significative pour les travaux (à 50,66% et 51,68%) et ceux de Draguignan un rejet des travaux (9,27%). Cela indique donc une différence dans les préférences en fonction du délai écoulé depuis l'inondation. Ce point méritera d'être approfondi dans de futures recherches, afin de déterminer s'il s'agit d'un comportement de résilience de la part des habitants de Vaison-la-Romaine, ou d'une préférence pour réduire la probabilité d'inondation (donc les aspects autres que monétaires, dont les effets intangibles et les

émotions ressenties lors de l'inondation) plus que les seules conséquences monétaires (via l'assurance).

Finalement, lorsque l'on s'attache aux résultats des quatre scénarios normalisés, on note que seul le CAP pour scénario Travaux pour réduire la vulnérabilité au risque de tempête est significativement plus élevé que les trois autres CAP, qui ne sont pas significativement différents les uns des autres.

7 Bibliographie

- Akter S., Brouwer R., Chowdhury S., Aziz, S. (2007), Testing Reliability and Construct Validity of Inkind WTP Responses in Contingent Valuation, *Poverty Reduction and Environmental Management WP 07/07*, December, 18 p.
- Arrow, K., Solow, R., Leamer, E., Portney, P., Randner, R., Schuman, H. (1993), Report of the NOAA panel on Contingent Valuation. *Federal Register* 58, p. 4602-4614.
- Bishop R., Woodward, R.T. (1995), Valuation of environmental amenities under certainty. In: Bromley DW (ed.) *Handbook of environmental economics*. Blackwell, Oxford, p. 543–567
- Bishop, R., Heberlein T., (1979), Measuring Values of Extramarket Goods: Are Direct Measures Biased?, *American Journal of Agricultural Economics*, 61, p. 926-930
- Botzen W.J.W., Aerts J.C.J.H, van den Bergh J.C.J.M. (2012). Individual preferences for reducing flood risk to near zero through elevation, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, p. 1-16
- Botzen W.J.W., van den Bergh J.C.J.M. (2012), Monetary valuation of insurance against flood risk under climate change, *International Economic Review*, 53(3), p. 1005-1025.
- Brouwer R., Martin-Ortega, J. (2010), Dealing with protest votes in non-market valuation of natural resource damages, *paper presented at WCERE*, Montréal, 29 p.
- Carson, R.T., W.M. Hanemann, R.C. Mitchell. (1986), Determining the Demand for Public Goods by Simulating Referendums at Different Tax Prices, manuscript, Department of Economics, University of California, San Diego
- Centre européen de prévention du risque d'inondation (2008), Evaluation de la pertinence des mesures de gestion du risque d'inondation, *Manuel des pratiques existantes*, Cepri, Juin 2008, 194 p.
- Cummings, R.G., Taylor, L.O. (1999), Unbiased value estimates for environmental goods: Cheap talk design for the contingent valuation method. *American Economic Review* 89, p. 649-65.
- Daun, M. C., Clark, D. (2000), Flood Risk and Contingent Valuation Willingness to Pay Studies: A Methodological Review and Applied Analysis, Institute for Urban Environmental Risk Management, Marquette University, Milwaukee, WI, Technical Report #6, August, 85 p.
- Davis, R. (1963), *The Value of Outdoor Recreation: An Economic Study of the Maine Woods*, Harvard University Press
- Defra/Environment Agency Flood and Coastal Defence R&D Programme (2005), The Appraisal of Human-Related Intangible Impacts of Flooding, R&D Technical Report FD2005/TR, 352 p.

- Deronzier P., Terra S. (2006). Bénéfices économiques de la protection contre le risque d'inondation, Document de travail D4E : *Série Etudes ; 06-E05*.
- Glenk, K., Fischer, A., (2010), Insurance, prevention or just wait and see? Public preferences for water management strategies in the context of climate change, *Ecological Economics*, 69, p. 2279-2291
- Greene W. (2008), *Econometric Analysis*, Mac Millan (6th edition)
- Grelot F. (2004), Gestion collective des inondations : peut-on tenir compte de l'avis de la population dans la phase d'évaluation économique a priori ?, *Thèse Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers*, Décembre, 383 p.
- Hausman J. (1993), *Contingent Valuation: A Critical Appraisal*, (ed.) North Holland.
- Hausman J., P. Diamond (1994), Contingent Valuation: Is Some Number Better than No Number?, *Journal of Economic Perspectives*, 8(4), p. 45-64.
- Heckman J.J. (1976), The common structure of statistical models of truncation, sample selection and limited dependent variables and a simple estimator for such models, *Annals of Economic and Social Measurement*, 5(4), p. 475-492
- Heckman J.J. (1979), Sample Selection Bias as a Specification Error, *Econometrica* , 47(1), p. 153-161
- Hung, H.-C. (2009), The attitude towards flood insurance purchase when respondents' preferences are uncertain: a fuzzy approach, *Journal of Risk Research*, 12(2), p.239–258
- Johnson, R., Swallow, S., Weaver T. (1999), Estimating Willingness to Pay and Resource Tradeoffs with Different Payment Mechanisms: An Evaluation of a Funding Guarantee for Watershed Management, *Journal of Environmental Economics and Management*, 38(1), p. 97-120.
- Johnston, D., Bebbington, M.S., Lai, C.D., Houghton, B.F., Paton, D. (1999), Volcanic hazard perceptions: Comparative shifts in knowledge and risk, *Disaster Prevention and Management*, 8(2), p. 118–126
- Kunreuther H.C., Pauly M. (2006), Rules rather than Discretion: Lessons from Hurricane Katrina, *Journal of Risk and Uncertainty*, 33(1-2), p. 103-116.
- Landry, C., Hindsley, P., Bin, O., Kruse, J.B., Whitehead, J.C., Wilson, K. (2011), Weathering the Storm: Measuring Household Willingness-to-Pay for Risk-Reduction in Post-Katrina New Orleans, *Southern Economic Journal*, 77(4), p. 991-1013
- Mitchell, R.C., Carson, R.T. (1981), An experiment in measuring willingness to pay for intrinsic water pollution in control benefits, *Report to the US Environmental Protection Agency*, in Kneese, A.V. (1984), *Measuring the benefits of clean air and water. Resources for the Future*, Washington DC.
- Mitchell, R.C., Carson, R.T. (1986), Valuing drinking water risk reductions using the contingent valuation method: a methodological study of risks from THM and Giardia, *Resources for the Future*, Washington, DC
- Mitchell, R.C., Carson, R.T. (1989), *Using Surveys to Value Public Goods: the Contingent Valuation Method*, Resources for the Future, Washington, D.C
- Novotny, V., Clark, D.E., Griffin, R.J., Bartosova, A., Booth, D., Anderson, R., (2001), Risk

based urban watershed management-integration of water quality and flood control objectives, Final report, December, 189 p.
www.coe.neu.edu/environment/UrbanWatershed

- Shabman, L., Stephenson, K., Thunberg, E., Dietz, B., Driscoll, P., O'Grady, K., (1998) Comparing benefit estimations techniques: Residential flood hazard reduction benefits in Roanoke, Virginia, *IWR REPORT 98-R-2*, Institute for Water Resources, 115 p.
- Thunberg, E.M., (1988), Willingness to Pay for Property and Non-property Flood Hazard Reduction Benefits: An Experiment Using the Contingent Value Survey Method. *Ph.D dissertation*, Department of Agricultural Economics, Virginia Tech VPI&SU.
- Tobin, J. (1958), Estimation of relationships for limited dependent variables, *Econometrica*, 26 (1), p. 24–36.
- Werritty A., Houston D., Ball T., Tavendale A., Black A. (2007), Exploring the social impacts of flood risk and flooding in Scotland, *Scottish Executive Social Research*, Report, 137 p.
- Zaalberg R., Midden C., Meijnders A., McCalley T. (2009), Prevention, adaptation and threat denial: Flooding experiences in the Netherlands, *Risk Analysis* 29 (12), p. 1759-1778
- Zhai G., Sato T., Fukuzono T., Ikeda S., Yoshida K. (2006), Willingness to pay for flood risk reduction and its determinants in Japan, *Journal of the American water resources association*, 42(4), p.927-940.

PARTIE 6

Données expérimentales : analyse du rôle des émotions dans le processus de décision

0 Introduction

En utilisant des incitations monétaires réelles, les expériences en laboratoire permettent d'observer les individus dans une situation émotionnelle effective au moment de leur prise de décision. Par ailleurs, comme les règles de paiement sont explicites et transparentes, nous ne rencontrons pas les problèmes de crédibilité qui conduisent aux réponses de protestation (faux zéros), fréquents dans les enquêtes d'évaluation contingente (voir partie 5), puisque les choix ont des implications réelles du fait des incitations monétaires. Nous concentrons notre attention sur une émotion particulière, l'anxiété. Dans le protocole expérimental Risque Catastrophique, l'objectif est d'étudier cette émotion particulière, qui pour des choix en situation d'incertitude, est une émotion pertinente. L'anxiété est induite par une variation du niveau de l'enjeu, de la difficulté de l'objectif à atteindre et du contexte gain ou perte. Plus particulièrement, nous examinerons les quatre effets potentiels indiqués sur la figure 6-1, représentés par les flèches de 1 à 4.

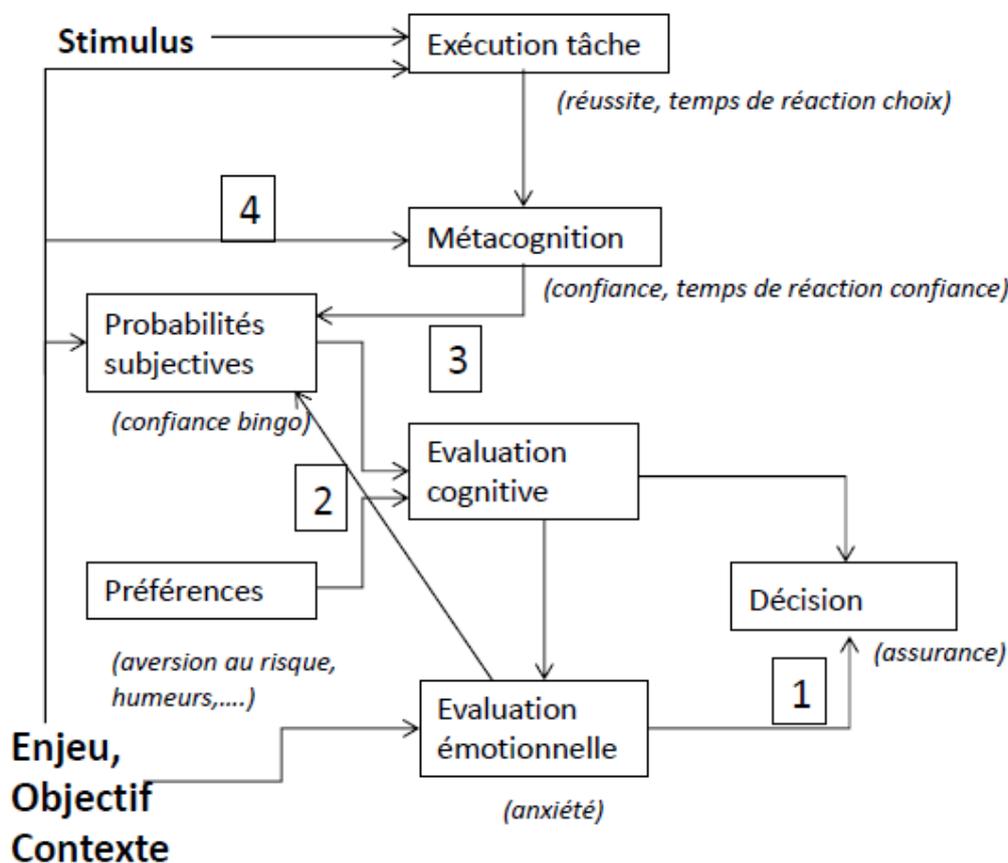


Figure 6-1 : Focus sur le rôle des émotions ressenties dans le processus de décision.

Nous présentons d'abord les résultats du protocole Assurance qui nous sert de validation du protocole Risque Catastrophique (chapitre 1). Nous examinons ensuite si le mode de manipulation de l'anxiété a bien eu les effets attendus (chapitre 2). Nous étudions finalement si les 4 effets envisagés sont présents (chapitre 3) et nous concluons sur l'importance d'intégrer les émotions ressenties dans les modèles de décision.

1 Protocole Assurance

Le protocole Assurance sert à vérifier si le design expérimental permet d'étudier finement le processus de décision d'assurance. Pour analyser les données, nous partons de nouveau du modèle rationnel présenté dans la partie 2. Dans ce protocole, le seul facteur externe variable (hors les stimuli de la tâche de perception) est le niveau d'objectif à atteindre pour réussir le bingo.

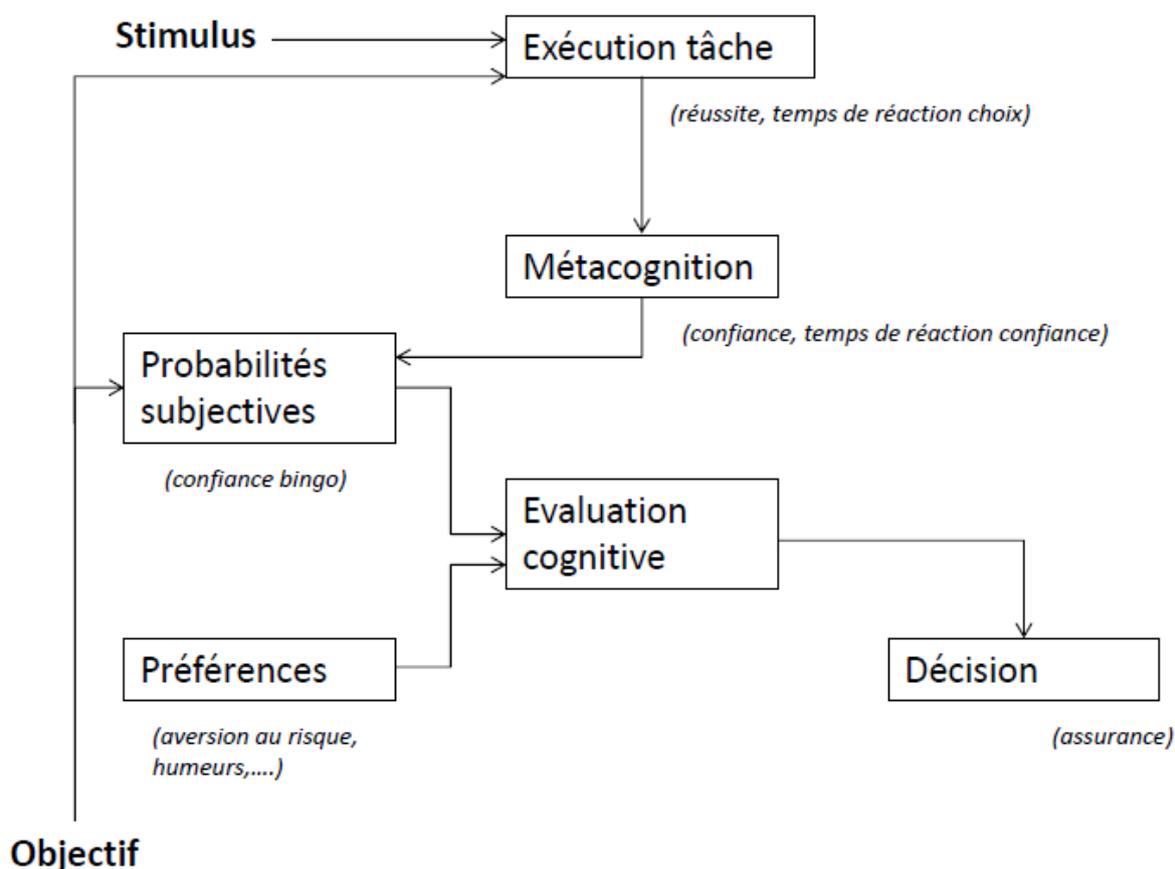


Figure 6-2 : Modèle rationnel standard de décision

On attend d'un agent rationnel agissant conformément au modèle standard de décision de la figure 6-2, le comportement suivant :

- que ses choix d'assurance dépendent étroitement des probabilités subjectives,
- que ses probabilités subjectives soient sensibles aux objectifs à atteindre et à la confiance qu'il a dans sa réussite.

Par ailleurs, on devrait observer que les agents les plus averses au risque s'assurent plus.

11 Statistiques descriptives

Nous avons éliminé 6 sujets parmi les 48 sujets du fait de réponses incorrectes ou de données incomplètes. Le tableau 6-1 présente tout d'abord quelques statistiques descriptives sur les données recueillies.

Tableau 6-1 : Statistiques descriptives (n=42)

	Moyenne ensemble	Min et Max des valeurs moyennes individuelles
Réussite tâche perceptive	67,67%	51% - 83%
Confiance tâche perceptive	73,97%	58% - 91,6%
Taux réussite réel Bingo	87,2%	67,17% - 97,95%
Taux réussite réel Bingo 2 sur 5	95,1%	82,48% - 99,63%
Taux réussite réel Bingo 3 sur 5	79,3%	51,87% - 96,25 %
Confiance réussite Bingo	70,65%	51,25% - 92,75%
Confiance réussite Bingo 2 sur 5	74,79%	56,5% - 98,75%
Confiance réussite Bingo 3 sur 5	66,51%	36,5% - 94%
% prime d'assurance Bingo	26,15%	1,38% - 63,75%
% prime d'assurance Bingo 2 sur 5	24,01%	0,05% - 63,25%
% prime d'assurance Bingo 3 sur 5	28,3%	0,02% - 64,25%

On observe que les sujets sont plutôt en moyenne sur-confiants sur leur réussite à la tâche perceptive (73,97% de confiance vs 67,67% de réussite) mais sous-confiants sur leur chance de réussir les Bingo (70,65% de confiance vs 87,2% de réussite). La confiance dans le fait de réussir le Bingo varie bien en fonction de la difficulté de l'objectif à atteindre. La prime d'assurance varie elle aussi, mais plus faiblement (tout en restant significativement différente) : en moyenne, les sujets sont prêts à payer une prime d'assurance représentant 26,15% du gain (pour un taux d'échec réel de 12,8%), 24,01% pour un Bingo de 2 sur 5 (pour un taux d'échec réel de 4,9%), 28,3% pour un Bingo de 3 sur 5 (pour un taux d'échec réel de 20,7%).

Notons que nous n'observons aucun sujet qui refuse systématiquement de payer une prime d'assurance et, parmi l'ensemble des choix d'assurance observés, nous observons seulement 7% de primes d'assurance nulles.

12 Rationalité des comportements

Dans l'ensemble, les sujets ont, dans cette expérience, des comportements d'assurance qui suivent assez peu le modèle rationnel attendu. Dans le tableau 6-2, sont donnés les résultats d'une régression linéaire $insurance = f(bingo_conf, pos_RA, neg_RA, loss_aver)$ où *insurance* est la prime d'assurance exprimée en % de l'enjeu, *bingo_conf* est la confiance du sujet dans le fait de réussir le Bingo, *pos_RA* est une mesure de l'aversion au risque dans le domaine des gains, *neg_RA* est une mesure de l'aversion au risque dans le domaine des pertes, *loss_aver* est une mesure de l'aversion aux pertes. Ces trois dernières variables sont construites à partir des choix de loterie du questionnaire¹.

La prime d'assurance baisse significativement avec la confiance dans le fait de réussir le Bingo (pour 10% de plus de confiance, la prime baisse de 3,3% en moyenne), mais par contre nous n'observons aucune relation statistiquement significative entre les niveaux d'assurance et les différentes mesures d'attitude par rapport au risque.

Tableau 6-2 : Régression expliquant la prime d'assurance (n=42)

Linear regression					Number of obs = 1660	
					F(4, 41) = 3.50	
					Prob > F = 0.0151	
					R-squared = 0.1026	
					Root MSE = .16903	
(Std. Err. adjusted for 42 clusters in sujet)						
insurance	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
bingo_conf	-.3308541	.1280823	-2.58	0.013	-.5895216	-.0721867
pos_RA	-.0721134	.077071	-0.94	0.355	-.2277615	.0835346
neg_RA	.0677944	.0610968	1.11	0.274	-.0555931	.191182
loss_aver	.0078391	.015989	0.49	0.627	-.0244513	.0401296
_cons	.4934437	.0943835	5.23	0.000	.3028323	.684055

Pour caractériser plus précisément les sujets, nous avons défini deux catégories:

- un sujet est conforme au modèle rationnel (*bingoconf_rational* = 1) si ses choix d'assurance varient statistiquement significativement en fonction de sa confiance dans le fait de réussir le Bingo,
- un sujet est sensible à l'information (*insu_goal_sensitivity*) pour établir ses choix d'assurance si ceux-ci varient statistiquement significativement en fonction du niveau de difficulté du Bingo.

Les résultats de cette catégorisation sont donnés dans le tableau 6-3.

Tableau 6-3 : Classification des sujets selon deux critères (n=42)

	bingoconf_rational = 0	bingoconf_rational = 1	Total
insu_goal_sensitivity = 0	21 (50%)	3 (7%)	24 (57%)
insu_goal_sensitivity = 1	5 (12%)	13 (31%)	18 (43%)
Total	26 (62%)	16 (38%)	42

¹ Les 2 variables *pos_RA* et *neg_RA* correspondent à la moyenne des primes relatives de risque pour les trois loteries dans les gains et dans les pertes. *loss_aver* correspond à l'équivalent certain pour une loterie mixte qui donne 50% de chance de gagner 10 € et 50% de chance de perdre 10 €.

La régression précédente restreinte aux 16 sujets conformes au modèle rationnel donne des résultats plus proches de ceux attendus, en particulier pour la mesure de l'aversion au risque dans le domaine des gains (pos_RA), comme le montre le tableau 6-4.

Tableau 6-4 : Régression expliquant la prime d'assurance (sous-échantillon, n=16)

Linear regression		Number of obs = 640				
		F(4, 15) = 13.01				
		Prob > F = 0.0001				
		R-squared = 0.5726				
		Root MSE = .09656				
(Std. Err. adjusted for 16 clusters in sujet)						
insurance	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interva]	
bingo_conf	-.6196247	.1450848	-4.27	0.001	-.9288657	-.3103837
pos_RA	.1845745	.0501884	3.68	0.002	.0776005	.2915486
neg_RA	-.0928802	.0531768	-1.75	0.101	-.2062238	.0204634
loss_aver	-.0164147	.0097294	-1.69	0.112	-.0371525	.004323
_cons	.7072192	.1218468	5.80	0.000	.4475088	.9669296

13 Lien entre métacognition et probabilités subjectives

Le protocole expérimental permet aussi d'étudier la qualité de la formation des probabilités subjectives. On s'attend à ce que les sujets modulent leur confiance dans le fait de réussir le Bingo selon la difficulté de l'objectif. C'est bien le cas pour 27 sujets (64%) sur 42 pour lesquels les confiances varient statistiquement significativement en fonction de l'objectif. Comparés aux sujets précédemment catégorisés comme se conformant (ou non) au modèle rationnel (bingoconf_rational), nous observons dans le tableau 6-5 que la plupart des sujets identifiés précédemment comme rationnels tiennent compte de l'information sur la difficulté de l'objectif pour former leurs probabilités subjectives (bingoconf_goal_sensitivity = 1).

Tableau 6-5 : Classification des sujets selon deux critères (n=42)

	bingoconf_rational = 0	bingoconf_rational = 1	Total
bingoconf_goal_sensitivity = 0	13 (31%)	2 (5%)	15 (36%)
bingoconf_goal_sensitivity = 1	13 (31%)	14 (33%)	27 (64%)
Total	26 (62%)	16 (38%)	42

On s'attend à un lien précis entre les confiances que les sujets expriment dans leur réussite à la tâche et dans leur réussite au Bingo. Notamment, un modèle simple consiste à dire que les sujets devraient exprimer une confiance dans leur réussite au Bingo déduite d'une loi binomiale $B(5,p)$ avec une probabilité p égale à la confiance moyenne dans la tâche :

- pour un objectif de 2 sur 5, la confiance pour réussir le Bingo devrait être égale à $P(X=2)+P(X=3)+P(X=4)+P(X=5)$,
- pour un objectif de 3 sur 5, la confiance pour réussir le Bingo devrait être égale à $P(X=3)+P(X=4)+P(X=5)$,

où X suit la loi Binomiale $B(5,p)$.

Sur la figure 6-3, sont représentées les valeurs moyennes observées par sujet ($mean_Bconf$ = confiance moyenne pour les Bingo, $subj_succes$ = confiance moyenne pour les Bingo déduite par le modèle binomial). La corrélation entre les 2 variables est de 0,64, et est statistiquement significative.

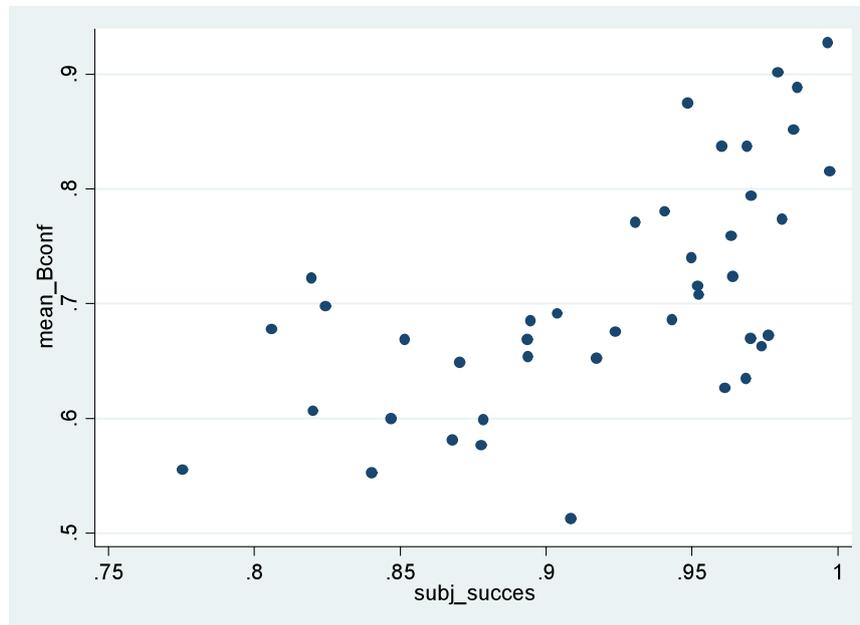


Figure 6-3 : Lien entre $subj_succes$ et $mean_Bconf$ (n=42)

De même, on peut examiner la correspondance entre les confiances exprimées dans le Bingo et les prédictions d'un modèle binomial fondé cette fois sur le taux de succès à la tâche. Sur la figure 6-4, sont représentées les valeurs moyennes observées par sujet ($real_succes$ = confiance moyenne pour les Bingo déduite par le modèle binomiale avec une probabilité égale à la réussite moyenne dans la tâche).

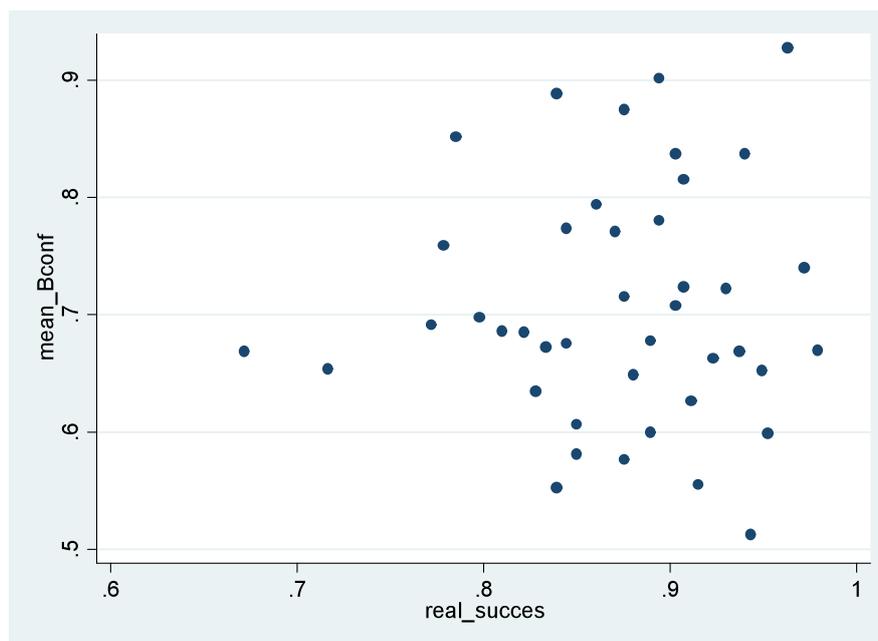


Figure 6-4 : Lien entre $real_succes$ et $mean_Bconf$ (n=42)

La corrélation entre les deux variables, qui s'élève à 0,03, n'est pas significative.

14 Résumé des résultats

Cette expérience visait à vérifier si le protocole permettait d'obtenir des données comportementales nécessaires à une étude fine du processus de décision d'assurance. Il en ressort que nous pouvons, avec ces données, identifier les sujets qui se conforment à un processus rationnel tant en ce qui concerne la décision d'assurance elle-même qu'en ce qui concerne le processus de formation des croyances. Néanmoins, nous observons peu de sujets dont le comportement est conforme à ce processus rationnel. Heureusement, dans l'expérience principale (Risque Catastrophique), les résultats seront plus satisfaisants de ce point de vue, puisqu'il est probable que les sujets auront été plus attentifs car plus motivés au cours de l'expérience.

2 L'anxiété dans le protocole Risque Catastrophique

Dans ce protocole, qui constitue l'expérience principale pour étudier l'effet des émotions sur le processus de décision, deux manipulations visent à créer un effet émotionnel : le niveau de l'enjeu et le contexte gain/perte. La variation de la difficulté de l'objectif devrait également jouer sur le niveau d'anxiété. Nous examinons tout d'abord les effets de ces manipulations sur l'anxiété déclarée des sujets avant de vérifier les liens entre la sensibilité des sujets à ces manipulations et les traits de personnalité.

Les résultats concernent 98 sujets sur les 103 sujets inclus dans l'expérience, 5 sujets ayant été éliminés du fait de réponses de mauvaise qualité (principalement pour une raison d'absence de variation dans la confiance dans la tâche).

2.1 Effets des manipulations sur l'anxiété

Au début de chaque phase de bingo (64 au total pour chaque sujet), une fois que les sujets ont pris connaissance de l'enjeu, de l'objectif et du contexte, ils reportaient leur anxiété sur une échelle allant de 0 (pas du tout anxieux) à 9 (très anxieux). Dans le tableau 6-6, nous reportons les statistiques descriptives de l'anxiété reportée.

Tableau 6-6 : Statistiques descriptives sur l'anxiété ressentie (n=98)

	Moyenne (Médiane) écart type	Min et Max des valeurs moyennes individuelles (écart type)
Anxiété	Moy=4,72, (med =5), e.t. = 2,7	Min = 0,26 ; Max = 8,28 (e.t. = 1,72)

Nous avons réalisé une analyse de variance pour vérifier si les variations de l'anxiété dans les phases bingo étaient bien celles attendues. On observe effectivement des effets statistiquement significatifs (à 1%) pour les variables principales (objectif, enjeu et contexte) mais pas pour les variables croisées. Nous reportons dans le tableau 6-7 les effets moyens sur l'ensemble des données.

Tableau 6-7 : Variation de l'anxiété ressentie moyenne selon les variables principales (n=98)

	Objectif 3 sur 5 vs 2 sur 5	Objectif 4 sur 5 vs 2 sur 5	Contexte perte vs contexte gain	Enjeu élevé (200 €) vs enjeu faible (20 €)
Anxiété	+ 25,25%	+ 56,1%	+13,3 %	+ 14,0 %

Pour examiner les effets des facteurs externes au niveau individuel, nous avons réalisé une analyse de la variance au niveau individuel. Dans le tableau 6-8, nous reportons la proportion de sujets pour lesquels nous observons un effet positif et significatif (au seuil de 10%).

Tableau 6-8 : Variation de l'anxiété ressentie individuelle selon les variables principales (n=98)

	Objectif 3 sur 5 vs 2 sur 5	Objectif 4 sur 5 vs 2 sur 5	Contexte perte vs contexte gain	Enjeu élevé (200 €) vs. enjeu faible (20 €)
Pourcentage de sujets sensibles	56 %	68 %	45 %	37 %

Les temps de réponse pour reporter l'anxiété constituent également un indicateur d'un effet émotionnel. Une analyse de la variance indique que le contexte gain/perte est le seul à avoir un effet significatif (à 1%) parmi les manipulations : les sujets mettent en moyenne 1,44 seconde (e.t. = 1,23) à répondre dans le contexte perte contre 1,82 seconde (e.t. = 1,77) dans le contexte gain.

22 Anxiété et traits de personnalité

On s'attend à ce que les sujets déclarant une sensibilité émotionnelle plus importante soient ceux qui s'avèrent les plus sensibles aux manipulations. Parmi les traits de personnalité que nous avons recueilli, nous nous attendons particulièrement à avoir une corrélation entre la mesure de la capacité à s'inquiéter (« Penn State Worry Questionnaire », variable pswq), la sensibilité émotionnelle (NEURO) et l'anxiété ressentie en cours d'expérience. Il est aussi possible que le caractère consciencieux (CONSCI), le sentiment de contrôle (CONTROLE), les mesures de l'humeur (score de bonne humeur = bmis_pleasant_unpleasant ; score d'excitation = bmis_arousal_calm ; score d'excitation positive = bmis_positive_tired ; score d'excitation négative = bmis_negative_relaxed), le sentiment de bonheur (HAPPY), le rapport à la chance (CHANCE) ... puissent également avoir un impact. Il est aussi intéressant d'étudier les corrélations éventuelles avec les différentes mesures d'attitude par rapport au risque.

Nous examinons tout d'abord les liens entre ces différentes mesures et le niveau d'anxiété moyen par sujet. Dans les tableaux 6-9 et 6-10, nous reportons les corrélations de Spearman.

Tableau 6-9 : Corrélations entre l'anxiété et les traits de personnalité (n=98)

	Corrélation de Spearman avec l'anxiété		Corrélation de Spearman avec l'anxiété
PSWQ	0,2531**	bmis_pleasant_unpleasant	-0,1548
NEURO	0,2128**	bmis_arousal_calm	-0,0491
CONSCI	-0,1022	bmis_positive_tired	-0,1036
CONTROLE	-0,2321**	bmis_negative_relaxed	0,0564
HAPPY	-0,1713*	CHANCE	0,0848

** signifie un seuil de significativité à 5%, * un seuil à 10%

Pour les mesures d'attitude par rapport au risque, nous retiendrons ici les mesures issues des questions de loterie (aversion au risque dans le domaine des gains = pos_RA, aversion au risque dans le domaine des pertes = neg_RA, aversion aux pertes = loss_aver), les auto-déclarations des sujets sur les échelles de Likert dans différents domaines (loisir, professionnel, finance, famille, santé, sport, alcool, tabac), les attitudes en matière de placement et de gestion (loterie_investissement, placement, bourse, épargne, propriétaire, assurance). Nous ne reportons pas les valeurs des corrélations, puisque seules les corrélations avec l'aversion aux pertes (0,1983**) et avec la réponse à la question « Vous êtes quelqu'un qui investit beaucoup en bourse » (1 = « Pas du tout d'accord » à 5 = « Tout à fait d'accord ») (-0,2157**) sont significatives.

Globalement, on observe bien les résultats attendus concernant les liens entre anxiété ressentie et les traits de personnalité qui relèvent de la sensibilité émotionnelle (PSWQ et NEURO). De même, le fait que les sujets qui ont un sentiment de contrôle plus important déclarent une anxiété moyenne plus faible n'est pas non plus surprenant : leur anxiété est peut être effectivement plus faible mais cela peut aussi correspondre à une sous-évaluation correspondant à l'image qu'ils ont d'eux-mêmes.

On s'intéresse maintenant à la corrélation entre la sensibilité de l'anxiété aux manipulations et les différentes mesures psychologiques individuelles. Nous reportons dans le tableau 6-10 les corrélations entre les différents types de sensibilité et nos mesures psychologiques individuelles (hors attitude par rapport au risque).

Tableau 6-10 : Corrélations entre l'anxiété et différents types de sensibilité (n=98)

Sensibilité de l'anxiété à	Objectif 3 sur 5 vs 2 sur 5	Objectif 4 sur 5 vs 2 sur 5	Contexte perte vs contexte gain	Enjeu élevé (200 €) vs enjeu faible (20 €)
PSWQ	NS	NS	NS	NS
NEURO	NS	NS	NS	NS
CONSCI	NS	NS	NS	NS
CONTROLE	NS	NS	NS	NS
HAPPY	NS	+**	NS	NS
bmis_pleasant_unpleasant	NS	NS	NS	NS
bmis_arousal_calm	NS	NS	NS	NS
bmis_positive_tired	NS	NS	NS	NS
bmis_negative_relaxed	NS	NS	NS	NS
CHANCE	NS	NS	NS	NS

*** signifie un seuil de significativité à 1%, ** un seuil à 5%, * un seuil à 10 %

Contrairement au niveau moyen de l'anxiété pour lequel les traits de personnalité ont une capacité prédictive, ces mesures psychologiques ne permettent pas de prédire quels individus sont sensibles aux manipulations. En particulier, la capacité à s'inquiéter (PSWQ), la sensibilité émotionnelle (NEURO) et le sentiment de contrôle (CONTROLE) ne présentent aucune corrélation positive. C'est un résultat intéressant car cela semble signifier que les questionnaires psychométriques classiques pour mesurer la sensibilité émotionnelle ne sont pas à même de fournir des mesures prédictives sur le fait que les personnes seront ou non sensibles à tel ou tel type de manipulation. Si par ailleurs, il s'avère que les variations de l'anxiété ont un impact sur le comportement, en particulier chez les personnes sensibles aux manipulations, ceci tendra à montrer que des mesures de personnalité ne sont pas suffisantes pour prédire les effets de contexte sur les comportements.

3 Analyse des résultats du protocole Risque Catastrophique : les effets de l'anxiété sur les comportements

Avant d'analyser si nous observons bien les 4 effets attendus (et présentés dans la partie 2) de l'anxiété sur les comportements observés dans l'expérience, nous commençons par présenter des statistiques descriptives sur les variables comportementales d'intérêt. Puis nous examinerons l'effet des manipulations sur ces mêmes variables avant d'examiner le rôle de l'anxiété.

31 Statistiques descriptives

Voici tout d'abord quelques éléments de statistiques descriptives comparables à ceux présentés pour l'expérience Assurance. Nous ne distinguons pas pour l'instant les résultats en fonction du niveau des enjeux et du contexte gain/perte.

Tableau 6-11 : Statistiques descriptives (n=98)

	Moyenne ensemble	Min et Max des valeurs moyennes individuelles
Réussite tâche perceptive	68,29%	50% - 90%
Confiance tâche perceptive	70,09%	42% - 96,4%
Taux réussite réel Bingo	80,02%	52,90% - 97,59%
Taux réussite réel Bingo 2 sur 5	95,09%	76,7% - 99,95%
Taux réussite réel Bingo 3 sur 5	79,85%	43,58% - 99,06 %
Taux réussite réel Bingo 4 sur 5	50,05%	14,75% - 91,39 %
Confiance réussite Bingo	75,69%	56,54% - 95,54%
Confiance réussite Bingo 2 sur 5	90,98%	80% - 98,97%
Confiance réussite Bingo 3 sur 5	78,7%	60% - 97,38%
Confiance réussite Bingo 4 sur 5	42,08%	3,13% - 86,87%
% prime d'assurance Bingo	37,00%	5,87% - 74,73%
% prime d'assurance Bingo 2 sur 5	29,04%	0% - 71,04%
% prime d'assurance Bingo 3 sur 5	37,2%	0% - 77,91%
% prime d'assurance Bingo 4 sur 5	52,73%	11,47% - 88,5 %

Ces moyennes sont sensiblement comparables à celles observées dans l'expérience Assurance. Toutefois, on notera que le niveau de sur-confiance dans la tâche perceptive est plus faible (70,09% pour la confiance versus 68,29% pour la réussite contre 73,97% vs 67,67% précédemment) et que le niveau de sous-confiance dans leur chance de réussir les Bingo est également plus faible (75,69% de confiance vs 80,02% de réussite contre 70,65% vs 87,2% de réussite). De nouveau, la confiance dans le fait de réussir le Bingo varie bien en fonction de la difficulté de l'objectif à atteindre. La prime d'assurance varie elle aussi mais comme dans l'expérience précédente, beaucoup plus faiblement : en moyenne, les sujets sont prêts à payer une prime d'assurance représentant 37% du gain (pour un taux d'échec réel de 19,98%), 29,04% pour un Bingo de 2 sur 5 (pour un taux d'échec réel de 4,91%), 37,2% pour un Bingo de 3 sur 5 (pour un taux d'échec réel de 21,3%), 52,73% pour un Bingo de 4 sur 5 (pour un taux d'échec réel de 49,95%).

En ce qui concerne les refus d'assurance, nous n'observons aucun sujet qui systématiquement refuse de payer une prime d'assurance et le pourcentage de primes nulles est de 8%.

[32 Effets des manipulations gain/perte et de l'enjeu sur le comportement](#)

Pour déterminer si les facteurs externes ont eu un effet sur les comportements des sujets, nous réalisons une analyse de la variance sur l'ensemble des résultats agrégés.

Dans le tableau 6-12, nous recensons les effets significatifs observés (et leur signe) pour la prime d'assurance, la confiance dans la réussite au Bingo, la réussite à la tâche et la confiance dans la tâche.

Tableau 6-12 : Variation des résultats agrégés (n=98)

	Objectif 3/5 vs 2/5	Objectif 4/5 vs 2/5	Perte vs Gain	Enjeu 200 € vs 20 €
Assurance	>0***	>0***	.	>0***
Bconf	<0***	<0***	<0**	<0***
Réussite	>0**	.	>0*	>0***
Confiance	.	<0***	<0**	.

*** signifie un seuil de significativité à 1%, ** un seuil à 5%, * un seuil à 10%

Les effets pour la prime d'assurance sont bien ceux attendus : les sujets sont prêts à sacrifier un plus grand pourcentage de leur gain potentiel quand l'objectif est plus difficile à atteindre et quand l'enjeu est plus important. Par contre, nous n'avons pas d'effet au niveau agrégé du contexte gain/perte.

On observe les effets attendus de la difficulté des objectifs sur la confiance dans la réussite au Bingo. Le contexte de perte et un enjeu important ont aussi un effet dépressif sur cette confiance.

Les effets sur la réussite à la tâche de perception sont probablement motivationnels.

Le tableau 6-13 donne les effets significatifs mais cette fois pour les temps de réponse pour chacune des 4 variables précédentes.

Tableau 6-13 : Variation du temps de réponse (n=98)

	Objectif 3/5 vs 2/5	Objectif 4/5 vs 2/5	Perte vs Gain	Enjeu 200 € vs 20 €
Assurance	>0***	>0***	<0**	>0***
Bconf	>0***	<0***	<0***	>0**
Réussite	<0***	.	<0***	>0*
Confiance	.	.	<0***	.

*** signifie un seuil de significativité à 1%, ** un seuil à 5%, * un seuil à 10%

Le contexte perte a un effet systématique d'accélération des temps de réponse. Nous avons déjà observé cette accélération pour le temps de réponse à l'anxiété.

L'absence d'effet au niveau agrégé de la manipulation gain/perte sur le niveau d'assurance est troublante. Aussi, avons-nous également examiné les effets des facteurs externes au niveau individuel. Pour cela, nous avons réalisé une analyse de la variance au niveau individuel. Les effets sont contrastés car les sujets s'avèrent très sensibles au contexte

gain/perte mais dans une proportion similaire, certains s'assurant significativement plus et d'autres significativement moins dans le contexte perte par rapport au contexte gain.

Dans le tableau 6-14, nous étudions comment les sujets se répartissent en fonction de la sensibilité de leur comportement d'assurance au contexte gain/perte.

Tableau 6-14 : Répartition du comportement d'assurance selon le contexte gain/perte (n=98)

	S'assure significativement plus dans le contexte perte	S'assure significativement moins dans le contexte perte	Pas de différence significative entre le contexte gain et le contexte perte
Nombre de sujets	40 (41%)	35 (36%)	23 (23%)
Prime d'assurance moyenne en contexte perte (37% en moyenne)	45%	28%	42%
Prime d'assurance moyenne en contexte gain (37% en moyenne)	34%	40%	35%

L'effet sur la prime d'assurance est assez important : +11 points de pourcentage dans le contexte perte par rapport au contexte gain pour les sujets qui s'assurent significativement plus dans le contexte perte, -12 points de pourcentage pour ceux qui s'assurent significativement moins dans le contexte perte.

Nous réalisons la même analyse mais cette fois pour l'effet de l'enjeu. Les résultats sont reportés dans le tableau 6-15, et indiquent qu'il n'y a que très peu de sujets qui ont tendance à s'assurer significativement moins quand l'enjeu est de 200 €.

Tableau 6-15 : Répartition du comportement d'assurance selon l'enjeu (n=98)

	S'assure significativement plus quand l'enjeu est de 200 €	S'assure significativement moins quand l'enjeu est de 200 €	Pas de différence significative en fonction de l'enjeu
Nombre de sujets	49 (50%)	7 (7%)	42 (43%)
Prime d'assurance moyenne pour 200 € (39% en moyenne)	44%	31%	35%
Prime d'assurance moyenne pour 20 € (35% en moyenne)	35%	35%	34%

Nous menons la même analyse pour les probabilités subjectives de réussir le bingo (Bconf). Dans le tableau 6-16, nous considérons la sensibilité au contexte gain/perte.

Tableau 6-16 : Répartition de la confiance en la réussite au bingo selon le contexte gain/perte (n=98)

	Est significativement plus confiant dans le contexte perte	Est significativement moins confiant dans le contexte perte	Pas de différence significative entre le contexte gain et le contexte perte
Nombre de sujets	4 (4%)	21 (21%)	73 (75%)
Bconf moyenne en contexte perte(75% en moyenne)	81%	74 %	75 %
Bconf moyenne en contexte gain (76% en moyenne)	75%	78 %	76%

Dans le tableau 6-17, nous considérons la sensibilité à l'enjeu.

Tableau 6-17 : Répartition de la confiance en la réussite au bingo selon l'enjeu (n=98)

	Est significativement plus confiant quand l'enjeu est de 200 €	Est significativement moins confiant quand l'enjeu est de 200 €	Pas de différence significative en fonction de l'enjeu
Nombre de sujets	0 (0%)	10 (10%)	88 (90%)
Bconf moyenne pour 200 € (75% en moyenne)	.	71 %	76 %
Bconf moyenne pour 20 € (76% en moyenne)	.	74 %	76%

Les sujets sont nettement moins sensibles aux manipulations en ce qui concerne leur confiance dans le fait de réussir le bingo qu'en ce qui concerne leur choix d'assurance.

Pour la réussite et la confiance dans la tâche de perception, nous indiquons dans le tableau 6-18 la proportion de sujets pour lesquels nous observons un effet significatif (à 10%), sans distinguer le signe de cet effet.

Tableau 6-18 : Proportion des sujets présentant un effet significatif (n=98)

	Perte vs Gain	Enjeu 200 € vs 20 €
Réussite	6%	10%
Confiance	23%	24%

[33 Effets des manipulations gain/perte sur la rationalité des comportements d'assurance](#)

La première hypothèse que nous voulons vérifier porte sur l'effet des émotions dans le processus de décision. L'idée est que les émotions accélèrent le processus de décision et court-circuitent le rôle du processus rationnel d'évaluation cognitive.

Nous avons déjà observé que le temps mis par les sujets pour choisir leur assurance et pour exprimer leur confiance au Bingo était significativement plus court dans un contexte de perte que dans un contexte de gain. Toutefois, il faut prendre avec précaution ces résultats car nous n'avons pas un bon contrôle des temps de réponse pour remplir les jauges d'assurance et de confiance au Bingo.

Pour déterminer si les émotions induisent une réduction du rôle du processus rationnel d'évaluation cognitive dans la décision d'assurance, nous allons d'abord adopter une stratégie indirecte en examinant les effets de la manipulation du contexte gain/perte sur la rationalité des comportements. Nous considérons deux critères de rationalité : 1) les choix d'assurance devraient être sensibles à la probabilité subjective de réussir les objectifs, 2) les choix d'assurance devraient être sensibles à l'information sur la difficulté de l'objectif à atteindre. On peut appréhender le premier critère comme un critère de rationalité subjective (avoir une cohérence entre son estimation du risque et sa couverture du risque) et le second comme un critère d'une rationalité plus objective (tenir compte adéquatement de l'information pour la couverture du risque).

[331 Sensibilité du choix d'assurance aux probabilités subjectives de succès en fonction du contexte gain/perte](#)

Comme pour l'expérience Assurance, nous classifions un sujet comme conforme au modèle rationnel si ses choix d'assurance varient statistiquement significativement en fonction de sa confiance au Bingo. Nous réalisons cette classification séparément pour les Bingos dans le contexte gain et les Bingos dans le contexte perte. Le tableau 6-19 montre la répartition des sujets.

Tableau 6-19 : Répartition des sujets selon leur conformité au modèle rationnel (n=98)

	Non rationnel dans les gains	Rationnel dans les gains	Total
Non rationnel dans les pertes	11 (11%)	17 (17%)	28 (29%)
Rationnel dans les pertes	6 (6%)	64 (65%)	70 (71%)
Total	17 (17%)	81 (83%)	98

La différence de proportion est statistiquement significative (à 5%) : il y a plus de sujets conformes au modèle rationnel dans les gains que dans les pertes. Dans le tableau 6-20, nous reportons les primes d'assurance moyennes pour chacune des 4 catégories de sujets observés.

Tableau 6-20 : Primes d'assurance moyennes selon la rationalité des sujets (n=98)

	Non rationnel dans les gains et les pertes (N = 11)	Rationnel dans les gains seulement (N = 17)	Rationnel dans les pertes seulement (N = 6)	Rationnel dans les gains et les pertes (N = 64)
Prime d'assurance moyenne dans les gains	39,2%	31,5%	32%	38,4%
Prime d'assurance moyenne dans les pertes	31,5%	35,5%	32,7%	38,9%

[332 Sensibilité du choix d'assurance aux objectifs en fonction du contexte gain/perte](#)

Une seconde méthode consiste à identifier les sujets qui sont sensibles au niveau de difficulté du Bingo pour établir leur choix d'assurance. Le tableau 6-21 montre la répartition des sujets selon le contexte gain/perte.

Tableau 6-21 : Répartition des sujets selon leur sensibilité au contexte (n=98)

	Insensible à l'information dans les gains	Sensible à l'information dans les gains	Total
Insensible à l'information dans les pertes	16 (16%)	17 (17%)	33 (34%)
Sensible à l'information dans les pertes	8 (8%)	57 (58%)	65 (66%)
Total	24 (24%)	74 (76%)	98

On observe de nouveau plus de sujets sensibles à l'information dans les gains que dans les pertes, la différence de proportion étant statistiquement significative à 10%.

Les mêmes méthodes peuvent être utilisées pour examiner l'effet de l'enjeu sur le processus de décision. Nous ne reportons pas les résultats car nous n'observons pas d'effet significatif de l'enjeu.

[34 Effet de l'anxiété sur la décision d'assurance](#)

Nous examinons maintenant plus directement la présence d'un effet de l'anxiété sur la demande d'assurance (effet 1 dans le modèle, cf figure 6-1). Pour cela, nous allons examiner plusieurs méthodes.

La première consiste à estimer directement l'effet de l'anxiété sur les choix d'assurance. Pour cela, nous considérons un modèle où nous cherchons à expliquer les choix d'assurance par la confiance en la réussite au bingo (bingo_conf), le montant de l'enjeu (frame_200) et

l'anxiété (worry_norm). Nous considérerons à la fois un modèle estimé au niveau agrégé et dans ce cas nous utiliserons aussi les mesures individuelles d'attitudes par rapport au risque obtenues par les méthodes expérimentales (pos_RA, neg_RA, loss_aver), et les résultats obtenus par une estimation au niveau individuel.

Tableau 6-22 Régression directe de assurance au niveau agrégé (n=97 sujets x 64 observations)

Source	SS	df	MS	
Model	83.2893514	6	13.8815586	Number of obs = 6208
Residual	287.291541	6201	.046329873	F(6, 6201) = 299.62
Total	370.580893	6207	.059703704	Prob > F = 0.0000
				R-squared = 0.2248
				Adj R-squared = 0.2240
				Root MSE = .21524

insurance	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
worry_norm	.0200159	.0029967	6.68	0.000	.0141414 .0258905
bingo_conf	-.4184435	.0126751	-33.01	0.000	-.443291 -.393596
frame_200	.0319477	.0055387	5.77	0.000	.0210899 .0428054
pos_RA	.0594526	.0102277	5.81	0.000	.0394027 .0795025
neg_RA	.0932276	.0076829	12.13	0.000	.0781665 .1082887
loss_aver	.0080507	.001618	4.98	0.000	.0048788 .0112225
_cons	.6995225	.0107397	65.13	0.000	.678469 .720576

Au niveau agrégé, le tableau 6-22 indique que toutes les variables ont l'effet attendu, et ce de façon significative. En particulier, l'anxiété a en moyenne un effet significatif positif sur la prime d'assurance : la prime augmente de 2% pour une variation d'un écart type du niveau d'anxiété.

Dans le tableau 6-23, nous reportons les statistiques descriptives concernant la valeur du coefficient observé pour l'anxiété dans l'estimation du modèle réalisé au niveau individuel.

Tableau 6-23 Valeurs du coefficient de régression pour la variable anxiété observées dans les estimations au niveau individuel (n = 98)

Percentiles	Smallest		
1%	-.1332446		
5%	-.0556837		
10%	-.035235		Obs 98
25%	-.0119085		Sum of wgt. 98
50%	.0191624		Mean .0233421
		Largest	Std. Dev. .0530468
75%	.0573297	.1216284	
90%	.0983847	.1223592	Variance .002814
95%	.1128901	.1242103	Skewness -.2015046
99%	.1302343	.1302343	Kurtosis 3.224019

Pour la moyenne et la médiane, on retrouve une valeur proche de 2%, avec 30% des sujets pour lesquels le coefficient est négatif. Parmi les 33 sujets, présentant un coefficient négatif, le niveau de significativité est inférieur à 10% pour 8 d'entre eux, et parmi les 65 sujets, présentant un coefficient positif, le niveau de significativité est inférieur à 10% pour 35 d'entre eux.

L'anxiété peut être une cause directe du choix d'assurance, l'évaluation émotionnelle étant un cofacteur - avec l'évaluation cognitive - explicatif des choix d'assurance, tout comme elle peut être aussi la conséquence de l'évaluation cognitive (cf figure 6-1). Par la méthode d'estimation précédente, on risque donc d'attribuer une causalité à l'anxiété sur la décision

d'assurance qu'elle n'a pas. Pour tenir compte de ce risque, nous reprenons la méthode d'estimation précédente mais en commençant par « purger » la variable anxiété de sa dépendance à l'évaluation cognitive que l'on identifiera par la confiance en la réussite au bingo et par le niveau de l'enjeu. La variable worry_purge est une variable construite en enlevant de worry_norm la partie expliquée par bingo_conf et frame_200 (le procédé est appliqué au niveau individuel). La variance de cette nouvelle mesure de l'anxiété est de 0,56 : en moyenne la confiance en la réussite au bingo et le niveau de l'enjeu expliquent donc 44% de la variance observée de l'anxiété.

Dans le tableau suivant, nous reportons les résultats de la régression au niveau agrégé. Le coefficient de régression est de 0,0355, mais il faut tenir compte de la variance de cette mesure de l'anxiété qui n'est plus normalisée.

Tableau 6-24 Régression de l'assurance au niveau agrégé avec l'anxiété « purgée » de l'évaluation cognitive (n=97 sujets x 64 observations)

Source	SS	df	MS			
Model	82.4086599	6	13.7347767	Number of obs =	6208	
Residual	288.172233	6201	.046471897	F(6, 6201) =	295.55	
Total	370.580893	6207	.059703704	Prob > F =	0.0000	
				R-squared =	0.2224	
				Adj R-squared =	0.2216	
				Root MSE =	.21557	

insurance	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
worry_purge	.035543	.0070349	5.05	0.000	.0217521	.049334
bingo_conf	-.3934392	.0163136	-24.12	0.000	-.4254195	-.361459
frame_200	.027274	.0058685	4.65	0.000	.0157697	.0387782
pos_RA	.0583751	.0102529	5.69	0.000	.0382758	.0784743
neg_RA	.094252	.0077061	12.23	0.000	.0791454	.1093586
loss_aver	.0078766	.001622	4.86	0.000	.0046968	.0110564
_cons	.6828117	.0127509	53.55	0.000	.6578156	.7078078

Dans le tableau 6.25, nous reportons les statistiques descriptives concernant la valeur du coefficient observé pour l'anxiété « purgée » et normalisée dans l'estimation du modèle réalisé au niveau individuel.

Tableau 6-25 Valeurs du coefficient de régression pour la variable anxiété « purgée » et normalisée observées dans les estimations au niveau individuel (n = 98)

Percentiles				
1%	-.230861	Smallest		
5%	-.1044683			
10%	-.0124112		Obs	98
25%	.016533		sum of wgt.	98
50%	.0952818		Mean	.0890287
		Largest	Std. Dev.	.1071478
75%	.1668839			
90%	.2163622		Variance	.0114806
95%	.2352191		skewness	-.4235429
99%	.3759445		kurtosis	3.915502

En moyenne, une augmentation d'un écart type de la valeur de l'anxiété « purgée » et normalisée conduit à une augmentation de 9% de la prime de risque. Comme précédemment, parmi les 33 sujets, présentant un coefficient négatif, le niveau de significativité est inférieur à 10% pour 8 d'entre eux, et parmi les 65 sujets, présentant un coefficient positif, le niveau de significativité est inférieur à 10% pour 35 d'entre eux.

Les résultats obtenus par cette seconde méthode au moyen de laquelle nous avons cherché à tenir compte de l'effet de l'évaluation cognitive sur l'évaluation émotionnelle, montrent qu'un effet significatif de l'anxiété continue à être observé.

Dans le tableau 6-26, nous indiquons cet effet moyen de l'anxiété sur la prime selon les 4 catégories de sujets classés selon leur conformité au modèle rationnel. Nous indiquons également s'il y a une différence significative avec les valeurs moyennes observées (pour chacune des variables d'anxiété considérées) pour l'ensemble.

Tableau 6-26 : Effet moyen de l'anxiété sur la prime selon la rationalité des sujets (n=98)

	Non rationnel dans les gains et les pertes (N = 11)	Rationnel dans les gains seulement (N = 17)	Rationnel dans les pertes seulement (N = 6)	Rationnel dans les gains et les pertes (N = 64)
Effet moyen de l'anxiété sur la prime (+2,3% sur l'ensemble)	-0,00%***	+2,1%	-0,01%	+3,1%
Cas de l'anxiété « purgée » et normalisée (+8,9% sur l'ens.)	-1,1%***	+2,4%***	+2,8%**	+12,9%***

*** signifie un seuil de significativité à 1%, ** un seuil à 5%

Pour confirmer l'hétérogénéité individuelle des effets de l'anxiété sur la prime, nous catégorisons les sujets en croisant la sensibilité de l'anxiété ressentie au contexte gain/perte (45% des sujets sont classés comme ayant montré une sensibilité significative de leur anxiété au contexte gain/perte (cf. section 21)) et la sensibilité de leur comportement d'assurance à ce même contexte gain/perte (41% des sujets s'assurent significativement plus dans le contexte perte contre 36% qui montrent le comportement d'assurance inverse (cf. section 32)). Nous reportons dans le tableau 6-27 l'effet moyen de l'anxiété sur la prime pour chacun de ces groupes (pour chacune des variables d'anxiété considérées) et nous indiquons s'il y a une différence significative avec les valeurs moyennes pour l'ensemble.

Tableau 6-27 : Effet de l'anxiété sur la prime selon le comportement d'assurance des sujets (n=98)

	Anxiété sensible au contexte gain/perte			Anxiété non sensible au contexte gain/perte		
	S'assure plus en perte	S'assure moins en perte	Pas de différence	S'assure plus en perte	S'assure moins en perte	Pas de différence
Nb sujets	19	12	13	20	22	12
Effet moyen de l'anxiété sur la prime (+2,3% sur l'ens.)	+6,2%***	-3,7%**	+2,4%	+2,8%	+1,6%	+1,6%
Cas de l'anxiété « purgée » et normalisée (+8,9% sur l'ens.)	+10%	+10%	+11%	+7,2%	+10,6%	+3,3%**

*** signifie un seuil de significativité à 1%, ** un seuil à 5%

Globalement, on observe que l'effet de l'anxiété est le plus fort chez les personnes qui sont sensibles à la manipulation gain/perte.

35 Effet de l'anxiété sur les probabilités subjectives

La seconde hypothèse que nous voulons explorer est celle de l'effet de la charge émotionnelle sur les probabilités subjectives. Dans les résultats de statistiques descriptives, nous avons observé un effet négatif significatif sur les confiances dans les bingos dans le contexte perte en agrégeant toutes les données. Il était toutefois assez limité dans son ampleur, avec par exemple seulement 25% des sujets sensibles au contexte gain/perte (cf. section 32).

Nous voudrions vérifier maintenant si la charge émotionnelle mesurée par le niveau d'anxiété joue un rôle direct sur les probabilités subjectives : on s'attend à ce que les sujets anxieux soient moins confiants. Nous faisons face à un problème d'endogénéité que nous résolvons avec le système d'équation suivante :

$$bingo_conf = a.worry_norm + bgoal_2 + c.goal_3$$

$$worry_norm = d.bingo_conf + e.frame_loss + f.frame_200 + g.goal_2 + h.goal_3$$

En remplaçant, on a :

$$bingo_conf = (ae.frame_loss + af.frame_200 + (b+ag).goal_2 + (c+ah).goal_3) / (1-ad)$$

$$worry_norm = (e.frame_loss + f.frame_200 + (g+db).goal_2 + (h+dc).goal_3) / (1-ad)$$

Par conséquent, en utilisant les résultats pour les régressions de bingo_conf et worry_norm sur frame_loss, frame_200, goal_2 et goal_3, on peut retrouver le coefficient a qui nous intéresse. En l'occurrence, nous trouvons une valeur a d'environ -0,03 (-3 % de confiance pour un écart type du niveau d'anxiété en plus). Pour la même estimation conduite sujet par sujet, nous trouvons un coefficient moyen de -0,08 soit -8 % de confiance pour un écart type du niveau d'anxiété en plus.

Nous avons identifié que 28% des sujets sont significativement sensibles au contexte gain/perte pour leur confiance dans le Bingo. Pour ces sujets, l'effet moyen sur la confiance est de -16,7% pour un écart type du niveau d'anxiété en plus alors qu'il n'est que de -3,8% pour les autres sujets. Cette différence entre les deux groupes est significative au seuil de 5%.

36 Effet de l'anxiété sur la formation des probabilités subjectives

La troisième hypothèse concernait l'effet éventuel de la charge émotionnelle sur le processus de formation des probabilités subjectives. Rationnellement, on s'attend à un lien entre confiance dans le Bingo et le niveau moyen de la confiance essai par essai. Reprenons le modèle de formation des probabilités subjectives présenté dans la section 213. On peut construire, pour chaque Bingo, une valeur attendue pour la confiance Bingo. La corrélation entre la confiance observée dans le Bingo et la valeur attendue est de 0,72.

On peut construire ainsi une mesure de dissonance cognitive correspondant à la différence observée entre la confiance observée et la valeur attendue. En moyenne, sa valeur est de -4,9% : leur confiance dans la réussite au Bingo est plus faible (75,7 % en moyenne pour l'ensemble des sujets) que celle attendue (80,6 %)

Dans le tableau 6-28, nous indiquons les résultats d'une analyse de la variance sur l'ensemble des données pour étudier les effets significatifs des facteurs externes.

Tableau 6-28 : Dissonance cognitive selon les effets externes (n=98)

	Objectif 3/5 vs 2/5	Objectif 4/5 vs 2/5	Perte vs Gain	Enjeu 200 € vs 20 €
Dissonance cognitive	>0***	<0***	<0*	<0**

Notons que le contexte perte vs gain et enjeu élevé vs enjeu faible a pour effet d'accroître la dissonance cognitive (les sujets sont sous-confiants). Au niveau individuel, pour 21% des sujets nous observons un effet significatif du contexte gain/perte.

Pour examiner si nous avons un effet de l'anxiété sur le niveau de dissonance cognitive, nous considérons des modèles où nous cherchons à expliquer la dissonance cognitive par les objectifs à atteindre (goal_2 = objectif de 3 sur 5 et goal_3 = objectif de 4 sur 5) et l'anxiété (soit avec la mesure directe de l'anxiété (worry_norm), soit avec la mesure de l'anxiété « purgée » normalisée (worry_purgenorm) cf. section 34). Nous donnons dans les tableaux 6-29 et 6-30 les résultats des régressions.

Tableau 6-29 Régression de la dissonance en utilisant worry_norm

Linear regression	Number of obs =	6271
	F(3, 97) =	32.15
	Prob > F	= 0.0000
	R-squared	= 0.0585
	Root MSE	= .16569
(Std. Err. adjusted for 98 clusters in sujet)		

bingo_conf~e	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
worry_norm	-.0156142	.0034965	-4.47	0.000	-.0225539	-.0086746
goal_2	.0285973	.0096588	2.96	0.004	.0094273	.0477673
goal_3	-.064495	.019472	-3.31	0.001	-.1031415	-.0258485
_cons	-.0400632	.0068689	-5.83	0.000	-.053696	-.0264304

Tableau 6-30 Régression de la dissonance en utilisant worry_purgenorm

Linear regression	Number of obs =	6271
	F(3, 97) =	34.29
	Prob > F	= 0.0000
	R-squared	= 0.0739
	Root MSE	= .16433
(Std. Err. adjusted for 98 clusters in sujet)		

bingo_conf~e	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
worry_purg~m	-.0339727	.008578	-3.96	0.000	-.0509976	-.0169479
goal_2	.0357376	.01048	3.41	0.001	.0149378	.0565375
goal_3	-.0259689	.0246884	-1.05	0.295	-.0749686	.0230308
_cons	-.0514816	.0078221	-6.58	0.000	-.0670064	-.0359568

L'effet de l'anxiété est donc négatif et statistiquement significatif. L'anxiété renforce la dissonance cognitive qui est négative en moyenne. Pour un écart-type du niveau d'anxiété en plus, l'effet est -1,6 % pour la mesure brute de l'anxiété et -3,3 % pour l'anxiété « purgée ». Si l'on réalise les estimations au niveau individuel, on a alors un effet moyen respectivement de -1,3% et de -9,7% selon la mesure d'anxiété utilisée

37 Effet de l'anxiété sur les capacités métacognitives

Notre quatrième hypothèse concerne l'effet d'une charge émotionnelle sur les capacités métacognitives. Nous utilisons les deux mesures présentées dans la partie 2 pour caractériser la métacognition des sujets : la calibration et la discrimination.

On peut s'attendre à une amélioration de la calibration en présence d'anxiété (diminution de la confiance à performance égale et donc diminution de la surconfiance) ainsi qu'à une amélioration de la discrimination via un meilleur contrôle métacognitif (bien que l'effet inverse soit également possible via l'effet néfaste du stress).

Le tableau 6-31 donne les effets des facteurs externes sur la calibration (via une analyse de la variance) et la discrimination (via une analyse de la moyenne).

Tableau 6-31 Effets des facteurs externes sur la calibration et la discrimination (n=98)

	Objectif 3/5 vs 2/5	Objectif 4/5 vs 2/5	Perte vs Gain	Enjeu 200 € vs 20 €	Perte/Gain*200/20
Surconfiance	<0**	<0***	-	<0***	-
Meta d'-d' ²	<0*	-	>0**	-	NA

La surconfiance diminue significativement avec l'augmentation de la difficulté du bingo ainsi que dans le cas de montants élevés. Les caractéristiques du bingo impactent donc la calibration lors de l'exécution de la tâche. La discrimination est affectée positivement par le contexte perte ce qui va dans le sens de notre hypothèse de meilleure contrôle métacognitif.

Pour tester directement l'impact de la charge émotionnelle sur la métacognition, nous estimons l'impact de l'anxiété sur la surconfiance (calib_5 est la surconfiance moyenne observée sur les 5 essais dans chaque Bingo), dont les résultats se trouvent dans les tableaux 6-32 et 6-33 selon les 2 mesures utilisées de l'anxiété.

²d' mesure la sensibilité du système visuel de l'individu. meta-d' correspond au niveau de sensibilité d' d'un observateur Bayésien qui présenterait le même niveau de capacités métacognitives. La différence meta-d' – d' est une mesure pure de la métacognition indépendante du niveau de performance.

Tableau 6-32 Régression de la surconfiance en utilisant worry_norm

Linear regression	Number of obs = 6272
	F(3, 97) = 4.83
	Prob > F = 0.0036
	R-squared = 0.0014
	Root MSE = .2462

(Std. Err. adjusted for 98 clusters in sujet)

calib_5	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
worry_norm	-.0033887	.0034943	-0.97	0.335	-.010324	.0035465
goal_2	-.0133411	.0070461	-1.89	0.061	-.0273255	.0006434
goal_3	-.0164543	.0082378	-2.00	0.049	-.0328041	-.0001045
_cons	.0254559	.0141183	1.80	0.074	-.0025651	.0534768

Tableau 6-33 Régression de la surconfiance en utilisant worry_purgenorm

Linear regression	Number of obs = 6271
	F(3, 97) = 4.80
	Prob > F = 0.0037
	R-squared = 0.0015
	Root MSE = .24621

(Std. Err. adjusted for 98 clusters in sujet)

calib_5	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
worry_purg-m	-.0049894	.0035782	-1.39	0.166	-.0120912	.0021124
goal_2	-.0127288	.0070466	-1.81	0.074	-.0267143	.0012568
goal_3	-.0118343	.0089193	-1.33	0.188	-.0295367	.0058681
_cons	.0241357	.0141143	1.71	0.090	-.0038773	.0521487

Les effets sur la surconfiance, ne sont pas significatifs, d'après les résultats de ces deux régressions. Les résultats présentés ci-dessous, qui reposent sur une méthode différente, conduisent à nuancer cette conclusion sur l'absence d'effet significatif.

Le même type d'analyse n'est pas possible pour la discrimination car nous n'avons qu'une valeur moyenne par sujet. On peut cependant calculer distinctement des différences entre meta-d' et d' en présence ou non d'anxiété. On peut alors comparer la qualité de la confiance mesurée lors des séries d'essais avec charge émotionnelle (worry_norm > 0) avec celle mesurée sans charge émotionnelle (worry_norm ≤ 0). La figure 6-5 présente ces différences en termes de calibration et de discrimination.

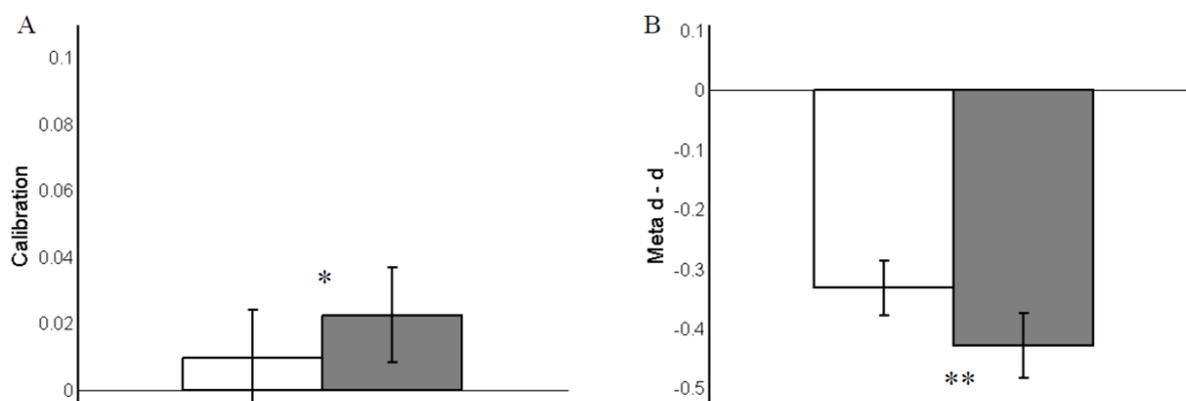


Figure 6-5 : Comparaison des capacités métacognitives (calibration et discrimination) mesurées sur les essais avec (en blanc) ou sans (en gris) anxiété. La significativité provient d'un ttest bilatéral.

On observe une diminution de la surconfiance avec en moyenne une parfaite calibration pour les essais avec anxiété. Cette amélioration de la calibration est significative à 5% (selon un ttest unilatéral). Au niveau de la discrimination, la différence entre meta-d' et d' diminue avec anxiété, traduisant une amélioration des capacités métacognitives. Cette amélioration est également significative à 5%.

L'effet de l'anxiété sur les capacités métacognitives est positif et global. Ainsi l'amélioration de la calibration et de la discrimination sont fortement corrélées ($r = 0.40^{***}$) et reflètent donc une amélioration générale de la métacognition.

Notre hypothèse 4 semble donc vérifiée : la charge émotionnelle accroît les capacités métacognitives des sujets. Si l'effet sur la calibration est assez automatique (baisse de la confiance due à l'anxiété), l'effet sur la discrimination traduit un meilleur contrôle métacognitif induit par l'anxiété.

38 Synthèse

En partant du constat que le protocole Risque Catastrophique permet d'induire une charge émotionnelle via les différents effets de contexte, on peut maintenant résumer les effets de ces émotions sur les différents processus décisionnels : la décision d'assurance (*effet 1*), les probabilités subjectives (*effet 2*), la formation de ces probabilités (*effet 3*) et les capacités métacognitives (*effet 4*). Le tableau 6-34 synthétise les effets de l'anxiété sur ces processus.

Tableau 6-34 Synthèse des effets de l'anxiété sur les processus (n=98)

		Effet moyen de l'anxiété
Effet 1	Décision d'assurance	Entre +2% et +9% selon la méthode d'estimation
Effet 2	Probabilités subjectives	-8,0 %
Effet 3	Formation des probabilités	Entre + 1,3 % et +9,7 % d'augmentation de la dissonance cognitive selon la méthode d'estimation
Effet 4	Métacognition : calibration	Surconfiance significativement plus faible lorsque l'anxiété est supérieure à la moyenne.
	Métacognition : discrimination	Discrimination significativement meilleure lorsque l'anxiété est supérieure à la moyenne.

En résumé l'anxiété conduit à une augmentation de la couverture d'assurance (*effet 1*) ainsi qu'à une diminution de la confiance dans sa réussite aux objectifs (*effet 2*). Une charge émotionnelle conduit donc les sujets à un comportement plus prudent et moins optimiste. Cependant les sujets en phase d'anxiété semblent mieux prendre en compte l'information disponible pour former leurs probabilités subjectives (*effet 3*). Un autre aspect positif de cette charge émotionnelle se retrouve dans l'amélioration des capacités métacognitives des sujets (*effet 4*) avec une amélioration de la calibration et de la discrimination.

CONCLUSION

Les résultats obtenus dans ce rapport méritent certainement d'être confirmés par des analyses, non seulement sur les données déjà recueillies qui vont faire l'objet de traitements plus approfondis, mais également sur de nouvelles données de nature comparable. Ils offrent toutefois d'ores et déjà un certain nombre d'enseignements que nous rappelons ici.

Tout d'abord, l'analyse de la littérature (partie 1) a montré l'importance des émotions dans la prise de décision dans le risque et l'incertain. Mais au-delà du constat que les émotions modifient la prise de décision (par une altération de l'évaluation des conséquences ou par la mise en avant de certains événements ou conséquences possibles), l'observation la plus importante est que les émotions jouent de nombreux rôles. Les rôles d'évaluation, d'information, de sélection des actions, qui ont directement un impact dans la prise de décision, mais également un rôle de mémoire (elles permettent la mise en mémoire d'événements vécus et inversement elles aident à retrouver ces éléments mis en mémoire) et de traitement de l'information...

A la lumière de cette complexité des fonctions émotionnelles, les propositions existantes de formalisation à usage des économistes sont peu convaincantes. En effet, le modèle behavioriste conséquentialiste, cœur méthodologique de l'analyse économique de la décision, ne permet pas d'incorporer explicitement les émotions. D'autre part, la vision populaire d'un système émotionnel fonctionnant en parallèle d'un système cognitif qui vient altérer la prise de décision est largement remise en cause actuellement. Au final, les économistes font face à des questions méthodologiques importantes et une remise en cause de leur cadre d'analyse :

- dépasser la vision de l'individu dont la seule action « rationnelle » consiste à maximiser ses préférences pour celle d'un individu dont le cerveau est un espace multi modulaire exécutant plusieurs tâches,
- abandonner des modèles statiques de décision économique qui ne s'intéressent à la prise de décision qu'à un moment donné, pour des modèles dynamiques dans lesquels les émotions sont importantes pour l'apprentissage.,
- Enrichir la vision conséquentialiste dans laquelle les décisions sont ramenées à un problème de choix entre des loteries, par une vision élargie dans laquelle le processus de décision résulte d'une série de microdécisions.

Ensuite, les prétests (partie 2) ont conduit à plusieurs constats.

D'abord, l'information la plus pertinente pour motiver une décision réduisant la probabilité d'occurrence d'un risque catastrophique, est celle de nature scientifique (par des experts). De plus, l'importance du degré d'information (connaissances en matière de santé, connaissance des moyens de prévention, ou des organismes impliqués dans la gestion du risque) est également mise en évidence. Cela plaide pour une information complète, compréhensible et ciblée des populations sur les risques catastrophiques et les

conséquences associées auxquelles elles sont exposées.

Il apparaît également que les émotions attachées à la nature du risque peuvent constituer un élément significatif dans la volonté de le réduire, ce qui confirme que l'impact psychologique du risque, donc les émotions qu'il est susceptible de générer et/ou l'expérience passée de l'individu avec ce risque, sont des facteurs susceptibles d'expliquer les préférences pour s'en prémunir.

Enfin, les pré-tests ont permis de définir le cadre général du modèle utilisé dans les expériences, fondé sur un paradigme psychophysique qui permet de décrire les processus de traitement de stimuli visuels grâce à la théorie de la détection du signal.

Dans une expérience pilote, nous avons construit un cadre économique de choix d'assurance utilisant cette tâche perceptive. Pour induire des émotions, plusieurs manipulations étaient considérées : contexte gain/perte, argent gagné/reçu, information sur les résultats passés. Nous avons observé des effets comportementaux de ces facteurs externes, notamment des effets du vécu. Toutefois, la complexité du protocole ne permet pas un traitement fiable des données et nous avons choisi de supprimer les retours d'information pour nous concentrer sur les effets purs d'une charge émotionnelle induite à la fois par les manipulations d'un contexte gain/perte et par une modulation des enjeux financiers.

La partie étudiant les liens entre émotions et décision (partie 4) a trouvé que les émotions anticipées sont positivement corrélées avec le fait d'avoir déjà subi une inondation, et avec l'évaluation de la probabilité subjective d'inondation. La sévérité de l'inondation vécue est corrélée positivement avec la probabilité subjective d'inondation, le niveau d'assurance des biens, et l'importance des actions prises pour limiter les effets d'une future inondation.

Concernant l'enquête auprès des soldats, nous trouvons que, de retour de mission, les soldats ont tendance à augmenter leur évaluation initiale de leur niveau de risque de décès toutes causes, et pour cause violente (homicide) par rapport à la population, de leur niveau de chance et de leur sentiment de contrôle. Par contre, ils avaient surévalué les émotions qu'ils ont effectivement ressenties lors d'une action de combat, ainsi que l'ampleur de leur réaction face à un combat, ceci étant sans doute lié au fait que la sévérité de la situation de combat s'est avérée moins importante que celle observée dans les combats lors de missions passées. On observe également une diminution des scores pour les traits de personnalité traduisant la tendance à éprouver des émotions négatives (neuroticism) et la manière dont nous contrôlons, régulons et orientons nos pulsions (conscientiousness).

Enfin, nous n'avons observé aucun changement concernant les relations vis à vis des risques (dans la vie de tous les jours, lors des loteries proposées) et de la préférence pour le présent, ce qui tendrait à montrer qu'ils ne sont pas significativement affectés par la mission.

Concernant les quatre effets entre émotions et décision qui ont pu être testés sur les deux bases dans la partie 4 (les effets C, D, E et 2), nous trouvons des effets concordants pour les trois premiers, mais moins marqués pour le dernier. Ainsi, nous avons des indices d'existence d'une influence des émotions passées sur les décisions, sur certains traits de personnalité, et une influence des traits de personnalité sur l'anticipation des émotions futures et la décision. Par contre, alors que l'on trouve une relation positive et significative entre les émotions anticipées et les probabilités subjectives d'occurrence ex ante d'une inondation, cette relation semble moins marquée concernant l'occurrence d'une situation de combat et les émotions anticipées.

Finalement, le fait d'avoir vécu les émotions associées à une inondation (ou une mission) dans le passé tend globalement à augmenter l'aversion pour le risque dans les questions impliquant des décisions en incertitude.

L'analyse des CAP (partie 5) pour réduire le risque ou la vulnérabilité face au risque inondation a conduit aux résultats suivants.

Concernant les motifs de refus de contribution à la Caisse de Gestion Inondation (CGI), donc de protestation envers les deux scénarios proposés, on observe que les communes inondées présentent une proportion de refus de contribution plus élevée que les communes non inondées. Il semblerait que le fait d'avoir vécu une inondation ait un impact sur la perception qu'ont les répondants des conséquences, sur leur perception de la responsabilité en matière de lutte contre les inondations et sur leur confiance en le système devant assurer la réduction du risque.

Il semblerait également que le délai écoulé depuis l'inondation puisse entraîner des différences dans la volonté de se prémunir d'un futur risque (ou de ses conséquences). En effet, les habitants de Draguignan (inondés deux ans avant l'enquête) évoquent plus souvent un manque d'information et moins souvent une forme de fatalisme (« Je préfère courir le risque » et « A mon âge ça ne vaut pas la peine ») que ceux de Vaison-la-Romaine, inondés 20 ans avant.

De façon générale, on trouve des CAP moyens très légèrement (mais non significativement) supérieurs pour l'assurance que pour les travaux, que ce soit sur les valeurs observées ou les valeurs prédites pour les différents modèles. Cela est conforme aux résultats de Deronzier et Terra (2006), la seule étude ayant élicité les deux scénarios auprès de la même population. Si l'on explore plus attentivement les CAP moyens donnés par les répondants, on constate qu'il existe une différence au niveau individuel, chez les 277 répondants ayant donné un CAP aux deux scénarios, pour lesquels la différence (15%) est significative. De plus, les 58 répondants qui ne déclarent un CAP valide que pour le scénario travaux ont un CAP 50% supérieur à celui des 64 répondants qui ne déclarent un CAP valide que pour le scénario assurance (124,8 euros vs. 82,3 euros). Ceci s'avère plus conforme au fait que le scénario Travaux permet de supprimer non seulement les conséquences financières d'une inondation, mais également les conséquences intangibles (aspects psychologiques, affectifs, émotions...), et ce pour soi même et pour l'ensemble des habitants qui seraient protégés (dimension altruiste).

Concernant les déterminants des CAP, le fait d'avoir déjà vécu une inondation possède une influence négative sur le CAP dans les modèles Tobit, ce qui semble contre intuitif. Toutefois, une modélisation plus poussée avec un modèle de sélection met en évidence le fait que si l'effet existe, son influence agit sur la probabilité de participation plus que sur le niveau de participation à la CGI.

Cela peut traduire plusieurs phénomènes. Il peut s'agir d'une forme d'auto sélection : les personnes ayant choisi de rester dans la commune inondée et de répondre à l'enquête peuvent être celles dont la sensibilité au risque d'inondation est la plus faible. Cela peut également traduire un manque de confiance en les organismes gouvernementaux ou le fait qu'il n'est pas fréquent dans la culture française, d'être impliqué au niveau local, si bien que le scénario proposé peut manquer de crédibilité (i.e., sembler peu probable) au répondant. Enfin, cela pourrait représenter une tendance à relativiser l'impact des conséquences d'une inondation sur l'utilité chez les habitants de Vaison-la-Romaine, pour lesquels l'inondation

est suffisamment ancienne pour qu'ils puissent penser qu'ayant déjà survécu (et surmonté) une inondation, il en sera certainement de même dans le cas d'une seconde (Johnston et al. 1999, ont observé ce type de comportement chez des individus ayant subi un tremblement de terre). De plus, il n'est pas impossible que le fait d'avoir vécu une inondation et d'avoir bénéficié de fonds publics pour compenser les dommages, conduise les individus à diminuer leur propension à s'en protéger, considérant que l'impact final sur leur bien être sera moindre que ne l'anticipent les personnes n'ayant pas été inondées (cet argument est proposé par Kunreuther et Pauly, 2006, par exemple).

Ensuite, les déterminants relatifs aux émotions au sens large (sentiment de contrôle, score aux traits de personnalité conscientiousness et neuroticism, le fait d'avoir un état de stress post-traumatique avéré) ont un impact significatif sur les CAP, alors que le niveau des émotions anticipées n'en a pas. Les autres variables traduisant l'exposition aux risques (la probabilité subjective d'être inondé dans l'année qui vient et le fait de ne pas se sentir à risque) ont également l'effet attendu sur le niveau des CAP : positif pour le premier et négatif pour le second.

On retrouve également l'effet de l'information au sujet du risque : déclarer avoir une bonne connaissance du risque inondation, connaître la signification de l'acronyme PCS ou connaître plusieurs moyens de s'informer ont un impact positif et significatif sur le CAP.

Au final, quel que soit le modèle (Tobit ou modèle de sélection d'Heckman) et le scénario (Assurance ou Travaux), nous obtenons des résultats concordants sur l'impact de certaines variables. Nous nous attendions à ce que les émotions qu'anticipent les répondants face à une inondation aient un impact positif sur le CAP pour diminuer le risque ou la vulnérabilité, alors qu'aucun impact n'est trouvé (même si certains traits de personnalité s'avèrent avoir un effet significatif). De même avec le fait que le répondant déclare « penser que mesures suffisantes sont actuellement mises en place pour lutter contre les risques d'inondation » (variable MesuresOK) et « penser que son assurance paiera en cas d'inondation » (variable AssurPaiera) : aucun effet n'est trouvé, alors qu'un effet négatif était attendu sur le CAP dans les deux scénarios pour la première variable, et dans le scénario Assurance pour la seconde. Enfin, les effets attendus de l'aversion au risque et du fait d'avoir déjà vécu une inondation (accroissement des CAP) ne sont pas trouvés, et ce sont même des effets de sens contraire qui sont observés (diminution des CAP).

Quand on s'intéresse aux **déterminants de l'intensité des préférences** pour l'un ou l'autre des scénarios, on trouve de fortes disparités entre communes : si les habitants de Berre l'Etang n'ont pas de préférence marquée (équirépartition entre la préférence pour chacun des deux scénarios et l'indifférence), ceux de Miramas et Vaison-la-Romaine expriment une préférence significative pour les travaux (à 50,66% et 51,68%) et ceux de Draguignan un rejet des travaux (9,27%). Cela indique donc une différence dans les préférences en fonction du délai écoulé depuis l'inondation. Ce point méritera d'être approfondi dans de futures recherches, afin de déterminer s'il s'agit d'un comportement de résilience de la part des habitants de Vaison-la-Romaine, ou d'une préférence pour réduire la probabilité d'inondation (donc les aspects autres que monétaires, dont les effets intangibles et les émotions ressenties lors de l'inondation) plus que les seules conséquences monétaires (via l'assurance).

Finalement, **lorsque l'on s'attache aux résultats des quatre scénarios normalisés**, on note que seul le CAP pour le scénario pour réduire la vulnérabilité au risque de tempête par des

Travaux est significativement plus élevé que les trois autres CAP, qui ne sont pas significativement différents les uns des autres.

Enfin, les expériences ont permis d'estimer l'effet d'une émotion, l'anxiété, dans les processus cognitifs de décision.

Les manipulations introduites pour générer l'anxiété ont bien eu les résultats escomptés avec par exemple 45 % des sujets sensibles au contexte gain/perte. Nous avons observé par ailleurs que, si la sensibilité émotionnelle mesurée par plusieurs questionnaires psychométriques classiques explique les différences individuelles dans le niveau moyen de l'anxiété, par contre, aucune des différentes mesures de sensibilité émotionnelle n'est apte à fournir des mesures prédictives sur le fait que les personnes seront ou non sensibles à tel ou tel type de manipulation.

Le contexte gain/perte a un effet contrasté sur la décision d'assurance puisque 41 % des sujets s'assurent significativement plus dans un contexte perte contre 35 % qui au contraire s'assurent significativement moins. Les personnes sont moins rationnelles dans un contexte de perte (choix d'assurance qui ne dépendent pas des probabilités subjectives ou de la difficulté des objectifs à atteindre).

Nous trouvons que l'anxiété conduit à une augmentation de la couverture d'assurance (jusqu'à + 9 % si on se réfère à l'effet de l'anxiété purgée de l'effet de la probabilité subjective). Le contexte gain/perte ainsi que l'anxiété ont un effet sur la confiance dans sa réussite aux objectifs, l'anxiété la diminuant de 8%. Une charge émotionnelle conduit donc les sujets à un comportement plus prudent et moins optimiste. L'anxiété renforce la dissonance cognitive, c'est-à-dire l'écart entre la confiance dans la réussite aux objectifs et la confiance attendue étant donnée la confiance moyenne dans la tâche perceptive. Dans le même temps, les sujets en phase d'anxiété améliorent leurs capacités métacognitives (calibration et discrimination).

Au final, nos résultats confirment l'intérêt d'une prise en compte de la dimension émotionnelle au sens large (incluant les traits de personnalité et l'état de stress post-traumatique) pour expliquer les choix en incertitude, en particulier ceux relevant des risques de type catastrophique. De nombreux enseignements devraient découler dans les années à venir, des travaux qui seront menés sur les données accumulées.

En particulier, les émotions ne peuvent être anticipées tant qu'elles n'ont pas été vécues personnellement. Cela plaiderait pour une composition adéquate des organes amenés à prendre des décisions publiques impliquant des risques de catastrophe naturelle, en particulier en incluant des personnes ayant vécu récemment et plus anciennement des catastrophes de même nature.

Toutefois, le fait que la sous-assurance face au risque de catastrophe naturelle serait liée à l'absence d'un vécu émotionnel ne semble pas vérifié. C'est sans doute là une hypothèse trop simplificatrice qui pousse à analyser plus en détail la nature des émotions et leur lien à la propension à s'assurer ou non.

En effet, nous avons utilisé un score pour représenter l'intensité des émotions ressenties, alors que la nature des émotions (anticipées ou ressenties dans le passé) est susceptible de générer des comportements différents. Il sera donc intéressant d'affiner l'analyse en étudiant l'impact de chacune des émotions composant ce score. Résultent-elles de

différences liées au vécu ou à des caractéristiques psychologiques personnelles ? Certains types d'émotions anticipées ont-ils des effets spécifiques sur les CAP ?

Ensuite, L'effet 2 (Influence des émotions anticipées sur les probabilités subjectives) est le seul effet à avoir été exploré dans les trois études empiriques, et a amené les résultats les plus contrastés : une relation significative et positive dans l'enquête inondation, pas de relation significative dans l'enquête soldat et une relation négative dans les expériences. Il requiert à ce titre une étude plus poussée.

Des différences sur l'impact des émotions anticipées entre une situation subie (inondation) et une situation choisie (mission militaire) ont également été mises en évidence, si bien que cette dimension mérite d'être approfondie. Enfin, le fait d'avoir subi une inondation semble générer une défiance envers les moyens (assurance ou travaux) permettant de réduire la probabilité d'occurrence ou l'importance des dégâts, ce qui interroge sur les moyens d'améliorer l'acceptabilité de tels systèmes.

Bibliographie

Johnston, D., Bebbington, M.S., Lai, C.D., Houghton, B.F., & Paton, D. (1999). Volcanic hazard perceptions: Comparative shifts in knowledge and risk. *Disaster Prevention and Management*, 8(2), p. 118–126

Kunreuther H.C. and Pauly M. (2006), Rules rather than Discretion: Lessons from Hurricane Katrina, *Journal of Risk and Uncertainty*, 33 (1-2), p. 103-116.



Contents lists available at ScienceDirect

Social Science & Medicine

journal homepage: www.elsevier.com/locate/socscimed

Impact of information on intentions to vaccinate in a potential epidemic: Swine-origin Influenza A (H1N1)

Olivier Chanel^{a,*}, Stéphane Luchini^a, Sébastien Massoni^b, Jean-Christophe Vergnaud^b

^a CNRS-GREQAM-IDEP, Marseille, France

^b CNRS-CES, Université Paris, 1 Panthéon-Sorbonne, Paris, France

ARTICLE INFO

Article history:

Available online 27 November 2010

Keywords:

France
Experiment
Interactive
Information
Vaccination
Influenza A (H1N1)
Attitudes

ABSTRACT

Vaccination campaigns to prevent the spread of epidemics are successful only if the targeted populations subscribe to the recommendations of health authorities. However, because compulsory vaccination is hardly conceivable in modern democracies, governments need to convince their populations through efficient and persuasive information campaigns. In the context of the swine-origin A (H1N1) 2009 pandemic, we use an interactive study among the general public in the South of France, with 175 participants, to explore what type of information can induce change in vaccination intentions at both aggregate and individual levels. We find that individual attitudes to vaccination are based on rational appraisal of the situation, and that it is information of a purely scientific nature that has the only significant positive effect on intention to vaccinate.

© 2010 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Introduction

On 18 January 2010, WHO Director-General Dr Margaret Chan said about the swine-origin 2009 A (H1N1) influenza virus: “*we did not anticipate that people would decide not to be vaccinated. (...) In today's world, people can draw on a vast range of information sources. People make their own decisions about what information to trust, and base their actions on those decisions.*” (Chan, 2010).

The case of swine flu (H1N1) demonstrates that the public's support is essential for the success of a vaccination campaign. Epidemiology usually has little to say about behavioral considerations (see Daley & Gani, 2001; Medlock & Galvani, 2009; Yang et al., 2009; Eisenberg, Aiello, Spicknall, Monto, & Reingold, 2009; or Wallinga, van Boven, & Lipsitch, 2010), while economic theory suggests that since vaccination campaigns may be plagued by an externality problem, people do not take into account the positive effect their vaccination has on others and a type of prisoner dilemma arises (see Brito, Sheshinski, & Intriligator, 1991; Geoffard & Philipson, 1997; Francis, 2004; Gersovitz & Hammer, 2004; or Boulier, Datta, & Goldfarb, 2007). The cost effectiveness ratio of the vaccination campaign to prevent the spread of swine flu is defined as the ratio of the cost of the campaign to the number of flu cases avoided. It was computed according to epidemiological forecasts and based on the hypothesis that all the vaccines bought were actually injected. However, the real cost effectiveness ratio ends up as very high in

countries where a large proportion of the population refused to be vaccinated (less than 10% in Italy, France, United Kingdom, Belgium, China or Mexico for instance, French Senate Report, 2010).

The fact that the health authority has to choose the number of vaccine doses well in advance implies that public support for a vaccination campaign is a crucial policy variable in the efficiency of a health policy (Enserink, 2004). In France, the health authority clearly did not manage to counteract the rapidly formed public reservations about the value of being vaccinated (according to major French opinion poll institutes). Indeed, Table 1 shows that after a majority willingness in early September 2009, the great majority of French citizens refused to be vaccinated, even in mid-December which marked the first epidemic peak in France and the beginning of the vaccination campaign. Luckily, since the swine flu was less severe than a seasonal flu, the consequences were only financial.

However, this decreasing trend in intentions to vaccinate does not indicate flagging public concern about swine flu, as shown by the Web search volumes on Google for the most common French term for swine flu (“grippe A”).

Hence, intentions to vaccinate and the need for information regarding swine flu do not seem to evolve in the same direction. Yet almost no in-depth studies have examined how, and to what extent, these trends may be linked. Note however two studies on a similar topic, that respectively assess whether perceptions of the swine flu outbreak affected changes in behavior (Rubin, Amlôt, Page, & Wessely, 2009), or the effects of information framing on intentions to vaccinate self or female children against human papillomavirus (Leader, Weiner, Kelly, Hornik, & Cappella, 2009).

* Corresponding author.

E-mail address: chanel@univmed.fr (O. Chanel).

Table 1

Intention to vaccinate according to opinion polls. Sources: (1) IFOP (2009): 1007 respondents, (2) TNS Sofres (2009): 975 respondents, (3) IFOP (2009): 965 respondents, (4) IFOP (2009): 958 respondents, (5) Mediaprismgroup (2009): 14,000 respondents.

	Sept. 3–4 2009 Phone (1)	Sept. 22–23 2009 Phone (2)	Oct. 22–23 2009 Phone (3)	Nov. 12–13 2009 Phone (4)	Dec. 10–11 2009 Internet (5)
Total, YES	55%	30%	17%	20%	22%
- Yes, certainly	29%	14%	7%	7%	10%
- Yes, probably	26%	16%	10%	13%	12%
Total, NO	45%	65%	82%	79%	78%
- No, probably not	21%	23%	33%	30%	37%
- No, certainly not	24%	42%	49%	49%	41%

Herein, we propose an experiment examining how different types of information – related to others' intentions on vaccination, public opinion about a swine flu vaccination campaign, others' beliefs about a swine flu pandemic, or quantitative scientific information provided through experts – can influence vaccination decisions.

Method

Experimental design

Every year, a non-academic conference entitled « Sciences and Citizenship » is held in Marseilles, the second largest French city, at the Provence-Alpes-Côte-d'Azur (PACA) regional council voting room. It is open to the general public, and announced through advertisements in local newspapers and via different mailing lists. On December 3, 2009, we recruited our participants at the conference, by asking the 175 attendees whether they would agree to participate in a one-hour experimental session. They all agreed, giving us a sample of 175 respondents. Prior to the experiment, participants were questioned about their socio-economic background, beliefs and knowledge and attitudes to vaccination, as well as health status. The experiment consisted of interactive questions eliciting respondents' intentions and opinions regarding swine flu vaccination. Intentions were elicited by providing participants with five options corresponding to a gradient in the likelihood of vaccination: "No, I will not get vaccinated", "I will probably not get vaccinated", "I do not know", "I will probably get vaccinated", "Yes, I will get vaccinated".

Data were collected using an electronic voting system that records participants' choices in real time (see also Chanel, Cleary, & Luchini (2006), who use the same electronic voting system to elicit willingness to pay to reduce air pollution related effects). This gives immediate feedback to participants via individual screens, large public screens and over loudspeakers, to ensure that all respondents have the same information. Intentions to vaccinate are elicited five times, a different type of information being provided before each eliciting of intentions.

Participants start by expressing their initial intention regarding vaccination (stage 1).

Stage 1. "Do you intend to be (or have you already been) vaccinated against swine flu?"

At this stage, no information is provided about swine flu, therefore initial intentions are based on the prior stock of information and experience of participants. The result of this vote is then presented to the participants, who are again asked their intentions (stage 2). They can either revise their intentions on vaccination expressed in stage 1 or stick to their initial choice.

Stage 2. "Now that you know the participants' intentions regarding vaccination, do you intend to be vaccinated (or for those who have already been vaccinated, if you had to choose again now, would you still be vaccinated) against swine flu?"

Stage 3 involves successively presenting four attitudinal questions regarding the vaccination campaign (two with a positive slant and two with a negative slant).

Stage 3. "What is your opinion about each of the following statements?"

Attitudinal question 1 (positive slant): "The vaccination campaign against swine flu is necessary because the flu is likely to affect a large proportion of the public and to have serious consequences for many people."

Attitudinal question 2 (positive slant): "The vaccination campaign against swine flu is necessary because it is vital to limit the risks of contagion and to protect other people."

Attitudinal question 3 (negative slant): "The vaccination campaign against swine flu was unnecessary because this flu is benign and the money spent could have been put to better use."

Attitudinal question 4 (negative slant): "The vaccination campaign against swine flu was unnecessary because the vaccines are potentially more dangerous than the flu itself."

After each question, the results are presented to the participants, who are again offered the opportunity to revise their intentions in stage 3, with results again disclosed. This procedure of collecting and presenting the collective attitudes towards vaccination mimics media reports or opinion polls (680 reports on swine flu on the 6 major French TV news broadcasts between April 24 2009 and September 30 2009 according to INA Stat, 2009) and reflects the controversy over the usefulness and potential dangers of vaccination. It may be valuable for people taking others' behavior into consideration or relying on others' opinions before making up their mind.

In stage 4, two quantitative subjective belief questions are asked regarding the number of individuals that may fall ill due to swine flu and the number of deaths that may occur. For each question, five numbers of flu victims (and the corresponding percentages) are proposed and participants have to choose the figure best representing their beliefs.

Stage 4. Quantitative subjective belief question 1: "Greater Marseilles has a population of about 1 million. In your opinion, without vaccination roughly how many people will catch swine flu over the winter?"

- a. less than 20,000 (i.e. less than 2%)
- b. from 20,000 to 50,000 (i.e. from 2% to 5%)
- c. from 50,000 to 100,000 (i.e. from 5% to 10%)
- d. from 100,000 to 200,000 (i.e. from 10% to 20%)
- e. more than 200,000 (i.e. more than 20%)

Quantitative subjective belief question 2: "In your opinion, without vaccination how many people will die of swine flu over the winter in Greater Marseilles?"

- a. less than 20 (from 0.001% to 0.002%)
- b. from 20 to 50 (from 0.002% to 0.005%)
- c. from 50 to 100 (from 0.005% to 0.01%)
- d. from 100 to 200 (from 0.01% to 0.02%)
- e. more than 200 (more than 0.02%)

Table 2
Socio-demographic data and representativity tests (N = 175).

Variable name	Description	Sample mean	Sample std. dev	Missing	PACA mean	Equ. test ^a
Age	Participant age (years)	39.58	19.84	2	41.11	.310
Before_57	Participant was born before 1957 ^b (=1)	.353	.479	2	.346	.855
<i>Educational qualifications:</i>						
Edu_no	Unqualified (=1)	.040	.195	0	.153	<.001
Edu_basic	Lower secondary (=1)	.288	.454	0	.447	<.001
Edu_second	Higher secondary (=1)	.085	.279	0	.166	<.001
Edu_bachelor	University undergraduate (=1)	.192	.395	0	.111	.010
Edu_master	Master degree (=1)	.373	.485	0	.121	<.001
Female	Gender (female = 1)	.497	.509	2	.520	.551
Income	Monthly participant personal income (EUR)	1731	1638	17	1536	.136
NbPers	Number of persons in the household	2.94	1.553	3	2.26	<.001

^a Significance of the equality test of sample mean to PACA mean.

^b This year was chosen as subjects born before 1957 may have a better “immune response that might result from previous exposure to H1N1 viruses that were displaced from circulation by the H2N2 subtype in the 1957–1958 influenza pandemic” (Greenberg et al., 2009).

The results are again presented to the participants, who are again asked about their intentions on vaccination against swine flu (stage 4), with the results of the votes again being disclosed.

Stage 5 involves a round table with two renowned health academics (an epidemiologist and a professor of health economics),

both in favor of vaccination, briefly presenting the issues in the swine flu vaccination campaign and answering questions/reactions from the participants. During the round table session, lasting 25 min, quantitative information is also provided on the expected number of cases, hospitalizations, intensive care and deaths throughout the

Table 3
Description of the variables collected (N = 175).

Variable name	Description	Sample mean	Sample std. dev	Missing
Contact	Knows someone with swine flu (=1)	.587	.494	3
DoctVisit	Participant's number of visits to doctor during the last 12 months	3.86	2.791	5
HealthAbsol	Participant's self-assessed absolute health status 0 (poor) to 100 (good)	72.66	16.272	4
HealthRelat	Participant's self-assessed relative health status (0 (poorer) to 10 (better))	6.55	1.794	3
HealthRisk	Participant's risk-taking over health (1 (cautious) to 10 (careless))	4.68	2.279	4
<i>Sources of information on flu:</i>				
InfoJournal	- newspaper (=1)	.659	.475	2
InfoMag	- general weekly magazine (=1)	.283	.452	2
InfoSpe	- health magazines (=1)	.110	.314	2
InfoTv	- TV (=1)	.810	.394	2
InfoWeb	- Internet (=1)	.566	.497	2
InfoDoct	- medical staff (=1)	.422	.495	2
<i>Self-estimated knowledge about vaccination</i>				
KnowVacc_H	- high (=1 if Excellent/Good))	.200	.411	0
KnowVacc_M	- middle (=1 if Fair)	.531	.500	0
KnowVacc_L	- low (=1 if Poor/Very poor)	.240	.427	0
	- do not know	.029	.168	0
Priority	Priority group for swine flu vaccination (=1)	.113	.317	0
<i>Opinion on the usefulness of the information provided</i>				
Science_Pos	- positive (=1 if Yes/Probably Yes)	.712	.454	0
Science_Neg	- negative (=1 if No/Probably No)	.226	.419	0
Science_DK	- do not know (=1 if don't know)	.062	.243	0
Smoking	Participant's number of cigarettes a day	2.18	5.161	0
<i>Subjective beliefs about flu incidence:</i>				
SubjBel_1	- less than 2% (=1)	.096	.295	0
SubjBel_2	- 2%–5% (=1)	.141	.349	0
SubjBel_3	- 5%–10%(=1)	.198	.399	0
SubjBel_4	- 10%–20%(=1)	.158	.366	0
SubjBel_5	- more than 20% (=1)	.147	.355	0
SubjBel_DK	- do not know (=1)	.260	.440	0
UsefVacc	Usefulness of the vaccination campaign (–4 (low) to +4 high) ^a	.113	2.83	0
VaccBehav	Vaccination attitude score (–3 (min) to +3 (max)) ^b	.699	1.954	17
VaccFlu	Vaccinated against flu in the past (=1)	.224	.418	5
VaccH1N1	Already vaccinated against swine flu (=1)	.017	.129	0

^a This variable is a score based on the answers to the four attitudinal questions on the usefulness of the vaccination campaign. Possible answers are Yes/Probably Yes (+1), No/Probably No (–1) and I don't know (0). UsefVacc is the sum of the four individual scores.

^b This variable is a score based on the answers to three questions: “Apart from flu vaccine, do you usually get vaccinated when it is recommended but not compulsory (hepatitis A and B)?”, “Do you (or would you) get your children vaccinated when it is recommended but not compulsory?”, “Do you remember to renew your vaccination?”. Possible answers are Yes (+1), No (–1) and Sometimes (0). VaccBehav is the sum of the three individual scores.

swine flu epidemic, as well as the actual number of deaths observed in France at the date of the survey, the number of deaths during an average seasonal flu outbreak and the number of severe adverse reactions due to vaccination in Canada (United Press International, 2009). Moreover, a risk information sheet is handed out individually to help participants process the risk information on the expected probability of contracting and of dying from swine flu. Risks are presented on a (logarithmic) graphic scale adapted from Calman and Royston (1997), Corso Hammit & Graham (2001) and Chanel and Chichilnisky (2009). Following the round table, participants are again asked about their intentions regarding vaccination against swine flu, for the last time (stage 5).

Sample characteristics

We check the representativeness of our sample against the PACA population through descriptive statistics and tests on socio-economic characteristics (see Table 2) and also collect data on general health and attitude toward vaccination (see Table 3). We find that the two major biases of our sample are overrepresentation of large household size and high education, while age, gender and mean income do not significantly differ. Note that despite these biases, the level of vaccination intentions in stage 1 (19%) was similar to that obtained by opinion poll institutes at the same date (see Table 1) and that less than 2% of the sample had already been vaccinated, in line with national vaccine coverage at this date.

Regarding public concern about swine flu, we use the Google trends for the most common French term “grippe A” and we find that trends in the PACA region mirror those in France (see Fig. 1). Fig. 2 reveals that the incidence of swine flu per 100,000 inhabitants follows the same pattern in PACA region and in France over the period April 2009–January 2010.

Overall, the PACA region does not significantly differ from France regarding intentions to vaccinate and incidence rates.

Results

Determinants of initial intention to vaccinate

We start by explaining the initial intention to vaccinate with a logistic regression on socio-economic variables, general health variables, attitudes toward vaccination in general, swine flu in particular and the sources of information on flu. Variables with

p-value lower than 0.2 are included in Table 4 and correctly predict 84.6% of the intentions. Because the education variable is not significant, the fact that our sample is overeducated is not likely to affect our results. Nor is the household size variable significant, ruling out the possibility of vaccination intentions being affected by a desire to protect relatives. We find that vaccinating against flu in the past (VaccFlu), as well as high scores on participant's self-assessed absolute health status (HealthAbsol), vaccination attitude (VaccBehav) and self-estimated knowledge about vaccination (KnowVacc_H) all increase the intention to vaccinate, whereas being a Female decreases the intention to vaccinate. Regarding sources of information, consulting Internet (InfoWeb) seems to decrease the intention to vaccinate, whereas consulting medical staff (InfoDoct) seems to increase it.

Evolution of intentions

We focus now on how participants' intentions on vaccination evolve depending on the type of information provided. Fig. 3 presents aggregated results at each of the five stages. The “Yes” and “No” shares remain more or less stable across the first four stages, but at the last stage there is a marked decrease in “No” answers (from 75% in the first four stages to 55% in the last stage) and a strong increase in “Yes” answers (from 19% to 32%). Confidence intervals in Fig. 3 indicate that only the intentions expressed in stage 5, the final stage, differ from the first intentions.

Because individual variations in intentions could cancel each other out if only examined in aggregate, we present disaggregated results in Fig. 4, showing how participants individually react to information provided, and how their intention to vaccinate changes. Fig. 4 shows the evolution of participants' intention to vaccinate over two successive stages, with “Positive” standing for an evolution towards a more positive intention, “Negative” an evolution towards a less positive intention and “Constant” no evolution. As in Fig. 3, the intentions are constant and very stable until stage 4. Over the first four stages, the share of participants not changing their mind does not significantly differ (on average 80.8%). Nor does the share of participants expressing an increased intention to vaccinate significantly differ from the proportion expressing a decreased intention over the first four stages (8.1% vs. 11.1%). The picture changes between stages 4 and 5, where the number of constants significantly decreases to 57% (p-value < .0001), whereas the number of positive changes significantly increases to 38% (p-value < .0001) and the

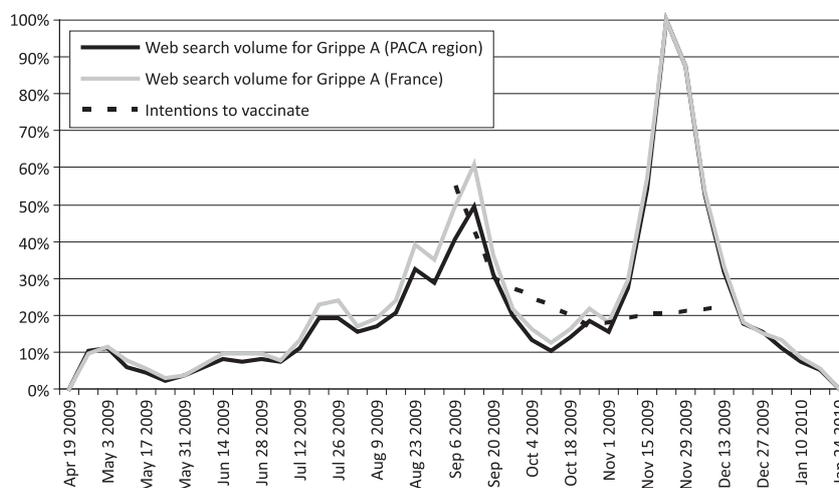


Fig. 1. Web search volume for “grippe A” in France and PACA region, and intention to vaccinate (from Table 1). Web search volume is expressed in terms of percentage of maximum volume. The peak was reached in the third week of November.

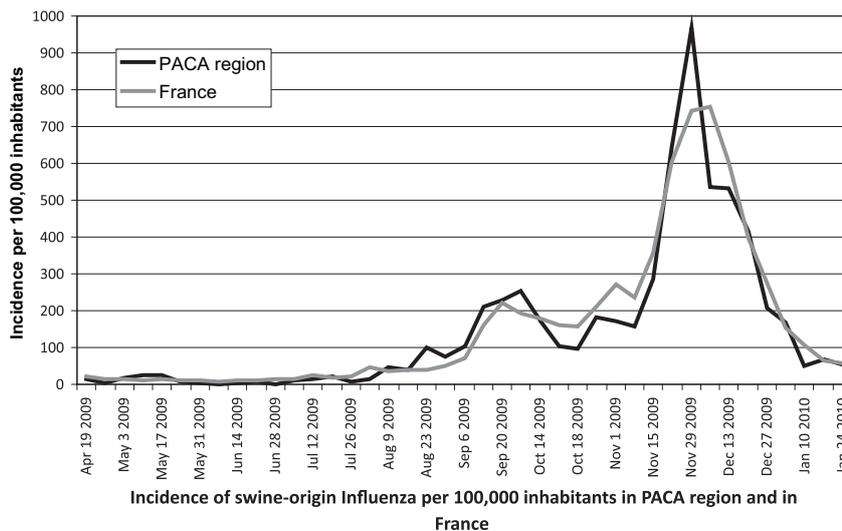


Fig. 2. Incidence of swine-origin Influenza per 100,000 inhabitants in PACA region and in France (source: INSERM, 2010).

number of negative changes significantly decreases to 6% (p -value = .0039) (two-sample tests of proportion).

Let us turn now to the full patterns of change across the 5 stages by participant. Among the $5 \times 5 \times 5 \times 5 = 625$ possible patterns, only 64 are observed (among which 18 correspond to more than one participant) and lead to remarkably clear results. Firstly, this confirms that only a small number of participants revise their intentions between stages 1 and 2 (16.2%), stages 2 and 3 (18.5%), stages 3 and 4 (21.4%), whereas 42.8% participants make revisions between stages 4 and 5. Secondly, two marked patterns emerge: for 45.7% of participants, a constant pattern during the entire procedure and for 20.2%, a constant pattern over the first four stages but an increase between stages 4 and 5. These patterns indicate that although most individuals do not appear to be responsive to information provided, whatever its type, the round table and associated quantitative scientific information provided between stages 4 and 5 gives rise to a significant revision in favor of vaccination. These descriptive findings are confirmed by paired-sample Wilcoxon sign-ranked tests.

Determinants of evolution

Elicited intentions are consistent with participants' attitudes and beliefs. Fig. 5 focuses on how perceptions regarding the usefulness of vaccination impacts the intentions elicited in stage 3. The sample is split into two groups: participants who express positive opinions regarding the usefulness of the vaccination campaign and participants who express negative opinions. Compared to the latter,

Table 4
Logistic regression of positive intention to vaccinate in stage 1 (N = 156).

Variable	Parameter estimate	Robust stand. error	p-value	Marginal effects	95% CI
Constant term	-4.22	1.26	.001	—	—
Female	-1.25	.56	.025	-.114	[-.209; -.188]
HealthAbsol	.02	.02	.115	.002	[-.001; .005]
VaccFlu	1.67	.54	.002	.217	[.044; .390]
VaccBehav	.44	.19	.020	.039	[.009; .069]
KnowVacc_H	1.11	.52	.033	.129	[-.210; .280]
InfoDoct	.85	.52	.102	.080	[-.014; .175]
InfoWeb	-.60	.47	.202	.056	[-.150; .038]
Log pseudolikelihood	= -54.750		Pseudo R ² = .2542		
Joint nullity Wald test (7)	= 24.10		P-value of nullity test = .0011		

participants considering the campaign useful have both a higher intention to vaccinate (38.5% vs. 1.3% with p -value <.0001) and a much lower intention not to vaccinate (51.3% vs. 87.5% with p -value <.0001).

Fig. 6 shows the impact of participants' subjective estimation of the incidence of flu on their intention to vaccinate elicited in stage 4. The higher the expected incidence expressed by the participant, the higher his/her intention to vaccinate and the lower his/her intention not to vaccinate. The difference between negative and positive intentions is significant, except for participants estimating flu incidence as higher than 20% (p -value = .2058).

Finally, who changes his/her mind in stage 5? Participants' opinions on the usefulness of the information provided between stages 4 and 5 were sought and coded as *Science_Pos* if positive, *Science_Neg* if negative and *Science_DK* if participant answered "I don't know". We classify the evolution of intentions between stages 4 and 5 (*s5_4*), into three categories (decrease in intention, no change and increase in intention). For the 71% of participants that judge the scientific information provided useful, increase in intention is significantly higher than for those who judge it useless (42.4% vs. 20.0%, p -value = .0053), while decrease in intention is the same (4.8% vs. 5.0% p -value = .5204). We also explain the evolution of intention with an ordered logit regression on all variables including attitude to vaccination, opinion about the usefulness of the vaccination campaign, subjective estimation of flu incidence

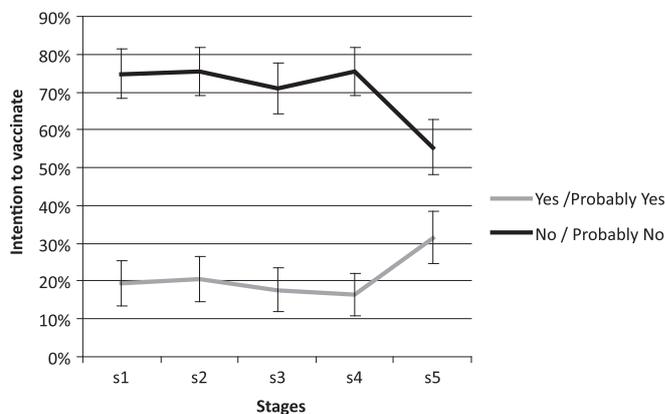


Fig. 3. Evolution of intentions over the five stages with 95% Confidence Interval (CI) ("No" and "Probably No" as well as "Yes" and "Probably Yes" responses are merged).

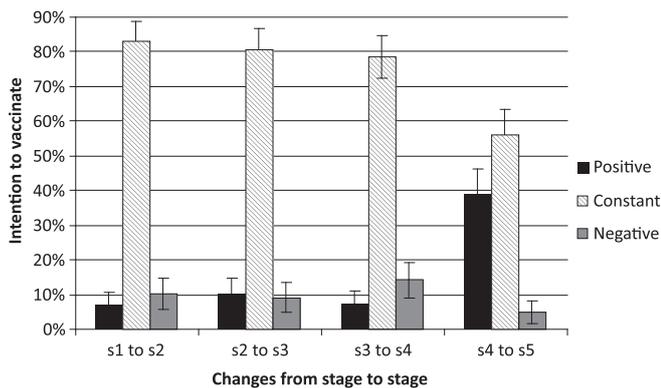


Fig. 4. Evolution of individual intentions from stage to stage with 95% CI.

and opinion on the information provided. The corresponding model correctly predicts 65.5% of the intentions and is shown in Table 5 (only variables with *p*-value lower than .2 are included).

We find that, compared to those who have a negative opinion of the usefulness of the information provided, those who have a positive opinion (*Science_Pos*) or who “don’t know” (*Science_DK*) are more likely to evolve toward intention to vaccinate. Being a *Female* and knowing someone with swine flu (*Contact*) also favor a positive evolution toward intention to vaccinate, whereas participants with a low subjective estimation of the incidence of flu (*i.e.* 5% or less) or who “don’t know” (*SubjBel_Low*) are less likely to evolve toward intention to vaccinate: as expected, they are more difficult to convince.

Discussion

These results clearly show that individual attitude to vaccination is based on personal appraisal of the situation. First, it seems that reluctance to vaccinate is not intended as a “free-ride” on others’ vaccinations. People clearly understand that they cannot rely on high vaccine coverage. The fact that participants did not react to the information provided in stage 2 about the low level of intentions to vaccinate confirms that they were not thinking strategically. Second, formulating opinions about the vaccination campaign (stage 3) and beliefs about the risk of contamination (stage 4) does not influence intentions to vaccinate, even when feedback about other people’s opinions has been provided. This means that participants did not use the information provided by the feedback on others’ behaviors and opinions.

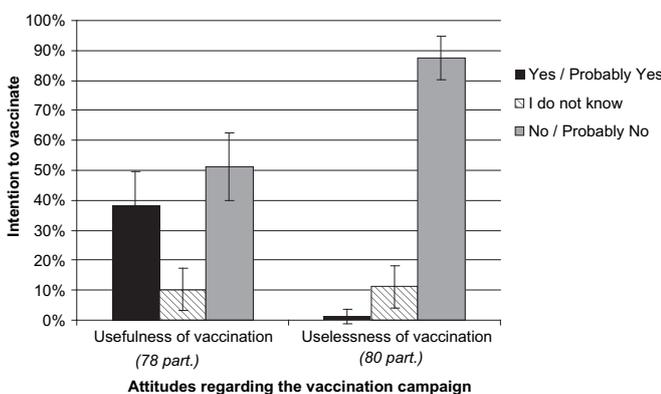


Fig. 5. Intention to vaccinate in stage 3 according to opinions expressed in the four attitudinal questions regarding the vaccination campaign with 95% CI.

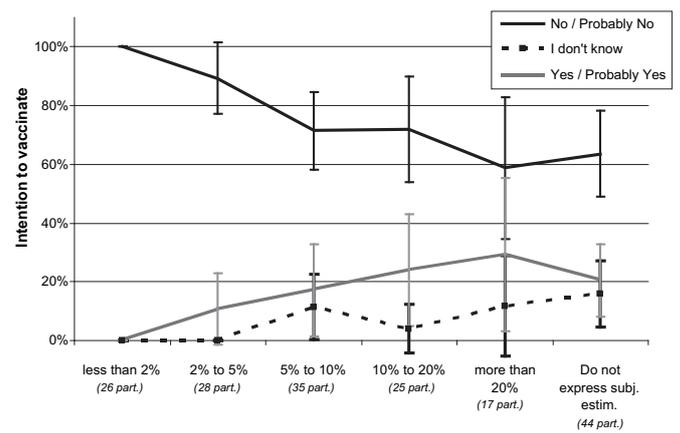


Fig. 6. Intention to vaccinate at stage 4 for different subjective estimations of flu incidence with 95% CI.

Third, the scientific information provided in stage 5 is the crucial factor and leads to a positive change in intentions to vaccinate. Our results thus indicate that providing scientific information can help health authorities bring the public’s willingness to vaccinate into line with the optimal vaccination coverage to prevent major epidemics. Nevertheless, this result should be carefully interpreted for two reasons. First, as the experiment took place when the swine-flu epidemic was at its peak in France (early December 2009), we can expect that intentions to vaccinate were strongly anchored and well-defined among the participants. Accordingly, the types of information given in the first four stages may not have been powerful enough to change the participants’ beliefs, although providing them well before the epidemic might have had a positive effect on intentions to vaccinate. The second reason is due to differences in format between stage 5 and the four earlier stages. In fact, the earlier stages were short, with impersonal presentations of information (like media communications), whereas the fifth stage was longer (25 min) and involved more personal and intensive interactions between participants and the two experts. Although the very high positive evolution of intentions revealed here makes it likely that the impact of scientific information on intentions to vaccinate will be robust, the experiment does not separate out and weight the respective influences of the multiple features involved at stage 5 (scientific information, timing, oral intervention, debate, etc.). Additional controlled experiments exposing different subgroups to variations of stage 5 that use differing single information channels would reveal the respective extent to which these features affect beliefs and behaviors. For instance, an interesting question is whether the same effect would be observed with a subgroup of participants only watching a video recording of the debate. If indeed an active participation in a public debate is not key to the effect we observed, this would be good news for public health intervention in the real world, making cheaper options viable.

The final question is how best to propagate scientific information in a practical way. Clearly, the conditions of stage 5 are hardly replicable for a sizable segment of the population in the run up to a possible epidemic. A successful information channel needs to guarantee that people trust the information provided. Traditional media and Internet seem to be poor candidates: we found that people informed by these media rather than by medical staff were less in favor of vaccination. The family doctor on the other hand may be a good source of information: he/she is usually the first person consulted for health problems and can immediately provide vaccination, once the patient has decided in favor of it. However,

Table 5
Ordered logistic regression of evolution of intention between stage 4 and 5 (n = 171).

Variable	Parameter estimate	Robust stand. error	p-value	Marginal effects on the probability to: [95% CI]		
				Decrease	No change	Increase
Female	1.25	.34	.001	-.032 [-.060; -.004]	-.247 [-.381; -.112]	.279 [.135; .422]
Contact	.84	.34	.014	-.022 [-.047; .002]	-.164 [-.291; -.036]	.186 [.044; .328]
Science_Pos	.65	.4	.099	-.018 [-.045; .008]	-.123 [-.260; .014]	.141 [-.017; .300]
Science_DK	1.82	.71	.010	-.023 [-.042; -.003]	-.399 [-.654; -.144]	.422 [.162; .682]
SubjBel_Low	-1.19	.35	.001	.031 [.003; .059]	.235 [.102; .368]	-.266 [-.410; -.122]
Log pseudolikelihood = -120.100				Pseudo R ² = .1381		
Joint nullity Wald test (7) = 34.30				P-value of nullity test = <.0001		

this may only work for people who are in regular contact with their doctor. The question of optimal mass media communication of credible scientific information is therefore open but two directions in addition to the family doctor seem possible. The first is health-care websites provided by health practitioners, which inform the public about health issues and public health interventions, an option discussed in the *French Senate Report (2010)* or *Tang & Yang (2010)* (see for instance the French sites <http://www.atoute.org/>, as well as the Spanish site <http://www.elblogalternativo.com>, the Australian site <http://www.healthskepticism.org>, or the US site www.medhelp.org which offered an arena for constructive debates during the swine flu pandemic). The second is television broadcasts that present relevant objective health data, organize debates among health specialists and allow interactivity with viewers through telephone, SMS, Internet and surveys.

Acknowledgments

This work was partly supported by program "Riskemotion" ANR-08-RISKINAT-007-01 and a grant from ASTS-PACA. S. Massoni was supported by a Ph.D. fellowship from the Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. The authors thank the Provence-Alpes-Côte-d'Azur Regional Council and IDEP for technical support, M. Sweetko and M. Teschl for their comments on the manuscript, and two anonymous referees for helpful suggestions. Because no nominative information was collected and no medical or physical act was involved, under French regulations ethics approval was not required and informed consent did not need to be sought from the participants. At the beginning of the survey, participants were given a short summary of the experiment and were told the following "We guarantee the absolute confidentiality of your answers, which are fully anonymous and will only be used for the purposes of scientific research. At no time will we be able to identify you with your answers; only a number links your answers to the different parts of the survey. You have the choice to participate or not".

References

Boulier, B. L., Datta, T. S., & Goldfarb, R. S. (2007). Vaccination externalities. *B.E. Journal of Economic Analysis & Policy*, 7(1), (Article 23).
 Brito, D., Sheshinski, E., & Intriligator, M. (1991). Externalities and compulsory vaccinations. *Journal of Public Economics*, 45(1), 69–90.
 Calman, K. C., & Royston, G. (1997). Risk language and dialects. *British Medical Journal*, 315(7113), 939–942.

Chan, M. (2010). *Progress in public health during the previous decade and major challenges ahead*. Report by the Director-General to the Executive Board at its 126th session, Geneva, Switzerland, January 18th.
 Chanel, O., & Chichilnisky, G. (2009). The influence of fear in decisions: experimental evidence. *Journal of Risk and Uncertainty*, 39(3), 271–298.
 Chanel, O., Cleary, S., & Luchini, S. (2006). Does public opinion influence willingness-to-Pay? Evidence from the field. *Applied Economics Letters*, 13(13), 821–824.
 Corso, P. S., Hammitt, J. K., & Graham, J. D. (2001). Valuing mortality-risk reduction: using visual aids to improve the validity of contingent valuation. *Journal of Risk and Uncertainty*, 23(2), 165–184.
 Daley, D. J., & Gani, J. (2001). *Epidemic modelling: An introduction*. Cambridge: Cambridge University Press.
 Eisenberg, J., Aiello, A., Spicknall, I., Monto, A., & Reingold, A. (2009). Protecting the herd from H1N1. *Science*, 326, 934.
 Enserink, M. (2004). Crisis underscores fragility of vaccine production system. *Science*, 306, 385.
 Francis, P. J. (2004). Optimal tax/subsidy combinations for the flu season. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 28, 2037–2054.
 French Senate Report (2010), *Rapport de la commission d'enquête sur le rôle des firmes pharmaceutiques dans la gestion par le Gouvernement de la grippe A (H1N1)v*, Report N° 685, July 29, 163 p.
 Geoffard, P. -Y., & Philipson, T. (1997). Disease eradication: private versus public vaccination. *American Economic Review*, 87(1), 222–230.
 Gersovitz, M., & Hammer, J. S. (2004). The economic control of infectious diseases. *Economic Journal*, 114, 1–27.
 Greenberg, M., Lai, M., Hartel, G., Wichems, C., Gittleson, C., Bennet, J., et al. (2009). Response to a monovalent 2009 influenza A (H1N1). *Vaccine. New England Journal of Medicine*, 361, 2405–2413.
 IFOP. (2009). Les Français et la grippe A – Vague 4. *Opinion Poll*, . http://www.ifop.com/media/poll/985-1-study_file.pdf (Accessed 08.31.10).
 INA Stat. (2009). *Le baromètre thématique des journaux télévisés*. 15, 4 pp.
 INSERM. (2010). Réseau Sentinelles, UPMC. <http://www.sentiweb.fr>.
 Leader, A. E., Weiner, J. L., Kelly, B. J., Hornik, R. C., & Cappella, J. N. (2009). Effects of information framing on human papillomavirus vaccination. *Journal of Women's Health*, 18(2), 225–233.
 MediaprismGroup (2009). *Enquête sur la grippe A* (Online survey on 14,000 internet users in December 10–11), Report, 26 p.
 Medlock, J., & Galvani, A. (2009). Optimizing influenza vaccine distribution. *Science*, 325, 1705–1708.
 Rubin, G. J., Amlôt, R., Page, L., & Wessely, S. (2009). Public perceptions, anxiety, and behaviour change in relation to the swine flu outbreak: cross sectional telephone survey. *British Medical Journal*, 339, b2651.
 Tang, X., Yang, C.C. (2010). Identifying influential users in an online healthcare social network. *IEEE International Conference on Intelligence and Security Informatics: Public Safety and Security*, 43–48.
 TNS Sofres. (2009). Les Français et le vaccin contre la grippe A. *Opinion Poll*, . <http://www.tns-sofres.com/points-de-vue/4CD3B342DAD14BE09991120E57D565FD.aspx> (Accessed 08.31.10).
 United Press International. (2009). Adverse reactions to H1N1 vaccine showing. http://www.upi.com/Top_News/International/2009/11/18/Adverse-reactions-to-H1N1-vaccine-showing/UPI-49261258573820/ 11/18/2009, Ottawa (Accessed 08.31.10).
 Wallinga, J., van Boven, M., & Lipsitch, M. (2010). Optimizing infectious disease interventions during an emerging epidemic. *Proceeding of the National Academy of Sciences U.S.A.*, 107, 923–928.
 Yang, Yang, Sugimoto, J., Halloran, E., Basta, N., Chao, D., Matrajt, L., et al. (2009). The transmissibility and control of pandemic influenza A (H1N1) virus. *Science*, 326, 729–733.

Contents lists available at [SciVerse ScienceDirect](http://www.sciencedirect.com)

Ecological Economics

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolecon

Valuing life: Experimental evidence using sensitivity to rare events

Olivier Chanel ^{a,*}, Graciela Chichilnisky ^b^a Aix Marseille School of Economics (CNRS-GREQAM), 2 Rue de la Charité, F-13236 Marseille cedex 2, France^b Departments of Economics and of Statistics, Columbia Consortium for Risk Management, Columbia University, New York 10027, USA

ARTICLE INFO

Article history:

Received 31 March 2011

Received in revised form 24 October 2011

Accepted 5 March 2012

Available online 27 March 2012

Keywords:

Decision under risk

Value of prevented fatality

Expected utility

Experiment

Catastrophic risk

ABSTRACT

Global environmental phenomena like climate change, major extinction events or flutype pandemics can have catastrophic consequences. By properly assessing the outcomes involved – especially those concerning human life – economic theory of choice under uncertainty is expected to help people take the best decision. However, the widely used expected utility theory values life in terms of the low probability of death someone would be willing to accept in order to receive extra payment. Common sense and experimental evidence refute this way of valuing life, and here we provide experimental evidence of people's unwillingness to accept a low probability of death, contrary to expected utility predictions. This work uses new axioms of choice defined by Chichilnisky (2000), especially an axiom that allows extreme responses to extreme events, and the choice criterion that they imply. The implied decision criteria are a combination of expected utility with extreme responses, and seem more consistent with observations.

© 2012 Elsevier B.V. All rights reserved.

1. Introduction

Global environmental phenomena like climate change, major extinction events or flu-type pandemics share two characteristics: potential catastrophic consequences and a high degree of uncertainty. To determine the best decision to take in order to mitigate or avoid their harmful consequences, decision theorists use the choice under uncertainty framework, especially the widely-applied expected utility (EU). This then commonly assesses potential outcomes, including those affecting human life when deaths are involved. In essence, EU theory values life in terms of the low probability of death that would be acceptable in return for a given amount of money.

However, Arrow (1966) provided the following illustration of how people value their lives that puzzles decision economists: Most people would prefer 5 cents to 2 cents, and 2 cents to death. Does this mean that they would prefer 5 cents and a very low probability of death, to 2 cents? Kenneth Arrow famously commented that a positive response to this question would seem “outrageous at first blush”. And yet the answer is ‘Yes’ according to the EU theory that Von Neumann–Morgenstern, he and others pioneered (Arrow, 1971). For instance, if we take a value of a prevented fatality (VPF) of \$5.5 million (U.S. Environmental Protection Agency, 2004), the corresponding probability of death that would be acceptable for an extra 3 cents is $5.45 \cdot 10^{-9}$ (i.e. $0.03/5.5 \cdot 10^6$) according to EU.

Consequently, Arrow's comment is fully relevant, although at first glance it could be argued that the amounts at stake in his example are

too small to make sense. But Arrow's famous example can be reworked within a simple experiment that provides much larger numerical values.

In February 1998, 64 subjects were invited to play a hypothetical game in which they could choose whether or not to swallow one pill among 1 billion (10^9) identical ones. Only one pill contained a lethal poison that was sure to kill, all the others being harmless. The survivors (i.e. those who swallowed one of the 999,999,999 harmless pills) received \$220,000. We easily infer the value these subjects attribute to their own life according to EU predictions. Each of the 33 subjects who answered ‘No’, implicitly valued his/her own life at more than \$ 220 trillion ($220,000/10^{-9}$). This VPF obviously contrasts with the \$1.7–\$7 million range usually obtained in the literature. The same game was played again by the same subjects as well as new subjects in January 2009, providing similar results as well as motivations for their (possible change in) answers.

This article examines the results of this experiment, and takes another look at Arrow's comment. The theory we present reveals that this puzzling result can be attributed to the failure of EU theory to provide an appropriate value for catastrophic events such as death. It is well known that EU theory has limitations and individuals have been found to violate its axioms in a variety of settings since the 1950s (historical examples are Allais', 1953, and Ellsberg's, 1961 paradoxes). Chichilnisky (2000) showed that it underestimates our responses to rare events no matter how catastrophic they may be. This insensitivity has unintended consequences. We argue that this insensitivity, and the attendant inability to explain responses to choices where catastrophic outcomes are possible, makes EU theory less appropriate to properly express rationality in these situations. A case in point is the experimental paradox presented above when

* Corresponding author. Tel.: +33 4 91 14 07 80; fax: +33 4 91 90 02 27.

E-mail addresses: olivier.chanel@univ-amu.fr (O. Chanel), chichilnisky1@gmail.com (G. Chichilnisky).

valuing human life, since EU theory does not “fit” with the stated behavior of most of the subjects in the experiment.

This paper provides a theoretical framework by considering death as a ‘catastrophe’, namely a rare event with major consequences. Using the new axioms of choice introduced in Chichilnisky (2000, 2002), we derive a choice criterion that is more consistent with the experimental evidence on how people value catastrophic events such as death. We show that EU theory underestimates rare events and that this originates from the classic axiom of continuity (Monotone Continuity, defined in Arrow, 1971) which implies that rational behavior involves *insensitivity to rare events with major consequences* like death. We replace the axiom of continuity by an alternative axiom of *sensitivity to rare events*, formalizing a theory of choice under uncertainty where rare but catastrophic events (such as death) are given a treatment in symmetry with the treatment of frequent events. As a consequence, a probability can be considered low enough to make the lottery involving death acceptable; it all depends on what the other outcomes are.

This implies a different way of valuing life, one that seems more in tune with experimental evidence. First, this new way of valuing life is in keeping with evidence provided by the experiment reported below, given that age and family situation appear to affect the way subjects change their decisions about whether or not to take action impacting the value of their lives. More generally, it may explain why in some experiments people appear to give unrealistically high numerical values to life that are not consistent with the empirical evidence about how they choose occupations, for instance. Second, this new way of valuing life is in keeping with evidence provided by experimental psychologists, who observe that the brain reacts differently when making a decision involving rare situations inspiring extreme fear (LeDoux, 1996). Overall, the proposed framework suggests an alternative way to define rational behavior when catastrophic risks are involved.

The remainder of the paper proceeds as follows. Section 2 presents the experimental evidence. Section 3 recalls recent contributions in the literature on modeling risk and catastrophic events, shows how EU theory fails to appropriately value life and proposes a solution. The final Section discusses the results and draws conclusions.

2. Experimental Evidence

We present the results of an experiment (referred to below as the pill experiment) which twice asked a sample of subjects a question implying a trade-off between the risk of dying and a fixed amount of money, at an interval of 11 years.

2.1. The 1998 Initial Pill Experiment

In February 1998, the members of a Research Center in Quantitative Economics were asked by internal e-mail (in French): “Imagine that you are offered the opportunity to play a game in which you must choose and swallow one pill out of 1 billion (10^9) identical pills. Only one contains a lethal poison that is sure to kill you, all the other pills being ineffective. If you survive (i.e. you swallow one of the 999,999,999 ineffective pills), you receive a tax-free amount of €152,450.¹ Are you willing to choose one pill and to swallow it?”

The value subjects attribute to their own life can be assessed using the classic utility theory of choice under uncertainty. Indeed, state-dependent models, simple single period models, life-cycle models when the change in mortality lasts over an infinitesimally short time (Johansson, 2003) as well as wage-risk trade-off models for marginal changes in risk (see Rosen, 1988; Viscusi, 1993) rely on the EU theory and express the VPF as a marginal rate of substitution between

wealth and risk of death. What happens if this approach is crudely applied to the results of the above experiment?

Before answering, it should be pointed out that studies aiming at valuing life never ask the kind of direct question we use. They generally use either data from market choices that involve an implicit trade-off between risk and money (labor or housing markets, transportation, self-protection or averting behaviors), or stated preferences elicited in more subtle ways and using unidentified victims.² Moreover, stated preferences suffer from limitations, both generally and in this case: the actual behavior is not observed; due to incorrect sensitivity to probabilities, smaller changes in risk tend to induce higher VPF estimates (Beattie et al., 1998); a significant gap exists between willingness to pay and willingness to accept...

Finally, the lack of monetary incentives in this experiment may puzzle the reader and is briefly justified below. A number of authors (e.g. Smith, 1976; Harrison, 1994, or Smith and Walker, 1993) emphasize the importance of paying subjects in real cash and providing appropriate monetary incentives in experiments, based on the principle that monetary incentives are needed to motivate people sufficiently when answering hypothetical questions and that this leads to better performance. On the contrary, other authors, including social (and economic) psychologists (Loewenstein, 1999; Slovic, 1969; Tversky and Kahneman, 1992), consider that subjects should be intrinsically motivated enough to answer truthfully in the experiment and that social or affective incentives may be even better motivators than monetary incentives.

This is a controversial issue among researchers, regularly raised by new experiments or meta-analyses. A case in point is Camerer and Hogarth (1999), who analyzed 74 experiments either known to them (1953–1998) or published in famous US journals from 1990 to 98. These studies all varied incentives substantially. The authors found no effect on mean performance in most of the studies (though variance is usually reduced by higher payment) and noted that “no replicated study has made rationality violations disappear purely by raising incentives”. They conclude that apart from cases in which subjects are required to make a major cognitive effort and/or face an incentive to lie, monetary incentives are not mandatory.

Neither of these conditions applies to our experiment, which moreover has several characteristics suggesting that subjects were intrinsically motivated to answer truthfully: they were volunteer colleagues, with a potential reciprocity concern vis-à-vis the experimenter; they were told they would be provided with a summary of the experimental results; the topic can be considered entertaining and of intellectual interest; and the experiment was not time-consuming at all (5 min). We are therefore confident that participants answered seriously even without monetary incentives, which would have been difficult to implement in this case.

All that being said, subjects face a choice between compensation (€152,450) for accepting a change in risk of death (increase of 10^{-9}) and a status quo alternative. Subjects who answer ‘Yes’ clearly consider that €152,450 is enough to compensate for the increase in death risk, whereas those who answer ‘No’ do not. Due to the referendum-type elicitation question, the minimum amount at which subjects would accept the increase in risk is unknown. Among the 64 responses collected, 33 subjects answered ‘No’ and 31 answered ‘Yes’ (see the second column of Table 1 for details by answer type).

Do some subjects’ characteristics explain such behavior? We look for dependences between the answer given and individual characteristics with contingency chi-square tests (see the second column of Table 2). No evidence of dependence is found: the *p-values* are far from the usual significant levels in use. These results are confirmed by performing an analysis of variance for main effects and crossed

¹ Note that the original wording mentioned FRF 1,000,000. In 1998, the exchange rate was 1 USD per 5.9 FRF.

² However, in our experiment, the victim, although identified, is only exposed to an (infinitesimal) risk change, not to certain death.

Table 1
Composition of the samples (in %).

Sample	1998 survey (n = 64)		2009 survey (n = 120)		1998 and 2009 survey (n = 57)	
	Answers		Answers		Answer changed?	
	No (n = 33)	Yes (n = 31)	No (n = 77)	Yes (n = 43)	No (n = 42)	Yes (n = 15)
<i>Gender</i>						
Male	69.70	67.74	63.63	74.42	76.19	33.33
Female	30.30	32.26	36.37	25.58	23.81	66.66
<i>Position</i>						
Ph.D. student	42.42	35.48	29.88	51.16	33.33	46.66
Adm. Staff	9.10	22.58	15.58	6.98	9.52	33.33
Ass. prof./jr Res. fellow	24.24	19.35	16.88	23.26	30.96	6.66
Professor/Sr Res. fellow	24.24	22.58	29.88	18.60	26.19	13.33
<i>Age</i>						
20–29 years old	36.37	41.94	36.36	53.49	30.96	53.33
30–39 years old	30.30	29.03	24.68	23.25	35.71	26.66
40–49 years old	24.24	16.13	27.27	11.63	26.19	6.66
Over 50 years old	9.09	12.90	11.69	11.63	7.14	13.33
<i>Net individual income</i>						
<€1500/month	42.42	54.84	41.56	58.14	40.47	66.66
€1500–€2499/month	21.21	16.13	18.18	11.63	21.43	41.40
€2500–€3499/month	24.24	9.68	15.58	13.95	23.81	0.00
>€3500/month	12.12	19.35	24.68	16.28	14.29	35.19
<i>Parenthood</i>						
No children	60.61	61.29	29.87	37.21	62.38 ^a	26.67 ^a
At least one child	39.39	38.71	70.13	62.79	47.62 ^a	73.33 ^a

^a Change in Parenthood between 1998 and 2009.

effects (interactions): no characteristic appears significantly discriminant in explaining the Yes/No answer. It is hence not surprising that these characteristics fail to explain subject answers when used as explanatory variables in binomial discrete choice models (Probit and Logit): the percentage of correct predictions obtained does not differ from what would be obtained by chance!

Hence, according to EU predictions, each of the 33 subjects who answers 'No', implicitly values his/her own life at more than € (152,450/10⁹), that is more than € 152.4 trillion! This is seven times the world's total GNP at the time of the survey (€20.8 trillion in 1998, World Bank, 1999), far from the \$1.7–\$7 million range usually obtained in the literature (see for instance Miller, 2000; Mrozek and Taylor, 2002; Viscusi and Aldy, 2003; or U.S. Environmental Protection Agency, 2004). As a consequence, the overall self-assessed value of the members of this research center amounts to at least €6.87 10¹⁴!

What is going wrong? If we rule out the possibility that subjects cannot correctly understand low probabilities (all belong to a Quantitative Economics research center and 84% of them have followed (or given) graduate courses in Statistics), one plausible explanation is that subjects who answer 'No' gave no consideration to what 'one

Table 2
Contingency chi-square tests (p-values).

	Answers in 1998 (n = 64)	Answers in 2009 (n = 120)	Changes in answers 1998 → 2009 (n = 57)
Gender	0.866	0.822	0.003
Position	0.513	0.176	0.047
Age	0.832	0.150	0.261
Individual income (EUR)	0.344	0.344	0.158
Parenthood	0.955	0.413	0.081

chance in 1 billion' means, but rather focussed on the frightening event and disregarded the probability corresponding to this event. We will show in Section 3 that it is because EU is insensitive to rare events that it cannot handle the catastrophic dimension associated with the rare event in this pill experiment.

2.2. The 2009 Follow-up Pill Experiment

In January 2009, the same question was again put by e-mail to the initial 1998 sample as well as to new members of the same Research Center.³ Examining the motivations for their answer is crucial, and to this end, they were questioned on the influence various factors had on their answer. Subjects then gave a mark on a scale of 0 to 5 (where '0' equates to 'no influence at all' and '5' equates to 'very strong influence') to the following changes in factors: marital/familial status (*Family*), financial status (*Financial*), health status (*Health*), age (*Age*), life expectancy (*LifeExpec*), perception of the probability (*PercProba*), opinion w.r.t. this type of issue (*OpIssue*), relation to chance (*Chance*), relation to death (*Death*). An open question at the end allowed subjects to state other factors (*Other*) or give open comments.

Of the 64 initial members, 2 had unfortunately died, it was impossible to find a way of contacting 3 at the time of the study, and 2 did not answer e-mails. The 2009 sample is thus composed of 57 out of 64 (89%) initial members and 63 new members, i.e. a total of 120 subjects. The answers to the pill question were as follows: 77 subjects answered 'No' and 43 answered 'Yes' (see third column of Table 1 for descriptive statistics by answer type). Once again, dependences between the answer given (Yes/No) and individual characteristics were tested with contingency chi-square tests (see the third column of Table 2) and, as for the 1998 answers, no evidence of significant dependence was found.

Three interesting questions remain: what motivates 2009 subjects' answers, do subjects give different answers in 1998 and 2009 and why do some subjects answer differently in 1998 and 2009?

We first present in Table 3 sample statistics on the motivations given by subjects, ranked by decreasing mean mark. Note that 17 out of 120 subjects (14.2%) gave a null mark to all motivations (including *Other*), thus considering that none of them influenced their 2009 answer. Table 3 shows that among the sample, opinion w.r.t. this type of issue (*OpIssue*), perception of the probability (*PercProba*) and marital/familial status (*Family*) seem to have the greatest weight in explaining the answers.

We then test whether 1998 subjects answer differently from 2009 subjects. The standard test consists in comparing the proportion of 'Yes' (or indifferently 'No') in the two samples. However, we should take into account that the samples overlap since 57 subjects belong to both samples. We then use a test of equal proportion that accounts for that (in particular for the fact that the variance of the two proportions is the same under the null hypothesis, see Bland and Butland). The proportion of 'No' for the 2009 sample (n = 120) significantly exceeds that for the 1998 sample (n = 64, two-sample proportion-comparison test with "Bland and Butland" p-value = .0246). If we restrict to the overlapping subjects (n = 57), we obtain the same result (one-sample proportion-comparison t test with "standard" p-value = .0297). Let us consider now the two sub-samples that answer the 2009 follow-up experiment: the 57 subjects that previously answered the 1998 experiment and the 63 new subjects. The proportions of 'No' for these two sub-samples do not significantly differ (two-sample proportion-comparison test with "standard" p-value = .1776).

Finally, let us focus on the 57 subjects that answered both 1998 and 2009 surveys. Moving from the aggregate level to the individual level,

³ The 1998 amount is about €182,000 in 2009 due to inflation (the exchange rate was 1 USD per 0.77 € in 2009).

Table 3
Descriptive statistics on mark^a by motivation (n = 120).

Motivation	Mean	Std.-Dev.	Minimum	Maximum	# non null
OpIssue	2.15	2.14	0	5	68
PercProba	2.01	2.21	0	5	60
Family	1.83	2.13	0	5	56
Death	1.75	2.07	0	5	58
Financial	1.63	1.85	0	5	64
Chance	1.21	1.84	0	5	43
Age	1.09	1.70	0	5	43
LifeExpec	1.01	1.62	0	5	40
Health	.82	1.43	0	5	37
Other ^b	4.62	0.74	3	5	17

^a Mark on a scale of 0 (no influence at all) to 5 (very strong influence).

^b 17 subjects express another motivation and state it.

we observe that 15 subjects changed their mind between 1998 and 2009: 12 by switching from 'Yes' to 'No' and 3 from 'No' to 'Yes'. Five of them gave open comments to explain what motivates their change "I take much bigger risks in everyday life without such a high reward, so I have decided to change from 'No' to 'Yes'", "I now have two children and do not want to add any additional risk – however tiny it may be – that may have painful implications for their life" ('Yes' to 'No'), "My position on the consequences my death would have for my relatives has changed" ('Yes' to 'No'), "I am now married with twins, fully happy and I want nothing more" ('Yes' to 'No') and "the 1998 ratio of gain variation over risk variation expressed in French Francs (i.e., $10^6/10^{-9}$) was more attractive than the current ratio expressed in euros ($182,000/10^{-9}$) w.r.t. the probability perception, even though the monetary gains are similar in terms of purchasing power" (Yes to No). Note that in 9 changes out of 15, the subject had had one (or several) child(ren) since 1998.

Among these 57 subjects, descriptive statistics by change in answer are shown in the fourth column of Table 1 (with 'Yes' for a change and 'No' for no change). Dependences between a change in answer and individual characteristics were also tested with contingency chi-square tests (see last column of Table 2) and significant dependences were found for gender (p-value = 0.003), position (p-value = 0.047) and change in parenthood status (p-value = 0.081). We now turn to a conditional analysis of the determinants of a change in answer by estimating a Logit model. Table 4 presents the best model (Huber/White robust estimator of variance is used) explaining the probability of a change in answer. The overall quality of the model is good, as shown by the strong rejection of the joint nullity of the estimated coefficient (p-value < 0.01), the high Pseudo R² (0.364) and the percentage of correct predictions (48 out of 57, i.e. 84.2%).

Considering now the significant variables, we found that being a female (p-value = 0.008), being over 50 years old (p-value = 0.03) and giving a high mark to the motivation "Family" (p-value = 0.003) and "PercProba" (p-value = 0.019) significantly increase the probability of a change. The marginal effect of the explanatory variables on the probability of a change is computed at the sample means and given in the last column of Table 4, as well as the corresponding p-values. Hence,

Table 4
Estimation of the probability of change (n = 57).

Variable	Estimate	Robust p-value	Marg. effect	Robust p-value
Intercept	-3.954	.000	-	-
Female (= 1)	2.386	.008	.396	.007
Older than 50 (= 1)	2.815	.030	.583	.018
Family (0–5)	0.524	0.003	.070	.022
PercProba (0–5)	0.431	.019	.058	.026

LRI/Pseudo R²: 0.3640
Wald test of joint nullity (p-value): 15.41 (.0039)
Percentage of correct predictions: 84.2%

ceteris paribus, being a female instead of a male increases the probability of change by 40%, being older than 50 by 58%, and one additional point in the mark given to Family (resp. PercProba) increases the probability of a change by 7% (resp 5.8%).

Overall, the pill experiments lead to the following results. First, 52% of the 1998 sample and 64% of the 2009 sample implicitly value their own life at more than €152.4 trillion according to EU predictions. Second, subjects' characteristics are not significant in explaining 1998 or 2009 answers, but being a female and being over 50 years old increase the likelihood of a change in answer between 1998 and 2009 in the sample that answered both surveys. The marital/familial status and the perception of the probability motivations also explain change in answers. Third, because in 9 changes out of 15 the subject had had one (or several) child(ren) since 1998, and because a change in parenthood status is significant in explaining changes in answers, familial status could be seen as the main driver of the answers. However, the perception of (low) probability is certainly also relevant in explaining answers because the 2009 answers of subjects already surveyed in 1998 and those of new subjects do not differ significantly.

Section 3 presents recent contributions to the modeling of catastrophic risks and shows how well these experimental results fit the axiomatic approach introduced by Chichilnisky (2000, 2002).

3. Why EU Theory Fails, and a Solution

A close examination of EU theory appears worthwhile, to identify the source of its inability to rationalize about half of subjects' choices among catastrophic and rare outcomes.

3.1. Notations and Expected Utility

Uncertainty is described by a system that is in one of several states, indexed by the real numbers with a standard Lebesgue measure. In each state a monotonically increasing continuous utility function $u: R^n \rightarrow R$ ranks the outcomes, which are described by vectors in R^n . When the probability associated with each state is given, a description of the utility achieved in each state is called a lottery: a function $f: R \rightarrow R$. Choice under uncertainty means the ranking of lotteries. Bounded utilities are required by Arrow (1971) and many others to avoid the St. Petersburg Paradox (see Chichilnisky, 2000, 2009). An event E is a set of states, and E^c is the set of states of the world not in E (i.e. the complement of the set E).

Axioms for choice under uncertainty describe natural and self-evident properties of choice, like ordering, independence and continuity. These classic axioms were developed half a century ago by von Neumann, Morgenstern, Arrow, Hershstein and Milnor. Continuity is a standard requirement that captures the notion that nearby stimuli give rise to nearby responses, which is reasonable enough. Arrow (1971) calls it Monotone Continuity (MC) and Hershstein and Milnor (1953) call it Axiom 2.⁴ However continuity depends on the notion of 'closeness' that is used. A monotone decreasing sequence of events $\{E^i\}_{i=1}^\infty$, is a sequence for which for all i , $E^{i+1} \subset E^i$. If there is no state in the world common to all members of the sequence, $\bigcap_{i=1}^\infty E^i = \emptyset$ and $\{E^i\}$ is called a vanishing sequence. For example, in the case of the real line, the sequence $\{(n, \infty)\}$, $n = 1, 2, 3, \dots$, is a vanishing sequence of sets.

In Arrow (1971), two lotteries⁵ are close to each other when they have different consequences in small events, which he defines as "An

⁴ Note that Arrow (1971), p. 257, introduces the axiom of Monotone Continuity attributing it to Villegas (1964), p. 1789. It requires that modifying an action in events of small probabilities should lead to similar rankings. At the same time Hershstein and Milnor (1953) require a form of continuity in their Axiom 2 that is similar to Arrow's Monotone Continuity and leads to their Continuity Theorem on p. 293.

⁵ The equivalent to the notion of "lotteries" in our framework is the notion of "actions" in Arrow (1971).

event that is far out on a vanishing sequence is ‘small’ by any reasonable standards” and more formally, as follows:

Axiom of Monotone Continuity (MC) Given a and b , where $a \succ b$, a consequence c , and a vanishing sequence $\{E^i\}$, suppose the sequences of actions $\{a^i\}, \{b^i\}$ satisfy the conditions that (a^i, s) yields the same consequences as (a, s) for all s in $(E^i)^c$ and the consequence c for all s in E^i , while (b^i, s) yields the same consequences as (b, s) for all s in $(E^i)^c$ and the consequence c for all s in E^i . Then for all i sufficiently large, $a^i \succ b$ and $a \succ b^i$ (Arrow, 1971, p. 48).

In Arrow's framework, two lotteries that differ in sets of small enough Lebesgue measure are very close to each other.

On the basis of the standard axioms of choice (including MC), a crucial result established that individuals optimize the ranking of lotteries $W_{EU}(f)$ according to an expected utility function. The expected utility of a lottery f is a ranking defined by $W_{EU}(f) = \int_{x \in R} f(x) d\mu(x)$ where μ is a measure with an integrable density function $\phi(\cdot)$ that belongs to the space of all measurable and integrable functions on R so $\mu(A) = \int_A \phi(x) dx$, where dx is the standard Lebesgue measure on R . The ranking $W_{EU}(\cdot)$ is a continuous linear function that is defined by a countably additive measure μ .⁶

3.2. Recent Contributions to the Modeling of Catastrophic Risks

In recent work, a catastrophic risk is described as an event that has “a very low probability of materializing, but that if it does materialize will produce a harm so great and sudden as to seem discontinuous with the flow of events that preceded it” (Posner, 2004, p. 6). This interpretation of catastrophic risks is entirely consistent with ours. However, Posner (2004) does not model decisions with catastrophic risks – he refers to EU analysis and points out that this analysis is inadequate to explain the decisions that people make when confronted with catastrophic risks.

The modeling of catastrophic risks in Weitzman (2009) is based on EU and assumes that there are “heavy tails” (defined as distributions that have an infinite moment generating function). He seeks to explain behavioral discrepancies by attributing them to these unexplained “heavy tails”. It should be noted that, “heavy tails” being inconsistent with the main axioms of EU, this leads to the non-existence of a robust solution and unacceptable conclusions, like using all the current resources to mitigate future catastrophes. As noted by Buchholz and Schymura (2010), a model assuming both EU theory and utility function unbounded below leads to catastrophic events playing a dominant role in the decision-making process. In contrast, the choice of utility functions that are bounded below leads to implausibly low degrees of relative risk aversion and catastrophic events playing no role in the decision-making process.

To avoid infinite values, Weitzman (2011) suggests thinning or truncating the probability distribution, or putting a cap on utility. Other authors try to reconcile EU and “heavy tails” by using specific utility functions other than power Constant Relative Risk Aversion utility. For instance, Ikefuji et al. (2010) propose the two-parameter Burr function or exponential utility function and Millner (2011) proposes the (bounded) Harmonic Absolute Risk Aversion function to model individual preferences. However, this approach yields results driven by subjective choices like functional forms or parameter values, which is not fully satisfactory, as Weitzman (2011) admits.

Chichilnisky's (1996, 2000, 2002, 2009) approach, presented hereafter, differs from the above in proposing a systematic axiomatic foundation for modeling catastrophic risks or for making decisions when risks are catastrophic. She shows why EU theory fails to explain half the answers in the experiment and identifies the MC axiom as the source of the problem, proposing an alternative set of axioms that appear to fit the experimental evidence.

3.3. The Failure of EU and a Solution

The failure of EU appears to be due to the MC axiom which implicitly postulates that rational behavior should be ‘insensitive’ to rare events with major consequences. More specifically, the culprit is the underlying definition of proximity that is used in the MC axiom, where two events are close to each other when they differ on a set of small measure no matter how great the difference in their outcomes. Chichilnisky (2000, 2002, 2009) used a L_∞ sup norm that is based on extreme events to define closeness: two lotteries f and g are close when they are uniformly close almost everywhere (a.e.), i.e. when $\sup_R |f(t) - g(t)| < \epsilon$ a.e. for a suitable small $\epsilon > 0$.⁷ As a consequence, some catastrophic events are small under Arrow's definition but not necessarily under Chichilnisky's.

The core here is that her definition of closeness is more sensitive to rare events than Arrow's. It implies that a probability can be considered as low enough to make the lottery involving death acceptable, depending on what the other outcomes are. This higher sensitivity constitutes the second of her three axioms, which must be satisfied by a ranking W to evaluate lotteries:

Axiom 1. The ranking $W: L_\infty \rightarrow R$ is linear and continuous on lotteries.

The ranking W is called *continuous and linear* when it defines a linear function on the utility of lotteries that is continuous with respect to the norm in L_∞ .

Axiom 2. The ranking $W: L_\infty \rightarrow R$ is sensitive to rare events.

A ranking function $W: L_\infty \rightarrow R$ is called *insensitive to rare events* when it neglects low probability events; formally if given two lotteries (f, g) there exists $\epsilon = \epsilon(f, g) > 0$, such that $W(f) > W(g)$ if and only if $W(f') > W(g')$ for all f', g' satisfying $f' = f$ and $g' = g$ a.e. on $A \subset R$ when $\mu(A^c) < \epsilon$. We say that W is *sensitive to rare events*, when W is not insensitive to low probability events.

Axiom 3. The ranking $W: L_\infty \rightarrow R$ is sensitive to frequent events.

Similarly, $W: L_\infty \rightarrow R$ is said to be *insensitive to frequent events* when for every two lotteries f, g there exists $\epsilon = \epsilon(f, g) > 0$ such that $W(f) > W(g)$ if and only if $W(f') > W(g')$ for all f', g' such that $f' = f$ and $g' = g$ a.e. on $A \subset R: \mu(A^c) > 1 - \epsilon$. We say that W is *sensitive to frequent events* when W is not insensitive to frequent events.

Our notion of ‘nearby’ is stricter and requires that the lotteries be close almost everywhere, which implies *sensitivity to rare events*. Chichilnisky (2009) proved that EU theory fails to explain the behavior of individuals facing catastrophic events since:

Theorem 1. A ranking of lotteries $W(f): L_\infty \rightarrow R$ satisfies the Monotone Continuity Axiom if and only if it is insensitive to rare events (see proof in Chichilnisky, 2009).

A formal statement of the theorem is hence $MC \Leftrightarrow \neg$ Axiom 2. The simple example below shows why the axiom MC leads to insensitivity to rare events.

Example. Assume that the Axiom MC is satisfied. By definition, this implies for every two lotteries $f \succ g$, every outcome c and every vanishing sequence of events $\{E^i\}$ there exists N such that arbitrarily altering the outcomes of lotteries f and g on event E^i , where $i > N$, does not alter the ranking, namely $f' \succ g'$, where f' and g' are the altered versions of lotteries f and g respectively.⁸ In particular since, for any given f and g , Axiom MC applies to every vanishing sequence of events $\{E^i\}$, we can choose a sequence of events consisting of open intervals $I = \{I^i\}_{i=1}^\infty$ such that $I^i = \{x \in R: x > i\}$ and another $J =$

⁷ A similar topology was used in Debreu's (1953) formulation of Adam Smith's Invisible Hand theorem.

⁸ For simplicity, we consider alterations in those lotteries that involve the ‘worst’ outcome $c = \inf_R |f(x), g(x)|$, which exists because f and g are bounded a.e. on R by assumption.

⁶ A ‘countably additive’ measure is defined in Appendix.

$\{f^i\}_{i=1}^\infty$ such that $J^i = \{x \in R : x < -i\}$. Consider the sequence $K = \{K^i\}$ where $K^i = J^i \cup J^j$. The sequence K is a vanishing sequence by construction. Therefore there exists an $i > 0$ such that for all $N > i$, any alterations of lotteries f and g over K^N , denoted f^N and g^N respectively, leave the ranking unchanged i.e. $f^N > g^N$. Therefore Axiom MC implies insensitivity of ranking W in unbounded sets of events such as $\{E^i\}$.

Hence, because EU (and more generally approaches relying on the EU axiomatic) relies on the MC Axiom that considers two lotteries to be close when they differ in events of small measure, it is insensitive to rare events.⁹ This leads directly to the way of valuing life we describe above: measured by the low probability of death acceptable in exchange for an extra amount of money. This classic axiom postulates that rational behavior should be 'insensitive' to rare events with major consequences such as death, as proved in Theorem 1. This insensitivity underestimates our true responses to catastrophes, creating an impression of irrationality from observed behavior that is not fully justified. Taking a family of subsets of events containing no rare events, for example when the Lebesgue measure of all events contemplated is bounded below, EU satisfies all three Axioms. Indeed, in the absence of rare events, Axiom 2 is an empty requirement and Axioms 1 and 3 are consistent with EU theory.

The MC axiom is strong and somewhat counterintuitive, so it is not surprising that the experimental results contradict it. It requires, for example, that the measures of a nested sequence of intervals of events $\{x : x > n\}$ for $n = 1, 2, \dots$ decrease all the way to zero. This zero limit is required even though the intervals themselves $\{x : x > n\}$ are all essentially identical and could, for example, be expected to have the same measure, at least in some cases. No explanation is provided for this somewhat unusual and strong axiom, in which essentially a sequence of identical sets is assumed always to have measures converging to zero.

In contrast, the axioms for decision-making with catastrophic risks utilized here require sensitivity to rare events, a new axiom which applies in some cases and not in others. This new axiom allows for the measures in such sequences converging to zero in some cases and not in others, a logical negation of MC. This flexibility seems more intuitive and plausible. While the universal applicability of MC is ruled out, a different type of continuity is required in the new axioms. Experimental evidence contradicts EU theory when catastrophes are involved (as Posner, 2004, explains himself), and therefore it contradicts the universal applicability of its underlying axiom, MC. The experimental results presented in this article are consistent with the new axiom of sensitivity to rare events. The difference between MC and sensitivity to rare events is at the basis of the new form of decision-making under uncertainty involving catastrophic risks introduced and developed in Chichilnisky (1996, 2000, 2002, 2009), and can be viewed as the axiomatic foundation for the experimental results presented in this article.

In the experiments presented here, the value of life can be considered as clearly defined if a subject is willing to accept the same probability of death in exchange of the same amount of money and the value of life is therefore contingent on the amount itself. Our findings show, however, that for the same amount of money, the subject may or may not be willing to accept the same small probability of death, which indicates that subjects are taking into consideration factors other than the amount of money and the probability of death when making a decision. This appears to conflict with existing theory based on the MC axiom, where the probability of death a subject is prepared to accept can be clearly defined for any given payment. In particular we establish the following result:

Theorem 2. A ranking of lotteries $W : L_\infty \rightarrow R$ that satisfies Axiom 2 (i.e. that is sensitive to rare events) determines a value of life that changes depending on outcomes other than the amount of money.

⁹ See also Chichilnisky (1996, 2000, 2002) for a general proof that EU is insensitive to rare events.

Proof. Theorem 1 showed that sensitivity to rare events is the negation of the MC Axiom. This implies that for two given lotteries $f > g$, every outcome c and every vanishing sequence of events $\{E^i\}$ there exists N such that arbitrarily altering the outcomes of lotteries f and g on event E^i , where $i > N$, does not alter the ranking, namely $f' > g'$, where f' and g' are the altered versions of lotteries f and g respectively, while for some other lotteries $f > g$, every outcome c and some vanishing sequence of events $\{E^i\}$ there exists N such that arbitrarily altering the outcomes of lotteries f and g on event E^i , where $i > N$, does alter the ranking, namely $g' > f'$, where f' and g' are the altered versions of lotteries f and g respectively. Recall that – as in Theorem 1 above – we have considered alterations in the lotteries that involve the 'worst' outcome $c = \inf_R |f(x), g(x)|$. The worst outcome can be identified with "death", and is common to the two sets of lotteries under comparison. The alterations in both cases are the same, representing small enough probabilities of death. This implies that, for a small enough probability of death (determined by N) in the first two lotteries, the subject will accept the risk of death when offered the small payment, while in the second lottery the same probability of death (represented by N) is not small enough. In other words, depending on other outcomes of the lotteries, the subject will accept a small probability of death, or will not accept that probability. Therefore the value of life depends on other outcomes of the lottery, as we wished to establish.

Do some decision criteria satisfy all three Axioms in the presence of rare events? Yes, if we modify EU by adding another component called 'purely finitely additive' elements of L_∞^* ¹⁰ that embodies the notion of sensitivity for rare events. The only acceptable rankings W under the three axioms above are a convex combination of L_1 function plus a purely finitely additive measure putting all weight on extreme or rare events, as stated in the Theorem below:

Theorem 3. A ranking of lotteries $W : L_\infty \rightarrow R$ satisfies all three Axioms 1, 2 and 3, if and only if there exist two continuous linear functions on L_∞ , ϕ_1 and ϕ_2 and a real number λ , $0 < \lambda < 1$, such that:

$$W_{TFA}(f) = \lambda \int_{x \in R} f(x) \phi_1(x) dx + (1 - \lambda) \langle f, \phi_2 \rangle \quad (1)$$

where $\int_R \phi_1(x) dx = 1$, while ϕ_2 is a purely finitely additive measure (see proof in Chichilnisky, 1996, 2000, 2002).

The intuition behind this Theorem is that the first term of the utility in (1) is akin to EU, and therefore introduces a measure of sensitivity to normal or relatively frequent events. The density $\phi_1(x)$ defines a countably additive measure that is absolutely continuous with respect to the Lebesgue measure.¹¹

The second term of the utility in (1) is inconsistent with the MC axiom, and satisfies a different type of continuity, under a topology called "The Topology of Fear" (Chichilnisky, 2009). This second term is very sensitive to rare events and balances out the first term in the characterization, which is only sensitive to normal or frequent events. The operator $\langle f, \phi_2 \rangle$ represents the action of a measure $\phi_2 \in L_\infty^*$ that differs from the Lebesgue measure in placing full weight on rare events. Remember that ϕ_2 cannot be represented by an L_1 function.

The two terms together therefore satisfy both 'sensitivity to rare events', and 'sensitivity to frequent events', as is required by the new axiomatic treatment of decision making under uncertainty

¹⁰ The space L_∞^* is called the 'dual space' of L_∞ , and is known to contain two different types of rankings $W(\cdot)$, (i) integrable functions in $L_1(R)$ that can be represented by countably additive measures on R , and (ii) 'purely finitely additive measures' which are not representable by functions in L_1 (Chichilnisky, 2000), and are not continuous with respect to the Lebesgue measure of R . See Appendix for a definition of a 'finitely additive' measure.

¹¹ A measure is called absolutely continuous with respect to the Lebesgue measure when it assigns zero measure to any set of Lebesgue measure zero; otherwise the measure is called singular.

with catastrophic risks used here. The implied decision criteria that emerge from the new axioms are a combination of EU with extreme responses (to extreme events like death), and seem more in line with experimental evidence.

Indeed, it seems that purely finitely additive measures could play an important role in explaining how our brains respond to extreme risks. When the number of choices is finite there is a simpler way to explain the criterion of choice: *it is similar to a convex combination of EU and a maximin*. EU is optimized while at the same time avoiding those choices that involve catastrophic outcomes, such as death. This rule is *inconsistent* with EU and will rank a choice that involves death much lower than EU would. Therefore any observer that anticipates EU optimization will be disappointed, and will believe that there is irrationality.¹² But this is not true, as the rule becomes rational once we take into account rational responses to extreme events. It is consistent with what people do on an everyday basis, with what is observed in the experiments presented here and also with what Arrow's famous comment implies.

4. Discussion and Concluding Remarks

How the Axiom MC creates insensitivity to rare events can be illustrated by the following situation used by Arrow (1966) to show how people value their lives, along the same lines as the discussion in the Introduction. If *a* is an action that involves receiving one cent, *b* is another that involves receiving zero cents, and *c* is a third action involving receiving one cent and facing a low probability of death, Arrow's *Monotone Continuity* requires that the third action involving death and one cent should be preferred to the second involving zero cents when the probability of death is low enough. Even Arrow says of his requirement 'this may sound outrageous at first blush...' (Arrow, 1966, p. 256, l. 28–29). Outrageous or not, we saw in Theorem 1 that MC leads to the neglect of rare events with major consequences like death.

Theorem 1 shows that Axiom 2 eliminates those examples that Arrow calls outrageous. We can also see how Axiom 2 provides a reasonable solution to the problem, as follows. Axiom 2 implies that there are catastrophic outcomes, such as the risk of death, so terrible that people are unwilling to accept a low probability of death to obtain one cent versus 0 cents, no matter how low that probability may be. Indeed, according to the sensitivity Axiom 2, no probability of death is acceptable when one cent and 0 cents are involved. However according to Axiom 2, in some cases, the probability can be low enough to make the lottery involving death acceptable. As shown in Theorem 2, it all depends on what the other outcomes are. This becomes clear in our approach and seems a reasonable solution to the problem that Arrow raises.

For example, if in the above example "one cent were replaced by one billion dollars" – as Arrow (1966 p. 256, lines 31–32) suggests – under certain conditions we may be willing to choose the lottery that involves a low probability of death and one billion dollars over the lottery that offers 0 cents.¹³ Indeed, some of the subjects in the pill experiment state that they might have chosen to take the pill for a larger amount ("the amount is not big enough" (3 subjects), "the amount is too small to dramatically change my life", "I would have answered 'Yes' if I was almost in absolute poverty").

More to the point, consider the same type of death risk: a low probability of death caused by a medicine that can cure an otherwise

incurable cancer may be preferable to no cure. A sick person may evaluate a cure – no matter how risky – higher than a healthy person would, and may be willing to take risks that a healthy person would not. In the same spirit, as shown in the pill experiment, the same individual may change his/her mind depending on factors exogenous to the outcomes. Here, among the two reasons that significantly explained such a change in the subjects that answered both 1998 and 2009 surveys, were "change in marital/familial status" and "change in the perception of the probability".

The former has to do with the painful implications the death would have for relatives. The latter has to do with the subjective perception of the probability 10^{-9} . One reason suggests itself: the 9/11 attacks, which occurred between the two experiments. Indeed, although subjects may have considered the outcome "simultaneous crashes of two commercial flights into the World Trade Center within the same hour" of tiny probability, the fact that it actually occurred may have led them to change their perception of tiny probability. No catastrophe had ever been so widely covered worldwide. This may explain that, in 2009 answers, new subjects do not significantly differ from previously 1998 surveyed subjects when surveyed in 2009. Indeed, Sunstein (2003) also provides evidence that individuals show unusually strong reactions to low-probability catastrophes especially when their emotions are intensely engaged. This "probability neglect" is also explored in Sunstein and Zeckhauser (2011) regarding both fearsome risks and the resulting damaging overreactions shown in individual behavior and government regulations.

Recently, Chanel and Chichilnisky (2009) report experimental results from a study of the predictions of the standard EU framework under catastrophic risks. Subjects faced choices among events involving "being locked up in a room with no chance of escaping, being freed or communicating (with relatives, friends...), with nothing interesting to do". The events differed as to the duration of detention, and the catastrophic event was created by making the period of detention 40 years. Interestingly, the results obtained are in line with that obtained here: more than half the subjects did not behave according to EU theory whereas the remaining half answered according to EU theory; however all behaved according to the approach proposed in this article.

To conclude, the alternative approach proposed in this article furthers the treatment of catastrophic outcomes in two ways.

First, it provides a new measure for the value of life with two important characteristics: it values life more highly than under the EU criterion, and this value is shown to depend on other factors, not only on the numerical value of what is being offered. This is because catastrophes are worst-case events whose weight depends on what else is going on in people's lives.

Second, the alternative approach challenges the belief that EU properly expresses rationality in situations involving catastrophic outcomes. Indeed, EU theory is found to perform poorly in explaining the actual behavior of most of the subjects in the experiment, even though these subjects are fully familiar with the logic behind EU theory, while the alternative approach performs quite well. We do not reject the MC axiom outright – nor do we reject EU outright. Rather, we find that it is more realistic and satisfactory that MC be satisfied in some cases and not in others – EU axioms therefore being satisfied in some cases and not in others. Requiring that MC be satisfied in all cases and thus that EU utility axioms hold in all cases is problematic, since it implies insensitivity to rare and potentially catastrophic events. Hence, our approach stands as an alternative proposal for defining rational behavior in the face of catastrophes such as death. In any case, in the absence of rare events with major consequences, our theory of choice under uncertainty is consistent with and mirrors the standard EU theory (our Axiom 2 is indeed void of meaning), and can therefore be viewed as an extension of classic decision theory.

Finally, an interesting avenue for future research might be to explore how the brain works while considering outcomes involving

¹² Note that EU could be used in certain cases to rationalize answers like the one we obtained, without providing a consistent set of axioms that create a well defined theory, by assuming that some subjects are infinitely averse to risk (unbounded below utility function). However, this is a somewhat ad hoc treatment not satisfactory theoretically since it brings back in the St Petersburg Paradox.

¹³ Or if the death event had been replaced by a less frightening event, say a €152,450 loss, we are willing to bet that most of the subjects in the pill experiment would have accepted the 10^{-9} probability of loss.

catastrophic and non-catastrophic events. Are the same zones activated? In the same order? For the same length of time? Functional magnetic resonance imaging or positron emission tomography should help answer these questions, since neuroeconomic decision science is no longer a utopian concept (see for instance Smith et al., 2002; or Knutson and Peterson, 2005).

Acknowledgments

This research is part of Columbia's Program on Information and Resources, and the Columbia Consortium for Risk Management (CCRM). It was motivated by Olivier Chanel's experimental research and is based on earlier results in "The Topology of Fear" (Chichilnisky, 2000, 2002, 2009). It is partly supported by program Riskemotion (ANR-08-RISKMAT-007-01), which is gratefully acknowledged. We thank two anonymous referees, Marjorie Sweetko and Jean-Christophe Vergnaud for helpful comments and suggestions, congress participants at Montréal 2010 WCERE for helpful discussions, and the 127 former and current Greqam members for their kind participation.

Appendix. Countably and Purely Finitely Additive Measures

The space of continuous linear functions on L_∞ is a well known space called the "dual" of L_∞ , and is denoted L_∞^* . This dual space has been fully characterized e.g. in Yosida and Hewitt (1952) or Yosida (1974). Its elements are defined by integration with respect to measures on R . The dual space L_∞^* consists of (i) L_1 functions g that define countably additive measures μ on R by the rule $\mu(A) = \int_A g(x) dx$ where $\int_R |g(x)| dx < \infty$ and therefore μ is absolutely continuous with respect to the Lebesgue measure, namely it gives measure zero to any set with Lebesgue measure zero, and (ii) a 'non- L_1 part' consisting of purely finitely additive measures ρ that are 'singular' with respect to the Lebesgue measure and give positive measure to sets of Lebesgue measure zero; these measures ρ are finitely additive but they are not countably additive. A measure η is called finitely additive when for any family of pairwise disjoint measurable sets $\{A_i\}_{i=1, \dots, N}$ $\eta(\cup_{i=1}^N A_i) = \sum_{i=1}^N \eta(A_i)$. The measure η is called countably additive when for any family of pairwise disjoint measurable sets $\{A_i\}_{i=1, \dots, \infty}$ $\eta(\cup_{i=1}^\infty A_i) = \sum_{i=1}^\infty \eta(A_i)$. The countably additive measures are in a one-to-one correspondence with the elements of the space $L_1(R)$ of integrable functions on R . However, purely finitely additive measures cannot be identified by such functions. Yet purely finitely additive measures play an important role, since they ensure that the ranking criteria are 'sensitive to rare events' (Axiom 2). These measures define continuous linear real valued functions on L_∞ , thus belonging to the dual space of L_∞ (Yosida, 1974), but cannot be represented by functions in L_1 .

References

Allais, M., 1953. Le comportement de l'homme rationnel devant le risque: critique des postulats et axiomes de l'école américaine. *Econometrica* 21, 503–546.
 Arrow, K., 1966. Exposition of the theory of choice under uncertainty. *Synthese* 16, 253–269.
 Arrow, K., 1971. *Essays in the Theory of Risk Bearing*. North Holland, Amsterdam.
 Beattie, J., Chilton, S., Cookson, R., Covey, J., Hopkins, L., Jones-Lee, M., Loomes, G., Pidgeon, N., Robinson, A., Spencer, A., 1998. *Valuing Health and Safety Controls: a literature Review*, Report. HSE Books, London.
 Bland, J.M., Butland, B.K. Comparing proportions in overlapping samples. Unpublished paper, <http://www-users.york.ac.uk/~mb55/overlap.pdf>, accessed on 10/24/2011, 13 p.

Buchholz, W., Schymura, M., 2010. Expected utility theory and the tyranny of catastrophic risks. ZEW Discussion Paper No. 10-059, Mannheim. .
 Camerer, C., Hogarth, R., 1999. The effects of financial incentives in experiments: a review and capital-labor-production framework. *Journal of Risk and Uncertainty* 19 (1), 7–42.
 Chanel, O., Chichilnisky, G., 2009. The influence of fear in decisions: experimental evidence. *Journal of Risk and Uncertainty* 39, 271–298.
 Chichilnisky, G., 1996. Updating von Neumann Morgenstern axioms for choice under uncertainty. *Proceedings of a Conference on Catastrophic Risks: The Fields Institute for Mathematical Sciences, Toronto Canada*. .
 Chichilnisky, G., 2000. An axiomatic approach to choice under uncertainty with catastrophic risks. *Resource and Energy Economics* 22, 221–231.
 Chichilnisky, G., 2002. Catastrophic risk. In: El-Shaarawi, A., Piegorisch, W. (Eds.), *Encyclopedia of Environmetrics*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester: UK, pp. 274–279. 1 pp.
 Chichilnisky, G., 2009. The topology of fear. *Journal of Mathematical Economics* 45, 807–816.
 Debreu, G., 1953. Valuation equilibrium and Pareto optimum. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 40, 588–592.
 Ellsberg, D., 1961. Risk, ambiguity, and the Savage axioms. *Quarterly Journal of Economics* 75, 643–669.
 Harrison, G., 1994. Expected utility theory and the experimentalists. *Empirical Economics* 19, 223–253.
 Hershman, N., Milnor, J., 1953. An axiomatic approach to measurable utility. *Econometrica* 21, 291–297.
 Ikefuji, M., Laeven, R.J.A., Magnus, J.R., Muris, C., 2010. Expected utility and catastrophic risk in a stochastic economy-climate model. Working Paper 2010-122. Tilburg University. ISSN 0924-7815.
 Johansson, P.-O., 2003. The value of a statistical life: theoretical and empirical evidence. *Applied Health Econom. Health Policy Special Issue* 25–33.
 Knutson, B., Peterson, R., 2005. Neurally reconstructing expected utility. *Games and Economic Behavior* 52, 305–315.
 LeDoux, J., 1996. *The Emotional Brain*. Simon and Schuster, New York.
 Loewenstein, G., 1999. Experimental economics from the vantage-point of behavioural economics. *Economic Journal* 109, 25–34.
 Miller, T., 2000. Variations between countries in value of statistical life. *Journal of Transport, Economics and Policy* 34 (2), 169–188.
 Millner A., 2011. On welfare frameworks and catastrophic climate risks. Mimeo University of California, Berkeley, 29 p., <http://ssrn.com/abstract=1799481>, accessed on 10/24/2011.
 Mrozek, J., Taylor, L., 2002. What determines the value of a life? A meta-analysis. *Journal of Policy Analysis and Management* 21 (2), 253–270.
 Posner, R., 2004. *Catastrophe: Risk and Response*. Oxford University Press, New York.
 Rosen, S., 1988. The value of changes in life expectancy. *Journal of Risk and Uncertainty* 1 (3), 285–304.
 Slovic, P., 1969. Differential effects of real versus hypothetical payoffs on choices among gambles. *Journal of Experimental Psychology* 80, 434–437.
 Smith, V., 1976. Experimental economics induced value theory. *American Economic Review* 66 (2), 274–279.
 Smith, V., Walker, J., 1993. Monetary rewards and decision cost in experimental economics. *Economic Inquiry* 31, 245–261.
 Smith, K., Dickhaut, J., McCabe, K., Pardo, J.V., 2002. Neuronal substrates for choice under ambiguity, risk, gains and losses. *Management Science* 48, 711–718.
 Sunstein, C., 2003. Terrorism and probability neglect. *Journal of Risk and Uncertainty* 26 (2/3), 121–136.
 Sunstein, C., Zeckhauser, R., 2011. Overreaction to fearsome risks. *Environmental & Resource Economics* 48 (3), 435–449.
 Tversky, A., Kahneman, D., 1992. Advances in prospect theory: cumulative representation of uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty* 5, 297–323.
 U.S. Environmental Protection Agency, 2004. *Benefits of the proposed inter-state air quality rule*. Report EPA 452-03-001. January.
 Villegas, C., 1964. On quantitative probability σ -algebras. *Annals of Mathematical Statistics* 35, 1789–1800.
 Viscusi, K., 1993. The value of risks to life and health. *Journal of Economic Literature* XXXI, 1912–1946.
 Viscusi, K., Aldy, J., 2003. The value of a statistical life: a critical review of market estimates throughout the world. *Journal of Risk and Uncertainty* 27 (1), 5–76.
 Weitzman, M.L., 2009. On modelling and interpreting the economics of catastrophic climate change. *Review of Economics and Statistics* 91 (1), 1–19.
 Weitzman, M.L., 2011. Fat-tailed uncertainty in the economics of catastrophic climate change. *Review of Environmental Economics and Policy* 5 (2), 275–292.
 World Bank, 1999. *World Development Report 1998/99*. Oxford University Press.
 Yosida, K., 1974. *Functional Analysis*, 4th edition. Springer Verlag, New York Heidelberg.
 Yosida, K., Hewitt, E., 1952. Finitely level independent measures. *Transactions of the American Mathematical Society* 72, 46–66.

Elicitation of Subjective Probabilities in the Light of Signal Detection Theory *

Thibault Gajdos [†] Sébastien Massoni [‡] Jean-Christophe Vergnaud [§]

December 2012

Abstract

Most theories of decision-making under uncertainty are based on the idea that individuals weight events by some (transformation of) subjective probabilities. Elicitation of these subjective probabilities has thus become a major concern for evaluating and applying these models. In order to do so, one needs: (i) to be sure that such subjective probabilities actually exist in individuals' minds and, (ii) to be able to infer these subjective probabilities from behavioral data. Cognitive sciences demonstrate that decisions in perceptive tasks are based on probabilities encoded at the neuronal level. Moreover, Signal Detection Theory (SDT) provides a theoretical model, confirmed by experimental neuronal data, that relates these probabilities to behavioral data. Here we use three different elicitation rules to measure individuals' confidence in a perceptive task, and compare the results with the theoretical predictions based on SDT. We find that subjective probabilities elicited by a specific rule, the Matching Probabilities, fit very well the theoretical predictions. We also show that these results are consistent with those obtained for the same subjects in a non-perceptive task (a knowledge and logic quiz). This paves the way for extending our findings to non-perceptive tasks.

1 Introduction

Most theories of decision-making under uncertainty are based on the idea that individuals weight events by some (transformation of) subjective probabilities. Elicitation of these subjective probabilities has thus become a major concern for evaluating

*Financial support from ANR grants is acknowledged (Riskemotion - ANR-08-RISKMAT-007-01; Feeling of control - BLAN07-2_192879).

[†]GREQAM, CNRS, Aix-Marseille University. thibault.gajdos@univ-amu.fr.

[‡]Corresponding author: sebastien.massoni@gmail.com. CES - University of Paris 1, Paris School of Economics. Address: 106-112 boulevard de L'Hôpital, 75647 Paris Cedex 13 France.

[§]CES - University of Paris 1, CNRS. jean-christophe.vergnaud@univ-paris1.fr.

and applying decision models. This requires identifying procedures (known as elicitation rules) which can be used to measure as accurately as possible subjective probabilities.

However, decision theory itself cannot help in assessing how close elicited probabilities are to the subjective probabilities an agent has in mind, because it only provides "as if" models. This essentially results from a methodological constraint. Indeed, the assumption that one can only observe the results of choices, and not the decision processes themselves, is a cornerstone of decision theory. For instance, the celebrated Subjective Expected Utility model only says that people decide as if they were maximizing an expected utility, and not that this is what they actually do. All representation theorems that form the core of mathematical decision theory are to be interpreted in this way. Decision theory cannot help to elicit subjective beliefs, because it does not even assume that these subjective probabilities actually exist in the first place. The only thing one can do in this framework is to identify the subjective probabilities that would be compatible with individual choices if agents were acting in conformity with a given theoretical model. In order to avoid this circularity while respecting the methodological constraints of decision theory, one needs: (i) to be sure that subjective probabilities actually exist in decision makers' minds and, (ii) to be able to infer these subjective probabilities from behavioral data. This is precisely what we aim at in this paper.

It is known from cognitive sciences that decisions in perceptive tasks are based on probabilities encoded at the neuronal level, which solves the first question. Moreover, Signal Detection Theory (SDT) provides a theoretical model, confirmed by experimental neuronal data, that relates these probabilities to behavioral data. It is thus possible, in this context, to compare these predicted subjective probabilities to those obtained by using various elicitation procedures. The idea is that, if we are able to find an elicitation procedure that delivers subjective probabilities close to those predicted by SDT, then it would be a good candidate to elicit subjective probabilities in other contexts as well.

We choose to study three elicitation rules. Since the most widely used elicitation rule in economics (and other fields, such as meteorology) is the Quadratic Scoring Rule (QSR), it is natural to consider it. Since the common practice in psychology is to use a simple ordinal scale without incentives, our second elicitation rule is the Free Rule (FR) which simply requires the subject to report her confidence, without relating any monetary consequence to stated probabilities. The third elicitation rule we consider is the Matching Probabilities rule (MP), which is a variant of the famous Becker-DeGroot-Marshak mechanism (Becker, Degroot, and Marschak (1964)). It consists in eliciting an objective probability equivalent to a subjective probability.

We compare the results obtained by these three rules with the subjective probabilities predicted by SDT in a very simple perceptive task. We find that MP very nicely fits the predictions of SDT. We also observe that although this rule might seem complicated at first sight, there is no evidence that subjects had more difficulties using it than the two other rules. Moreover, when using a task based on a knowledge quiz for the same subjects, we found evidence suggesting that these results might possibly extend to other, non-perceptive, tasks. MP thus appears as a good rule for incentive-compatible elicitation that is not affected by rewards, and which remains reasonably simple to use.

It should be noted that some recent studies focus on a question similar to that investigated in this article, though with a completely different method. More precisely, there is a small number of experimental works that aim at evaluating to what extent elicitation rules can reveal the subjective probabilities individuals have in mind. In order to do so, they use objective probabilities as a benchmark. The basic idea of these studies is that a good elicitation rule should lead individuals to report probabilities close to the objective ones. For instance Armantier and Treich (2010) elicit subjective probabilities concerning the possible outcome of two dice rolls with the QSR, using various levels of stakes, either real or hypothetical. In a similar vein, Holt and Smith (2009) evaluate MP in an experiment on Bayesian updating. Comparisons of different elicitation rules in a framework with objective probabilities have been performed by Hossain and Okui (2011) and Hao and Houser (2012). The problem with such an approach is that taking objective probabilities as a benchmark might be misleading. In particular, results strongly depend on how much the subjects are familiar with probability theory. Moreover, forming subjective beliefs about objective probabilities is a complex cognitive task, that is likely to involve different cognitive processes, and very little is known about its mechanisms. Thus, there is little support for predicting that subjective probabilities should coincide with objective ones. This is in sharp contrast with the simple perceptive tasks we use, for which cognitive processes are well known and allow reliable predictions for subjective probabilities.

Finally, while the purpose of this article is to find methods that lead individuals to report the subjective probabilities they have in mind, it should be noted that elicitation rules may be used for other goals. For instance, meteorologists are principally interested about the ability of probability assessors to predict events adequately. This ability has been precisely defined by Winkler and Murphy (1968) as "substantive goodness". Actually, although it is not our main concern here, our data also allow this issue to be addressed, and we provide some elements on this in

the conclusion of the article.¹

The remainder of the paper is organized as follows. In Section 2, we show how actual subjective probabilities can be predicted from behavior, using SDT. We also provide a short account of the neurosciences literature supporting the idea that this model is grounded at the neuronal level. In Section 3, we present the three elicitation rules we examine. We will then describe the design of our experiment in Section 4. Section 5 contains the main results of our experiment. We close the article by a brief summary and some results concerning the elicitation rules, from the classical point of view of calibration and discrimination as measures of good probability assessors.

2 Confidence and probabilities

Our analysis is based on Signal Detection Theory (SDT). In the first part of this section, we briefly present how SDT is used in psychophysics to analyze perceptive task, and how it can be extended to study confidence. We then describe some evidence supporting the idea that SDT can in some circumstances provide an accurate description of actual neuronal processes for perceptive task and confidence assessment in these tasks. We conclude by describing empirical predictions regarding elicited confidence that can be made on the basis of SDT.

2.1 Signal Detection Theory as a behavioral model

2.1.1 SDT for perceptive tasks

Since Green and Swets (1966)'s classical book, SDT has been routinely and successfully used in experimental psychology to study individual decisions in perceptual tasks. For example, in a simple perceptual task, subjects have to compare the number of dots contained in two circles (see Figure 1). The two circles are only displayed for a short fraction of time, about one second, so that it is not possible to count the dots. However, the subject is aware that a circle can only contain 54 or 50 dots, and that there is an equal probability for each circle to be the one with the largest number of dots.

It is postulated that stimuli are perceived as noisy signals by the sensory system. Here, we are interested in the numerosity of the circles, i.e., the number of dots they contain. It is assumed that, when presented with a circle that contains y dots, the sensory system actually observes the realization of a random signal S_y that is distributed according to a Gaussian law, with mean $\ln(y)$ and variance σ_i^2 , where

¹Further results on this specific issue can also be found in two companion papers (Massoni (2009) and Hollard, Massoni, and Vergnaud (2010)).

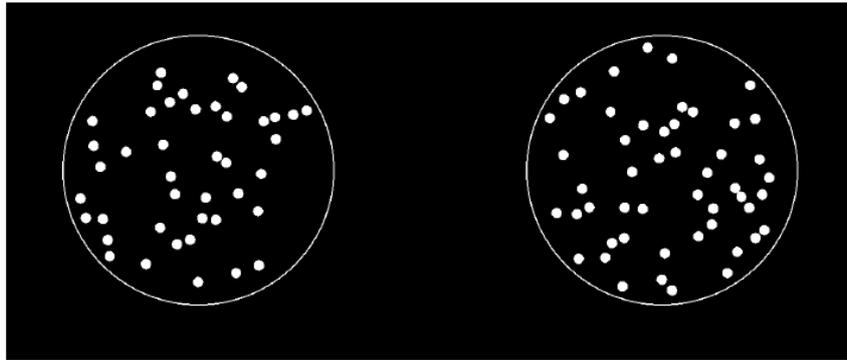


Figure 1: Perceptual task

σ_i is a parameter describing the degree of precision of the internal representation of numerosity in the brain.

When observing two circles with respectively y_L and y_R dots (where L and R stand for left and right, respectively), the subject thus receives two noisy signals S_{y_R} and S_{y_L} . Because the subject has to decide which circle contains the largest number of dots, the relevant information is actually the *difference* between the two signals. We thus assume that, when presented with the circles and asked which one contains the largest number of dots, the subject's decision is based on a noisy signal $S_{y_R, y_L} = S_{y_R} - S_{y_L}$.

For a given trial, the subject thus perceives a signal \tilde{y} and has to decide whether it comes from $S_{y_R, y_L} = S_{54, 50}$ (i.e., there are 50 dots in the left circle, and 54 in the right one), or from $S_{y_R, y_L} = S_{50, 54}$ (i.e., there are 54 dots in the left circle, and 50 in the right one). $f(\tilde{y} | S_{y_R, y_L})$ denotes the density function. Since she is aware that there is an equal chance for any circle to be the one containing the largest number of dots, her optimal strategy based on maximum likelihood consists in answering "Right" whenever $\tilde{y} \geq 0$, and "Left" otherwise (see Figure 2).

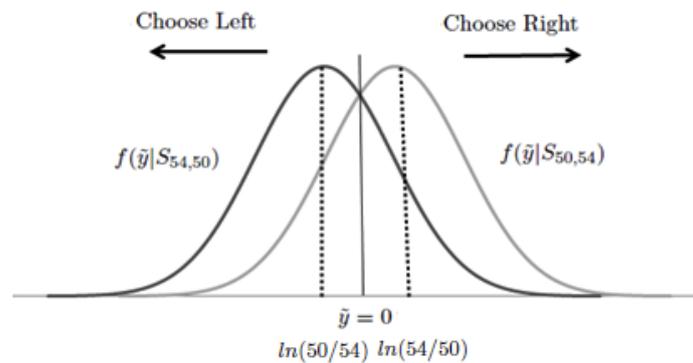


Figure 2: SDT in a two-alternatives forced choice

It has been shown that such a model accounts well for individual decisions, in the sense that the proportion of correct answers as a function of the difficulty of the task (i.e., the ratio y_R/y_L) predicted by the model is very close to that actually observed (Pica, Lemer, Izard, and Dehaene (2004)).

2.1.2 SDT for confidence

The Bayesian reasoning can be pushed further (see Galvin, Podd, Drga, and Whitmore (2003), Fleming and Dolan (2010), Rounis, Maniscalco, Rothwell, Passingham, and Lau (2010), Maniscalco and Lau (2012)) to modelize how subjects make confidence judgments in terms of probabilities about their decisions in a perceptive task. Such judgments are known as "type 2 tasks" (Clarke, Birdsall, and Tanner (1959), Pollack (1959)), as opposed to "type 1 tasks" which consist of discriminating between perceptual stimuli.

Consider a trial where the subject perceives a positive signal \tilde{y} , and therefore answers "Right". Based on the SDT model presented above, one can easily deduce the probability that she gives the correct answer. According to the Bayes rule, it is equal to $P(S_{54,50}|\tilde{y}) = f(\tilde{y}|54, 50)/(f(\tilde{y}|54, 50) + f(\tilde{y}|50, 54))$ (see Figure 3). This confidence based on signal detection will be called SD-confidence (where "SD" stands for "Signal Detection") in the sequel.

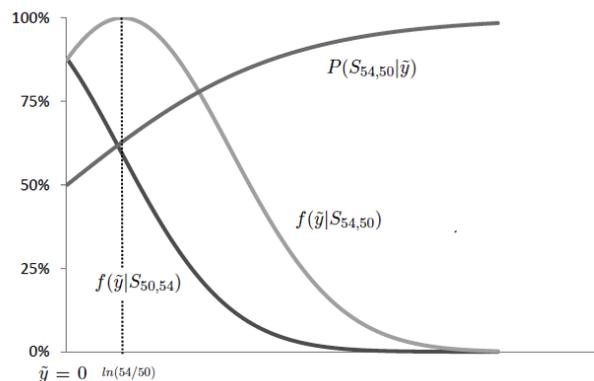


Figure 3: SD-confidence

Since we only collect behavioral data in our experiment, we cannot measure the neuronal firing rate corresponding to the internal signal used by the subject to perform the perceptive task. However, since we control for the difficulty levels of the stimuli used in the perceptive task, we can use SDT to estimate subjects' perceptive sensibility from behavioral data (success rates). This leads to an estimation of the distribution of the internal signal used by the subject when performing the

perceptual task. With this in mind, the SDT model provides precise predictions about the SD-confidence levels of an ideal (i.e., optimal and bayesian) observer who receives the same internal signals as the subject.

First we can compute the *distribution* of SD-confidence. Indeed, SDT predicts the SD-confidence level associated to each level of the internal signal (Figure 3). It also provides the probability to reach any confidence level. Given a probability p , \tilde{y}_p is such that $P(S_{54,50}|\tilde{y}_p) = p$. The probability of observing a confidence level above p is $\int_{\tilde{y}_p} (0.5f(\tilde{y}|54, 50) + 0.5f(\tilde{y}|50, 54))d\tilde{y}$. In our experiment where the confidence scale is discrete with 5% increments, we can thus deduce the probability distribution of SD-confidence (Figure 4).

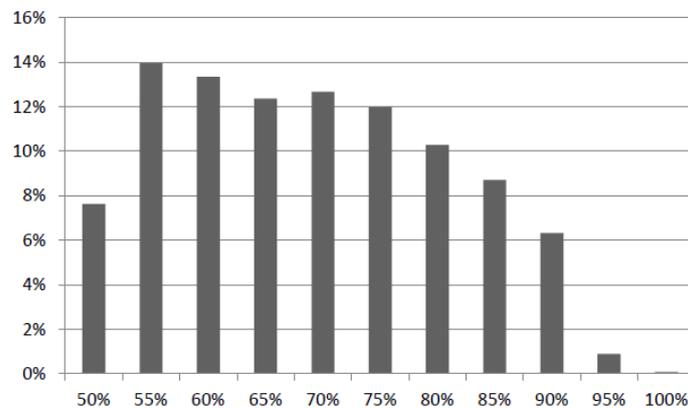


Figure 4: Distribution of SD-confidence

One drawback of the distribution of SD-confidence is that it does not keep track of any relationship between SD-confidence and success in the perceptive task. This link can be represented by a Receiver Operating Characteristic (ROC) curve (Green and Swets (1966)). Consider a given level of SD-confidence, say 70%. Assume that one uses this confidence level to decide whether the answer was correct or not. Thus, all trials for which the SD-confidence is higher than 70% will be classified as correct, whereas the others will be classified as incorrect. This classification is of course imperfect. But we can compute the false alarm rate precisely (i.e., the proportion of trials that would be wrongly classified as correct) and the hit rate (i.e., the proportion of trials that would be correctly classified as correct). Thus, for each SD-confidence level, we can associate a point on a graph with hit rates on the vertical axis, and false alarm rates on the horizontal axis. The curve that relates all the points obtained by varying the SD-confidence level is the type 2 ROC curve. To measure how accurate confidence is predictive of success, one usually computes the area under this ROC curve (AU2ROC) which has the following statistical meaning.

Consider a situation in which trials are already correctly classified into two groups (success and failure) and pick randomly a pair of trials, one from each group. The probability that the trial with the higher confidence comes from the success group is equal to the AU2ROC.

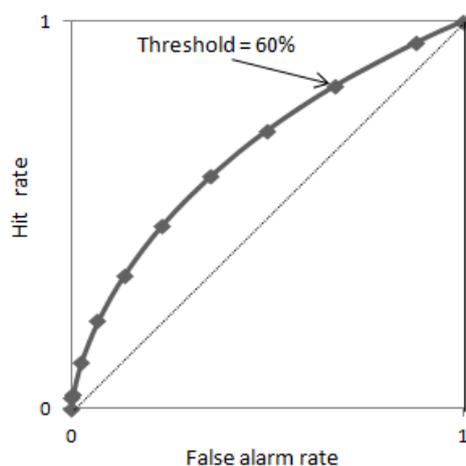


Figure 5: ROC curve

To illustrate this, we computed the distribution of elicited confidence and predicted SD-confidence (Figure 6) for a subject in our experiment. It can be observed that data fit SDT predictions nicely. We also computed, for the same subject, the observed and predicted type 2 ROC curve (Figure 7). The predicted AU2ROC is equal to 0.75, which is very close to the observed AU2ROC (equal to 0.72). Note that the shape of confidence distribution for this subject differs from that shown in Figure 4. This is due to the fact that the level of difficulty of the task is not constant in our experiment.

In terms of behaviors, the main prediction of the SDT model described above is a positive relationship between type 1 and type 2 performances. Studies in humans (Maniscalco and Lau (2012)), rhesus monkeys (Kiani and Shadlen (2009)) and rats (Kepecs, Uchida, Zariwala, and Mainen (2008)) indeed found such a relationship, although it has also been shown that, in some circumstances (e.g., subliminal stimuli) type 1 and type 2 performances might be disconnected (see, e.g., Kanai, Walsh, and Tseng (2010)).

2.2 Neuronal evidence

The mere fact that SDT accommodates observed behavior in many situations does not imply that it provides an accurate description of the process that actually takes

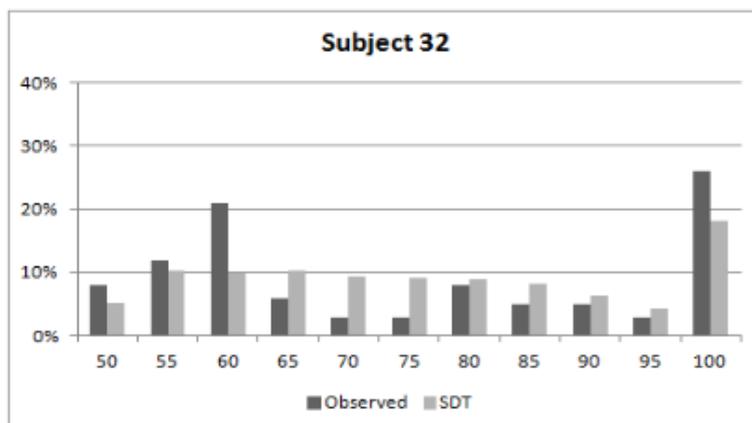


Figure 6: Observed and SDT confidence distribution for one specific subject.

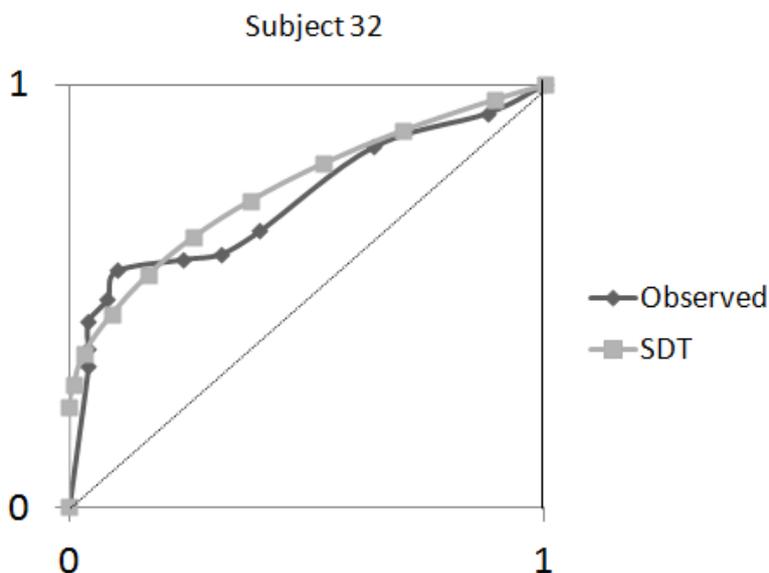


Figure 7: Observed and SDT ROC curve for one specific subject.

place in the brain. There is, however, a substantial amount of evidence coming from neurosciences that supports this idea. We review some of this evidence briefly here.

2.2.1 Perceptual tasks

First, it has been shown that there exist single neurons tuned to numerosity in the macaque monkey, which encode numerical quantities (Nieder, Freedman, and Miller (2002), Nieder and Miller (2004)). Using neuroimaging and psychophysics, Piazza, Izard, Pinel, Le Bihan, and Dehaene (2004) established that a similar neural coding

scheme is likely to exist for humans (see Nieder and Dehaene (2009) for a review). The population of numerosity-selective neurons taken together encodes numerosity into a log-Gaussian distribution, exactly as assumed by SDT (Nieder and Miller (2003)).

Furthermore, neuroscientists have provided empirical and theoretical evidence that populations of neurons in the lateral intraparietal cortex (LIP) can encode the uncertainty about stimuli under the form of probability distributions, and combine this information in a bayesian way (Gold and Shadlen (2002), Ma, Beck, Latham, and Pouget (2006), Yang and Shadlen (2007), Beck, Ma, Kiani, Hanks, Churchland, Roitman, Shadlen, Latham, and Pouget (2008)). In particular, populations of neurons can encode the all posterior probability distribution associated with a stimulus.

Thus, SDT should not simply be considered as an "as if" model of decision making in simple perceptive contexts, but as an elementary description of *how* decisions are actually made. In particular, there is strong and converging evidence that neurons in the LIP area encode probabilistic information and use it to carry out bayesian inference when performing simple tasks of perception. This implies in particular that probability distributions involved in such decision processes should be considered as real mental representations used by the subject to make her choices, and not simply as a modeling tool of the observer.

2.2.2 SD-Confidence

Studies using neuronal recording in the rhesus monkey (Kiani and Shadlen (2009)) and the rat (Kepecs, Uchida, Zariwala, and Mainen (2008)) show that animals' confidence in their decisions, measured by post-decision choices, can be explained and predicted by SDT. Moreover, Kiani and Shadlen (2009) show that the same neurons are involved in type 1 and type 2 decisions, and thus support the hypothesis that confidence is based on the same signals on which type 1 decisions are made, which is the fundamental prediction of SDT.

However, it has also been shown that there is an heterogeneity across reported confidence (measured by difference between AU2ROC), even when controlling for the individual performance level in the perceptive task. This suggests that confidence reports involve other cognitive processes than type 1 decisions. Confirming previous studies (Rounis, Maniscalco, Rothwell, Passingham, and Lau (2010), Fleming, Weil, Nagy, Dolan, and Rees (2010)), Fleming, Huijgen, and Dolan (2012) show, using fMRI analysis, that a specific brain area (the right rostrolateral prefrontal cortex, rLPFC) is involved in confidence judgments. Moreover, they found an increase of connectivity with visual cortex when subjects report their confidence in

a visual perceptive task. They conclude that it is likely that signals used for type 1 decisions might be re-represented in a specific brain area for confidence reports. Individual heterogeneity in the quality of type 2 ROC may thus be explained by neuro-anatomical differences (Fleming, Weil, Nagy, Dolan, and Rees (2010)).

2.3 Empirical predictions from SDT

If it is assumed that the elicitation rule leads individuals to report their SD-confidence, then subjects should report confidence levels close to the one predicted by SDT. Therefore, the distribution of elicited confidence and the elicited type 2 ROC should be close to that predicted by SDT. Moreover, the elicited type 2 ROC could never be better than the one predicted, i.e., the elicited AU2ROC should not be greater than the one predicted. Furthermore, if a subject is a good (respectively, bad) assessor of her SD-confidence, then both the distribution of elicited confidence and the type 2 ROC should be close to (respectively, distant from) the predicted ones. Thus, distances to predicted distribution of confidence and predicted AU2ROC should be positively correlated. Finally, because SD-confidence is based on the same signals as those used for the perceptive task, one should observe a positive correlation between performance in the perceptive task and elicited AU2ROC.

We summarize these predictions for future reference. A good elicitation rule of SD-confidence should yield:

A1 : an elicited confidence close to predicted SD-confidence;

A2 : an elicited AU2ROC close to the one predicted;

A3 : an elicited AU2ROC not greater than the one predicted;

A4 : the closer the elicited confidence distribution is to the predicted SD-confidence distribution, the closer the elicited AU2ROC is to the one predicted;

A5 : a positive correlation between performance in perceptive task and elicited AU2ROC.

3 Elicitation Rules

The main objective of our experiment is to compare three elicitation rules: the Quadratic Scoring Rule (QSR), the Matching Probabilities (MP) and the Free Rule (FR). This section is devoted to the presentation of these rules, discussion of their main theoretical properties, and the presentation of their experimental implementation.

3.1 The Quadratic Scoring Rule

3.1.1 Definition and properties

In experimental economics, the most commonly used rule is the Quadratic Scoring Rule.² We consider here a very simple version of the QSR. Assume a subject reports a confidence level equal to p . She will then win $a - b \times (1 - p^2)$ if her answer is accurate, and $a - b \times (1 - (1 - p)^2)$ otherwise, where a and b are positive constants.

A scoring rule is said to be *strictly proper* if the unique best strategy of the subject consists in reporting her true subjective probabilities, without any distortion. The QSR is very popular among experimental economists because it is a relatively simple *strictly proper* scoring rule for subjects who use subjective probabilities and maximize their expected reward. It is well known, however, that elicited probabilities through the QSR will be distorted for non-risk neutral subjects. For instance, elicited probabilities for risk averse subjects are expected to be smaller than their subjective probabilities.³

3.1.2 Implementation

In our experiment, QSR is implemented as follows. We ask subjects to choose among different levels of remunerations that are presented to them in the Table 1.

Choice	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Correct	10	9.98	9.90	9.78	9.60	9.38	9.10	8.78	8.40	7.98
Incorrect	0	0.98	1.90	2.78	3.60	4.38	5.10	5.78	6.40	6.98
K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
7.5	6.98	6.40	5.78	5.10	4.38	3.60	2.78	1.90	0.98	0
7.5	7.98	8.40	8.78	9.10	9.38	9.60	9.78	9.90	9.98	10

Table 1: Quadratic Scoring Rule

Each letter corresponds to a payment scheme (x, y) , that yields x if their answer is correct and y if it is not. These payments are generated using a QSR with parameters $a = b = 10$, and a 0.05 step (i.e., A corresponds to $p = 1$, B corresponds to $p = 0.95$ and so on). If, for instance, the subject enters 'K', she will obtain a sure payment of 7.5, which is the optimal choice if she maximizes her expected income and believes that she has an equal probability of being correct or not. The unit used

²Nyarko and Schotter (2002), Offerman, Sonnemans, Van de Kuilen, and Wakker (2009), or Palfrey and Wang (2009)

³Nevertheless, recent papers try to correct the QSR from risk attitudes (Offerman, Sonnemans, Van de Kuilen, and Wakker (2009), Andersen, Fountain, Harrison, and Rutstrom (2010), Kothiyal, Spinu, and Wakker (2011)).

for payments depends on the task. We use euro cents for the perceptual task, and euros for the quiz.

Note that there is no explicit reference to probabilities in this procedure. Subjects are not told that payment schemes are linked to confidence levels. Moreover, subjective probabilities are not mentioned in the instructions and the QSR theoretical principles are not explained. This is an unusual presentation, but we feel it is in line with a revealed preference approach, according to which individual choices among lotteries are the only relevant information. It also avoids the possible drawback of the traditional presentation of the QSR, where options are described in two different terms (payments and reported probabilities), which might induce confusion for the subject. Some experimental evidence supports this design. Armantier and Treich (2010) show that using probabilities in the QSR may increase the distortion of elicited probabilities, whereas Offerman, Sonnemans, Van de Kuilen, and Wakker (2009) find no significant difference in probabilities elicited by a QSR with or without explicit reference to probabilities. Finally, three choices (A, K and U, corresponding to probabilities equal to 0, 50 and 100%, respectively) are associated to payments involving two digit numbers, while the other choices involve three digit numbers. It may thus be assumed that subjects will concentrate their answers on these choices, because they are simpler. This is certainly true, but previous papers have found a concentration of stated probabilities on 50% and 100%, even with the same number of digits. It is therefore unlikely to be a major issue.

3.2 Matching Probabilities

3.2.1 Definition and properties

The second elicitation rule we consider is the Matching Probabilities approach, which is a variant of the famous Becker-DeGroot-Marshak mechanism (Becker, Degroot, and Marschak (1964)). It consists in eliciting an objective probability equivalent to a subjective probability. This principle has been known for long (Arrow (1951), Raiffa (1968), Winkler (1972), and LaValle (1978) among others) but was rarely put in practice until recently (Grether (1992), Abdellaoui, Vossman, and Weber (2005), Holt (2006), Holt and Smith (2009) being some notable exceptions).⁴

To elicit a subject's subjective probability about an event E , the subject is asked to provide the probability p that makes her indifferent between:

- a lottery $L(E)$ that gives a positive reward x if E happens, and 0 otherwise;

⁴Its use has become more widespread in recent years: see among others Dimmock, Kouwenberg, and Wakker (2011), Baillon, Cabantous, and Wakker (2012), Baillon and Bleichrodt (2011), Trautmann and Kuilen (2011), Mobius, Niederle, Niehaus, and Rosenblat (2011).

- a lottery $L(p)$ that gives a positive reward x with probability p , and 0 with probability $(1 - p)$.

A random number q is then drawn in the interval $[0, 1]$. If q is smaller than p , the subject is paid according to the lottery $L(p)$. Otherwise, the subject is paid according to a lottery $L(q)$ that gives x with probability q and 0 with probability $(1 - q)$.

This procedure provides incentives for subjects to reveal their subjective probability truthfully. To make this clear, suppose that the subject thinks her probability of success is p but reports a probability $r \neq p$. First consider the case where $r < p$. The lotteries according to which the subject (given her subjective probabilities) is paid are represented in the following table.

	$q < r < p$	$r < q < p$	$r < p < q$
reports p	$L(p)$	$L(p)$	$L(q)$
reports $r < p$	$L(p)$	$L(q)$	$L(q)$

Similarly, assume that the subject reports $r > p$. Her payments (according her subjective probabilities) are then described in the following table.

	$q < p < r$	$p < q < r$	$p < r < q$
reports p	$L(p)$	$L(q)$	$L(q)$
reports $r > p$	$L(p)$	$L(p)$	$L(q)$

It can be observed that, in any case, the subject obtains a lottery that gives her a higher or equal chance to win x if she reports p instead of r .

A major advantage of the Matching Probabilities is that it provides the subjects incentives to reveal her subjective probabilities truthfully, regardless her attitude towards risk.⁵ A drawback, pointed out by Kadane and Winkler (1988), is that this elicitation rule may not allow subjective probabilities to be disentangled from utilities if the agent's wealth is correlated with the event. However, this difficulty cannot arise for the task we consider in our experiment. One main problem is that this rule might seem complicated and thus cognitively demanding. It is then of particular interest to test whether the complexity of the Matching Probabilities is indeed a problem. As we will see, our data show that such is not the case. Finally, we note that we cannot exclude that subjects might prefer, *ceteris paribus*, to be paid according to their own performance rather than according to an external event. In such a case, they will over-report their subjective probabilities.

⁵More details and a formalization can be found in Karni (2009).

3.2.2 Implementation

In practice the Matching Probabilities approach is implemented using a scale of 0 to 100, with steps of 5 (see Figure 8). After having completed the perceptual task or the quiz, subjects are told that they are entitled to a ticket for a lottery based on their answers' accuracy. In the quiz task, this lottery gives them €10 (€0.10 in the perceptual task) if their answer is correct, and 0 otherwise.

Subjects have then to report on a gauge of 0 – 100 the minimal percentage of chance p they require to accept in an exchange between their lottery ticket and a lottery ticket that gives p chances of winning €10 (€0.10 in the perceptual task). A number l_1 is drawn according to an uniform distribution between 40 and 100. If l_1 is smaller than p , subjects keep their initial lottery ticket. If l_1 is higher than p , they are paid according to a lottery that gives them l_1 chances of winning. In this case, a random draw determines the payment: a number l_2 is determined using an uniform distribution between 0 and 100, the lottery leads to a win if l_1 is higher than l_2 . For all trials, the gauge was pre-filled with 75 in order to limit the number of times subjects have to press the keyboard. The procedure is summarized in Figure 8.

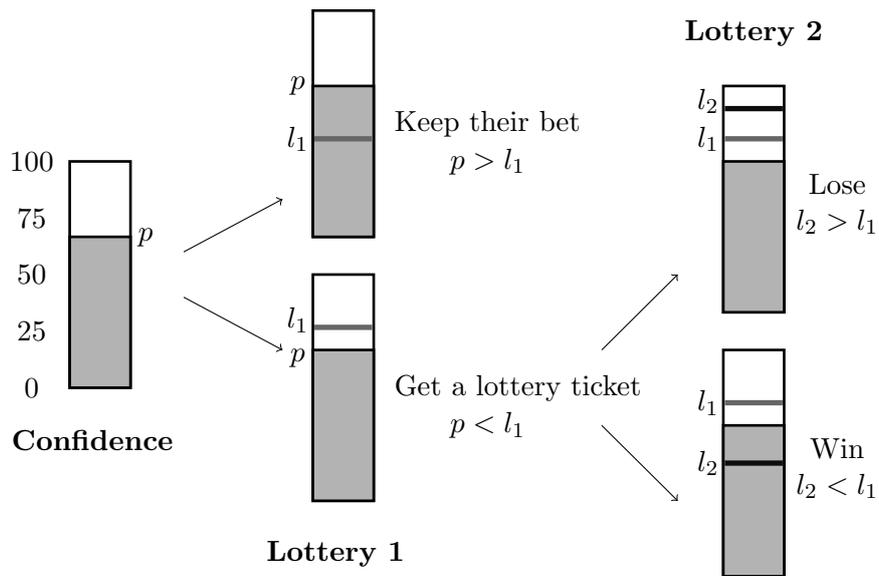


Figure 8: Matching Probabilities

3.3 The Free Rule

3.3.1 Definition and properties

The Free Rule just requires the subject to report her confidence, without relating any monetary consequence to stated probabilities. Nothing is done to provide incentives. The main advantage of such a rule is of course its simplicity. It is the least cognitively demanding one, especially compared to the two previous ones.

The Free Rule is widely used in psychology and neurosciences. In particular, experiments that involve scanning the subjects are very sensitive to response times, as the duration of the experiment is limited and requires a high number of trials to obtain statistically significant results. This makes the Free Rule particularly attractive, since probabilities can be elicited very quickly. More generally, there is a trade-off between complexity and incentive compatibility. In contexts where one suspects that incentive compatibility might not be a major issue, it is reasonable to choose a simple rule as the Free Rule. Finally, this rule is also often used in surveys where it is actually difficult to provide monetary incentives.

3.3.2 Implementation

We implement the Free Rule as follows. Subjects just have to choose a level of confidence between 0 and 100 (with steps of 5) on a gauge (see Figure 9). They are told they are free to use the gauge as they want, either by trying to express their confidence level in terms of chance percentages or simply by being consistent in their report with small values for low confidence and high values for high confidence. Payments are independent of elicited probabilities. A correct answer in the quiz provides a payment of €10 (0 if incorrect) and €0.10 in the perceptual task. As for the Matching Probabilities, the gauge was pre-filled with 75 for all trials.

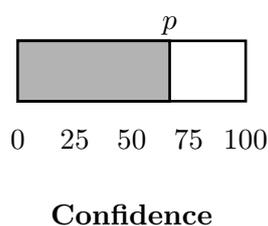


Figure 9: Free Rule

4 Experimental design

4.1 Participants

The experiment took place in June and October 2009 at the Laboratory of Experimental Economics in Paris (LEEP). Subjects were recruited using LEEP's database. They were students from all fields. The experiments last for about 90 minutes. Subjects were paid €19 on average.

This computer-based experiment uses Matlab with the Psychophysics Toolbox version 3 (Brainard (1997)) and was conducted on computers with 1024×768 screens. We ran two sessions for each rule, that allowed collecting data for 35 to 40 subjects for each rule.⁶

4.2 Stimuli

Our experiment is based on two kinds of task. One is a perceptual task, where subjects are asked to identify which of two circles contains the higher number of dots. The second task is a quiz with questions related to logic and general knowledge. We provide below more details on these tasks.

4.2.1 The perceptual task

The perceptual task we use is a two-alternative forced choice (2AFC) which is known to be a convenient paradigm for SDT analysis (see, e.g., Bogacz, Brown, Moehlis, Holmes, and Cohen (2006)). Subjects have to compare the number of dots contained in two circles (see Figure 1). The two circles are only displayed for a short fraction of time, about one second, so that it is not possible to count the dots. Subjects have to tell which circle contains the higher number of dots.

We allow the difficulty of the task to vary, by changing the spread of the number of dots between the two circles. One of the two circles always contains 50 dots. The position (to the left or the right of the screen) is randomly chosen for each trial. The other one contains $50 \pm \alpha_j$ dots, where α_j is randomly chosen for each trial in the set $\{\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4\}$; for all subjects, $\alpha_0 = 0$ and $\alpha_4 = 25$. The intermediate difficulty levels are adapted to each participant, in order to control for differences in individual abilities. During a training part of the experiment, α_2 is adjusted so that the subject succeeds in 70% of the cases at that level of difficulty. This calibration is done by using a psychophysics staircase (Levitt (1971)). The two other parameters α_1 and α_3 are then given by $\alpha_3 = 2\alpha_2$ and $\alpha_1 = \alpha_2/2$ if α_2 is even, and $\alpha_1 = (\alpha_2 + 1)/2$ if α_2 is odd.

⁶These experiments were part of Sébastien Massoni's Master's dissertation (see Massoni (2009)).

4.2.2 The quiz task

We elaborated two questionnaires, each containing 30 questions of general knowledge, and 6 logic puzzles. The questions and the puzzles are different in both questionnaire but are similar in terms of difficulty. For instance, one questionnaire contains the question '*Is the distance between London and Tokyo greater than 12000 km?*', whereas the other contains the question '*Is the distance between Paris and Dakar greater than 5000 km?*'. All general knowledge questions have to be answered by "yes" or "no".

4.3 The procedure

In a given experimental session, a single elicitation rule (the same for all subjects) is used. Thus, our study will be based on a between-subjects analysis with a simple 3×1 design.⁷

After the instructions (that include a detailed presentation of the elicitation rule) and a short questionnaire, the experiment is divided in three parts.

In the first part of the experiment, subjects have to answer a randomly chosen quiz by giving their choice and their confidence in this choice. They have no feedback on their answers.

During the second part of the experiment, subjects have to perform the perceptual task. This part is divided in two phases. Subjects begin with a training phase during which the difficulty of the task is calibrated. Confidence is not elicited during this first phase, and they get feedback on their success after each trial. In the second phase, subjects perform 100 trials of the perceptual task, and provide their confidence in their answer for each trial. They get feedback on their success in the task and the accuracy of their reported confidence. Furthermore, at each series of 10 trials, subjects receive a summary of their performance in the last ten trials in terms of success rate and cumulated gains.

The last part of the experiment is similar to the first one, except that subjects have to answer the quiz that has not been selected in the first part. It should be observed that this experimental design allows learning effects to be investigated. For instance, we can examine whether subjects' metacognitive abilities are higher in the second quiz compared to the first quiz.

⁷Pilot experiments have shown that subjects get confused if one asks them to use different elicitation rules.

4.4 Payment

The payment contains three parts. There is a show-up fee of €5. The quiz tasks are paid as follows. One question is randomly selected at the end of the experiment, and payments are based on the answer given to that question. Such a procedure is standard, and allows edging strategies to be avoided. For groups using the QSR or the Matching Probabilities, payments are computed according to the elicitation rule used for the selected question, with a maximum payment of €10 and a minimum of €0. Subjects in the group using the Free Rule are paid €10 if their answer to the selected question is correct, and €0 otherwise. For the perceptual task, subjects are paid for each trial. For groups using the QSR or the Matching probabilities, each 100 trials is rewarded according to the elicitation rule used, with a maximum payment of €0.10 and a minimum of €0. Subjects in the group using the Free Rule are paid €0.10 for each correct answer.

5 Results

We drop the results for 6 subjects out of 113 because their stated confidence did not vary: 3 in the QSR group, 2 in the Free Rule group and 1 in the Matching Probabilities group. The three groups are similar according to demographic data. There is no significant statistical difference between groups in the mean success rate for the perceptive and the quiz tasks.

The results are presented in three parts. First, as a preliminary step, we perform some descriptive analysis to draw a general picture of elicited probabilities. Second, we investigate how elicitation rules perform with respect to predictions related to SD-confidence. We conclude our analysis with some further results concerning cross-task comparisons.

5.1 Elicited confidence: descriptive analysis

We start by presenting some basic facts concerning elicited confidence. First, we observe that while the cumulative distributions of elicited confidence obtained by the FR and the MP are similar, the one corresponding to the QSR differs significantly (see Figure 10). The difference is mainly due to the fact that the confidence levels elicited by the QSR are strongly concentrated on two values, 50% and 100%. Almost two thirds of elicited probabilities are either equal to 50% or 100% when the QSR is used, which is twice as much as for the two other rules. One can also observe that the FR leads to a greater concentration on 75%. This is likely to be explained by the fact that the gauge was pre-filled precisely at this value. However, we do not

observe such a result for the MP, that is also based on a gauge pre-filled at 75%. We suspect that this is due to the fact that no incentive is provided in the FR, and that this might lead subjects simply not to make the effort to change this value in many cases.

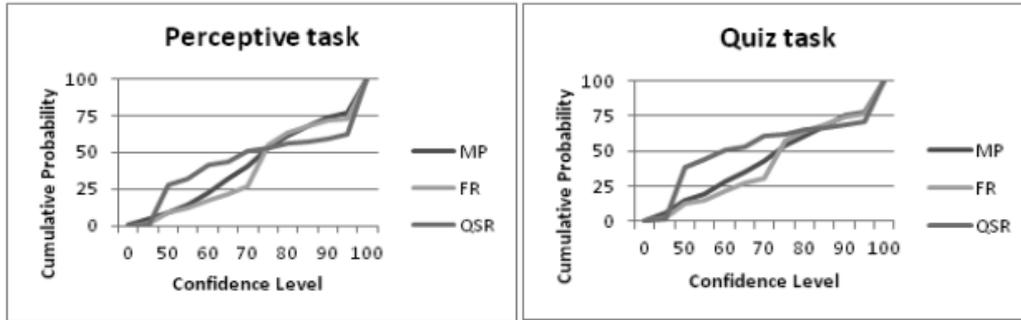


Figure 10: Cumulative probability distribution of elicited confidence

Let us next have a look at how subjects' stated confidence is related to their actual success rate (see Figure 11). A first observation is that, whatever the elicitation rule used, subjects are generally overconfident. Moreover, the difference between stated confidence and observed success rates increases with stated confidence. If we consider all the trials (for both tasks) for which subjects reported a 100% probability of success, we observe an actual success rate of about 84% only. On the other hand, low confidence levels (around 50%) correspond to actual success rates that are slightly higher than 50%. Finally, we note that none of the elicitation rules provides a strictly increasing relationship between stated confidence and the actual success rate.

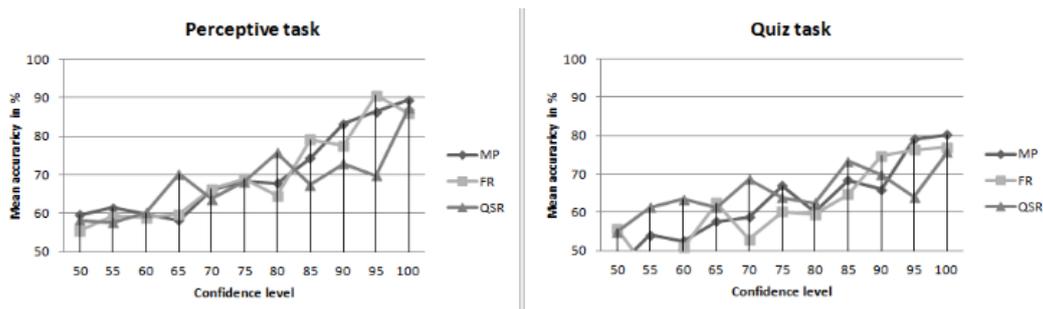


Figure 11: Stated confidence vs. accuracy

This figure represents the mean accuracy for each level of confidence between 50% and 100% with step of 5.

The QSR and the MP are cognitively demanding and we expect their performances to increase with practice. Our experiment is designed so as to offer subjects the opportunity of learning by using feedback. One may thus investigate whether

the results described above are robust to learning effects.

During the second part of the experiment, subjects used 100 times the elicitation rule with feedback. They could thus have learnt to use the elicitation rule during this part. We can therefore measure learning effects by comparing: (i) results for the quiz in the first and last parts of the experiment; and (ii) results for the first half (first 50 trials) and the second half (50 last trials) of the perceptive task. Table 2 provides details about the learning effect for the three different rules.

Rule	AU2ROC quiz	AU2ROC perceptual task
MP_Part1	0.6351 (.0788)	0.6677 (.0915)
MP_Part2	0.6548 (.0981)	0.6792 (.0864)
MP_(Part2 - Part1)	0.0197 (0.1715)	0.0114 (0.1918)
QSR_Part1	0.6080 (.1046)	0.6647 (.0767)
QSR_Part2	0.6272 (.0863)	0.6860 (.0873)
QSR_(Part2 - Part1)	0.0193 (0.2251)	0.0212 (0.1011)
FR_Part1	0.6382 (.1157)	0.6570 (.1005)
FR_Part2	0.6092 (.1058)	0.6769 (.0929)
FR_(Part2 - Part1)	-0.0290 (0.1249)	0.0199 (0.1247)
AllRule_(Part2 - Part1)	0.0036 (.3943)	0.0172 (.0263)**

Table 2: The learning effect: AU2ROC for quiz and perceptual task

We observe some evidence of learning effects for discrimination ability. This is the case for the three rules in the perceptual task. Since the increase is similar for the three rules, it is likely that this learning effect reflects more an increase in metacognitive abilities than an increase in the understanding of the QSR and the MP. A similar increase is observed in the quiz task for the MP and the QSR but not for the FR. This lack of improvement of metacognitive ability might be due to boredom in continuing to report confidence levels without incentives in a repetitive task. Overall, we thus conclude that there is no difference in terms of learning between the MP and the QSR.

5.2 SD-confidence

We now consider whether elicitation rules lead individuals to report confidence levels that are compatible with the predictions of SDT. In other words, we investigate to what extent we could interpret the confidence levels reported by individuals as related to the probabilities they use in order to perform the perceptive task.

The first thing we need is to compute predicted SD-confidence in the perceptive task. The only problem here is that there are actually five levels of difficulty. We extend the bayesian analysis described in Section 2 to this case, under the assumption

that subjects have correct priors on the distribution of difficulty levels. We can now examine how good the three rules eliciting SD-confidence are. We proceed by examining in turn each of the predictions A1 to A5.

Let us start with prediction A1, which states that elicited confidence should be close to predicted SD-confidence. A first answer is given by comparing elicited confidence and predicted SD-confidence distributions. Figure 12 reports the elicited confidence and predicted SD-confidence distributions for each elicitation rule (data are pooled across all levels of difficulty and all subjects). It appears clearly that the MP is the rule that leads to the best fit. The FR is plagued by the large proportion of elicited confidence levels equal to 75%, which is the pre-filled value of the gauge. Confidence levels elicited with the QSR are those that differ the most from predicted SD-confidence. There is a peak at a 50% confidence level, which is expected because of risk aversion. But we also observe a high peak at the 100% value (with 38% of the answers), which cannot be explained by risk aversion, and which does not correspond to predictions of SDT (only 18% of the answer should take this value according to SDT).

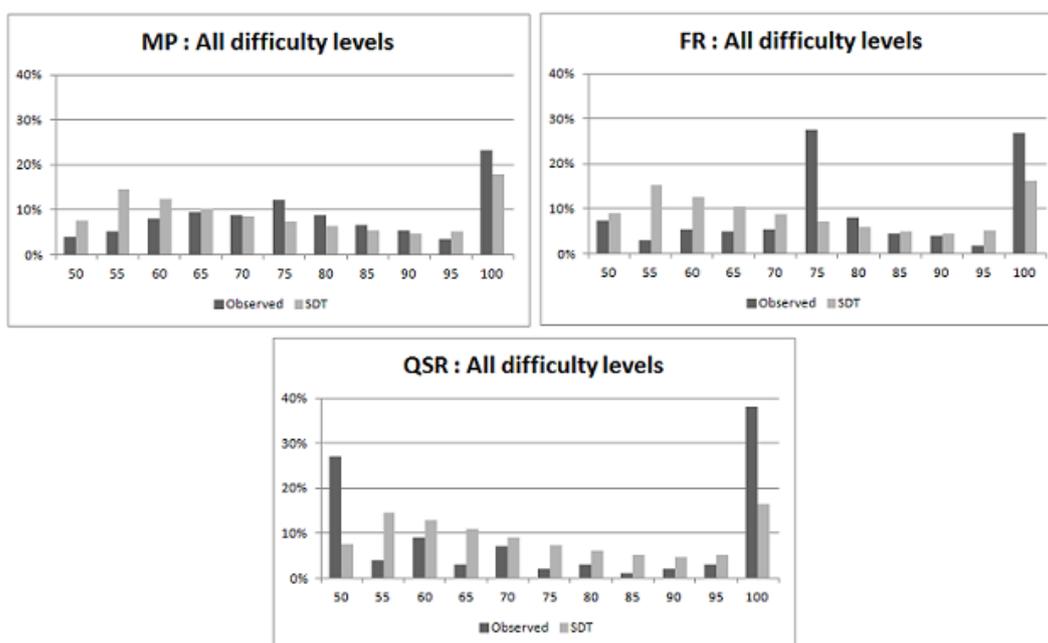


Figure 12: Elicited confidence and predicted SD-confidence distributions

To confirm the visual impression that MP leads to the best fit between elicited confidence and predicted SD-confidence, we computed the Chi-Square distance between the elicited confidence and predicted SD-confidence distributions, and the Kolmogorov-Smirnov distance between the elicited confidence and predicted SD-

confidence cumulative distributions. We report the two distances for the three rules (with s.d in brackets) in Table 3. The results for t-tests (not displayed in the table) show that the two distances are significantly lower (at a level of 1% for the Chi-Square distance, and 5% for the Kolmogorov-Smirnov distance) for the MP data than for the QSR and the FR data, while there are no significant differences between QSR and FR data. We also found that the two distances are strongly correlated (corr = 0.85).

Distance between predicted and observed confidence distances	MP (n = 39)	QSR (n = 33)	FR (n = 35)
χ^2 square distance	0.48(.31)	0.81(.37)	0.76(.49)
Kolmogorov-Smirnov distance	0.32(.14)	0.39(.16)	0.40(.22)

Table 3: Distances between elicited confidence and predicted SD-confidence distributions

The second prediction (Prediction A2) states that elicited AU2ROC should be close to predicted ones. Figure 13 displays the corresponding data for each rule.

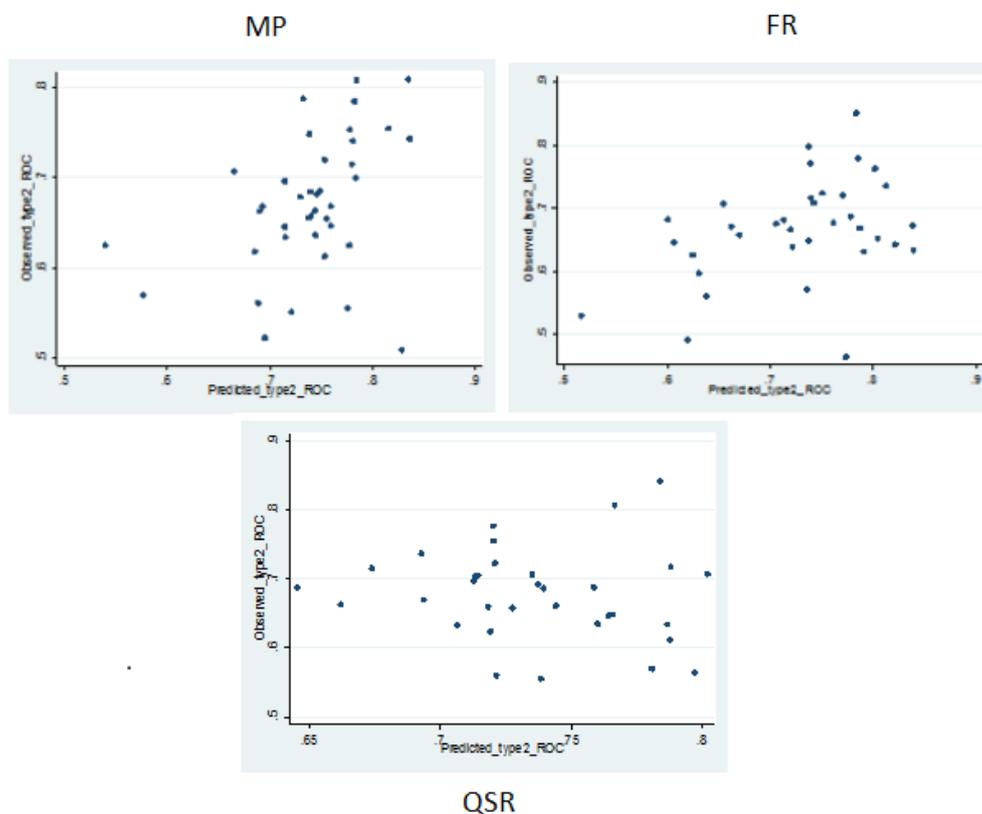


Figure 13: Area under observed and predicted type 2 ROC

The correlation between observed and predicted AU2ROC is positive and statistically significant for the MP (corr = 0.39) and for the FR (corr = 0.40) while it is negative but not statistically significant for the QSR data (corr = - 0.11).

Our third prediction (A3) is that observed AU2ROC should not be greater than the predicted one. This is actually the case for 33 out of 39 subjects (85%) in the MP group, 26 out of 35 (74%) in the FR group and 24 out of 33 (73%) in the QSR group.⁸

If elicited confidence corresponds to SD-confidence, then a good (respectively, bad) elicitation rule should be good (respectively, bad), for both the distribution of confidence and the type 2 ROC (in the sense of giving results close to those predicted by SDT). This is our fourth prediction (Prediction A4). In other words, we should observe a positive correlation between the distance between observed and predicted confidence distributions on the one hand, and the distance between observed and predicted AU2ROC on the other hand. As an indicator of distance between observed and predicted AU2ROC we use:

$$ROC_dist = \frac{|\text{Predicted AU2ROC} - \text{Observed AU2ROC}|}{\text{Predicted AU2ROC} - 0.5}.$$

We report the correlations in Table 4. We observe a positive and significant corre-

Corr. btw. <i>ROC_dist</i> and...	MP (39)	QSR (33)	FR (35)
... χ^2 square distance	0.42***	-0.08	0.50***
... Kolmogorov-Smirnov distance	0.47***	0.30*	0.34**

Table 4: Correlations between χ^2 distance or Kolmogorov-Smirnov distance and ROC distance

*** (resp. **,*) means a level of significance at 1% (resp. 5%,10%).

lation for both the MP and the FR. In contrast, the results are less conclusive for the QSR, for which we observe no correlation between distances measured by the χ^2 metric.

Our last prediction concerning SD-confidence is that we should observe a positive correlation between the mean success rate in the type 1 task and the observed AU2ROC (Prediction A5). We report these correlations in Table 5. We found that performances in type 1 and type 2 tasks are strongly correlated when confidence is elicited with MP. The correlation is still positive, but less significant for the FR. But we found no correlation between performances in type 1 and type 2 tasks when the QSR is used.

⁸The difference between MP and QSR is statistically significant at 20%.

MP (39)	QSR (33)	FR (35)
0.41***	-0.10	0.32*

Table 5: Correlations between mean success rate and observed AU2ROC

*** (resp. *) means a level of significance at 1% (resp. 10%).

Taken together, our results suggest that elicitation rules differ strongly in the kind of confidence they report. Whereas confidence levels reported using MP are globally compatible with predicted SD-confidence, those obtained through QSR can hardly be explained by SDT. The results concerning the FR are less conclusive. Our conclusion at this point should thus be that MP seems a good rule (compared to the other ones), if one seeks to elicit SD-confidence.

5.3 The extension to non perceptive tasks

An important question is whether the models and results described above can be generalized to other tasks. We have no simple answer to this question. However, we note that SDT has been routinely and successfully used in experimental psychology for non-perceptive tasks, such as memory or recognition tasks. Moreover, it has recently been shown that individual metacognitive performances in different perceptive tasks are correlated, suggesting that there exist a general process related to metacognition, and independent on the specific task considered (Song, Kanai, Fleming, Weil, Schwarzkopf, and Rees (2011)). Of course, this evidence only applies to perceptive tasks, and it is to the best of our knowledge an open question whether it also holds for non-perceptive tasks.

This leads us to make the assumption here that our analysis also applies to non-perceptive tasks. Because our subjects perform both a perceptive and a non-perceptive task, a validation of this assumption (if any) would be found in our data. We briefly look at how performances of elicitation rules are correlated across tasks. The main correlations are reported in Table 6.

Correlation between	MP (39)	QSR (33)	FR (35)
AU2ROC in quiz and perceptive task	0.44***	0.10	0.49***

Table 6: Correlations between AU2ROC in quiz and perceptive task.

*** means a level of significance at 1%.

We observe a strong and positive correlation between AU2ROC in the quiz and in the perceptive task for both the MP and the FR. As we have observed that MP (and to a lesser extent, FR) are reasonably good in eliciting subjects' SD-confidence

in the perceptive task, we take this result as a piece of evidence that our SDT analysis can actually be extended to other, less simple, tasks, as the quiz task. It is not surprising that we do not observe such a positive correlation for the QSR, as we have shown that it does poorly in terms of elicitation of SD-confidence.

6 Conclusion

Signal Detection Theory provides a theoretical model for predicting individuals' confidence (expressed as probabilities) from the observation of their performances in a simple perceptive task. This model is moreover consistent with behavioral and neuronal evidence. A natural question is whether one can actually elicit subjective probabilities that are close to those predicted by SDT.

We elicited individuals' confidence in a simple perceptive task using three different rules: the Quadratic Scoring Rule, the Matching Probabilities, and the Free Rule. We found that MP provided results remarkably close to those predicted by SDT. We also observed that although this rule might seem complicated at first sight, there is no evidence that subjects had more difficulties using MP than the two other rules. Moreover, using a task based on a knowledge quiz for the same subjects, we found evidence suggesting that these results might possibly extend to other, non-perceptive, tasks. MP thus appears as a good candidate if one seeks for an incentive-compatible elicitation rule that is not affected by rewards, and remains reasonably simple to use.

In this paper, we have focused on the elicitation of probabilities actually used by individuals in their decision processes. We should note that one could ask a different question, and seek a rule that leads subjects to provide a good evaluation of their own performance in the perceptive or quiz task. The ability to be a good assessor of one's own performance is known as calibration and discrimination. A precise answer to this question would require being able to compare individuals' performances for different elicitation rules, i.e., to have intra-individual data. It is thus beyond the scope of this paper, since we do not have such data.⁹ While we keep this question for future research, a first rough answer can be given by simply comparing AU2ROC for the three rules. The results are reported below in Table 7. We only found a statistically significant difference for the quiz task, where the MP performs better than the QSR. This result is not very conclusive, as we found no significant difference between FR and MP, nor between QSR and FR.

⁹In pilot experiments, we found that subjects got confused if one asks them to use different elicitation rules during the same session. Obtaining intra-individual data thus requires having the same individuals attending several sessions, separated by a sufficient laps of time. It thus implies a specific design.

Rule	AU2ROC for quiz taske	AU2ROC for perceptive task
MP (n=39)	0.6439 (.0623)	0.6702 (.0754)
QSR (n=33)	0.6148 (.0615)	0.6769 (.0664)
FR (n=35)	0.6233 (.0881)	0.6674 (.0812)
(MP - QSR)	0.0291 (0.0509)*	-0.0067 (.6944)
(MP - FR)	0.0206 (0.2465)	0.0029 (.8751)
(QSR - FR)	-0.0085 (0.6462)	0.0095 (.5991)

Table 7: Rules comparison: discrimination

This table provides the mean AU2ROC for the three rules (with s.d.). The rules are compared by pairs with a test of difference (t-test with the p-value in parenthesis). * means a level of significance at 10%.

We complete these results with another well-known measure of the quality of elicitation rules, namely the calibration index. Consider a subject who stated subjective probabilities about n events, p_i being her stated probability for event E_i , e_i being the indicator variable that takes value 1 if she accurately predicts event E_i .

$$\text{calibration index} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (p_i - e_i).$$

We reported calibration for quiz and perceptive tasks in Table 8.

Rule	Calibration index for quiz task	Calibration index for perceptive task
MP (n=39)	0.1113 (.0886)	0.0423 (.0889)
QSR (n=33)	0.0612 (.1284)	0.0417 (.0932)
FR (n=35)	0.1372 (.1092)	0.0735 (.1104)
(MP - QSR)	0.0501 (0.0552)*	0.0006 (0.9785)
(MP - FR)	-0.0259 (0.2647)	-0.0312 (0.1822)
(QSR - FR)	-0.0760 (0.0105)**	-0.0317 (0.2063)

Table 8: Rules comparison: calibration

This table provides the mean calibration index for the three rules (with s.d.). The rules are compared by pairs with a test of difference (t-test with the p-value in parenthesis). ** and * mean respectively a level of significance at 5% and 10%.

We observe that the QSR performs better in terms of calibration for the quiz: it displays a lower degree of overconfidence than the two other rules. However, the result is not very conclusive, as it does not hold for the perceptive task.

Regressions of the calibration index on a set of explanatory variables that includes dummies for the elicitation rules, individual mean performances in the different tasks (knowledge, logic, perception) and demographic variables lead to the same

result. Therefore, on the basis of the available evidence, we cannot conclude that one rule clearly dominates the others in terms of calibration quality. Comparing the rules in this respect will thus require additional data. We will investigate this question in future experiments.

References

- ABDELLAOUI, M., F. VOSSMANN, AND M. WEBER (2005): "Choice-Based Elicitation and Decomposition of Decision Weights for Gains and Losses under Uncertainty," *Management Science*, 51(9), 1384–1399.
- ANDERSEN, S., J. FOUNTAIN, G. HARRISON, AND E. RUTSTROM (2010): "Estimating Subjective Probabilities," *CEAR Working Paper*.
- ARMANTIER, O., AND N. TREICH (2010): "Eliciting Beliefs: Proper Scoring Rules, Incentives, Stakes and Hedging," *Working Paper*.
- ARROW, K. J. (1951): "Alternative Approaches to the Theory of Choice in Risk-Taking Situations," *Econometrica*, 19, 404–437.
- BAILLON, A., AND H. BLEICHRODT (2011): "Testing Ambiguity Models through the Measurement of Probabilities for Gains and Losses," *Working Paper*.
- BAILLON, A., L. CABANTOUS, AND P. WAKKER (2012): "Aggregating Imprecise or Conflicting Beliefs: An Experimental Investigation Using Modern Ambiguity Theories," *Journal of Risk and Uncertainty (in press)*.
- BECK, J., W. MA, R. KIANI, T. HANKS, A. CHURCHLAND, J. ROITMAN, M. SHADLEN, P. LATHAM, AND A. POUGET (2008): "Probabilistic population codes for Bayesian decision making," *Neuron*, 60(6), 1142–1152.
- BECKER, G. M., M. H. DEGROOT, AND J. MARSCHAK (1964): "Measuring utility by a single-response sequential method," *Behavioral Science*, 9(3), 226–232.
- BOGACZ, R., E. BROWN, J. MOEHLIS, P. HOLMES, AND J. COHEN (2006): "The physics of optimal decision making: a formal analysis of models of performance in two-alternative forced-choice tasks.," *Psychological review*, 113(4), 700.
- BRAINARD, D. (1997): "The Psychophysics Toolbox," *Spatial Vision*.
- CLARKE, F., T. BIRDSALL, AND W. TANNER (1959): "Two types of ROC curves and definitions of parameters," *The Journal of the Acoustical Society of America*, 31(5), 629–630.

- DIMMOCK, S., R. KOUWENBERG, AND P. WAKKER (2011): “Ambiguity Attitudes and Portfolio Choice: Evidence from a Large Representative Survey,” *Netspar Discussion Paper No. 06/2011-054*.
- FLEMING, S., AND R. DOLAN (2010): “Effects of loss aversion on post-decision wagering: Implications for measures of awareness,” *Consciousness and cognition*, 19(1), 352–363.
- FLEMING, S., J. HUIJGEN, AND R. DOLAN (2012): “Prefrontal Contributions to Metacognition in Perceptual Decision Making,” *The Journal of Neuroscience*, 32(18), 6117–6125.
- FLEMING, S., R. WEIL, Z. NAGY, R. DOLAN, AND G. REES (2010): “Relating introspective accuracy to individual differences in brain structure,” *Science*, 329(5998), 1541–1543.
- GALVIN, S., J. PODD, V. DRGA, AND J. WHITMORE (2003): “Type 2 tasks in the theory of signal detectability: Discrimination between correct and incorrect decisions,” *Psychonomic Bulletin & Review*, 10(4), 843–876.
- GOLD, J., AND M. SHADLEN (2002): “Banburismus and the brain: decoding the relationship between sensory stimuli, decisions, and reward,” *Neuron*, 36(2), 299–308.
- GREEN, D., AND J. SWETS (1966): *Signal detection theory and psychophysics*, vol. 1974. Wiley New York.
- GREETHER, D. (1992): “Testing Bayes rule and the representativeness heuristic: Some experimental evidence,” *Journal of Economic Behavior and Organization*.
- HAO, L., AND D. HOUSER (2012): “Belief elicitation in the presence of naive respondents: An experimental study,” *Journal of Risk and Uncertainty (in press)*.
- HOLLARD, G., S. MASSONI, AND J.-C. VERGNAUD (2010): “Subjective beliefs formation and elicitation rules : experimental evidence,” Working Paper, Centre d’Economie de la Sorbonne.
- HOLT, C. (2006): *Markets, Games, and Strategic Behavior: Recipes for Interactive Learning*. Addison-Wesley.
- HOLT, C., AND M. SMITH (2009): “An Update on Bayesian Updating,” *Journal of Economic Behavior and Organization*, 69(2), 125–134.
- HOSSAIN, T., AND R. OKUI (2011): “The Binarized Scoring Rule,” *Working Paper*.

- KADANE, J., AND R. WINKLER (1988): “Separating probability elicitation from utilities,” *Journal of the American Statistical Association*, pp. 357–363.
- KANAI, R., V. WALSH, AND C. TSENG (2010): “Subjective discriminability of invisibility: A framework for distinguishing perceptual and attentional failures of awareness,” *Consciousness and cognition*, 19(4), 1045–1057.
- KARNI, E. (2009): “A Mechanism for eliciting Probabilities,” *Econometrica*, 77(2), 603–606.
- KEPECS, A., N. UCHIDA, H. ZARIWALA, AND Z. MAINEN (2008): “Neural correlates, computation and behavioural impact of decision confidence,” *Nature*, 455(7210), 227–231.
- KIANI, R., AND M. SHADLEN (2009): “Representation of confidence associated with a decision by neurons in the parietal cortex,” *science*, 324(5928), 759–764.
- KOTHIYAL, A., V. SPINU, AND P. WAKKER (2011): “Comonotonic Proper Scoring Rules to Measure Ambiguity and Subjective Beliefs,” *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 17, 101–113.
- LAVALLE, I. H. (1978): *Fundamentals of Decision Analysis*. Holt, Rinehart and Winston, New York.
- LEVITT, H. (1971): “Transformed up-down methods in psychoacoustics,” *Journal of the Acoustical Society of America*.
- MA, W., J. BECK, P. LATHAM, AND A. POUGET (2006): “Bayesian inference with probabilistic population codes,” *Nature neuroscience*, 9(11), 1432–1438.
- MANISCALCO, B., AND H. LAU (2012): “A signal detection theoretic approach for estimating metacognitive sensitivity from confidence ratings.,” *Consciousness and cognition*, 21(1), 422.
- MASSONI, S. (2009): “A Direct Revelation Mechanism for Eliciting Confidence in Perceptual and Cognitive Tasks : An Experimental Study,” Master’s Thesis, Université Paris 1.
- MOBIUS, M., M. NIEDERLE, P. NIEHAUS, AND T. ROSENBLAT (2011): “Managing Self-Confidence: Theory and Experimental Evidence,” *NBER Working Paper No. 17014*.
- NIEDER, A., AND S. DEHAENE (2009): “Representation of number in the brain,” *Annual review of neuroscience*, 32, 185–208.

- NIEDER, A., D. FREEDMAN, AND E. MILLER (2002): "Representation of the quantity of visual items in the primate prefrontal cortex," *Science*, 297(5587), 1708–1711.
- NIEDER, A., AND E. MILLER (2003): "Coding of Cognitive Magnitude:: Compressed Scaling of Numerical Information in the Primate Prefrontal Cortex," *Neuron*, 37(1), 149–157.
- (2004): "A parieto-frontal network for visual numerical information in the monkey," *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(19), 7457.
- NYARKO, Y., AND A. SCHOTTER (2002): "An Experimental Study of Belief Learning Using Elicited Beliefs," *Econometrica*, 70(3), 971–1005.
- OFFERMAN, T., J. SONNEMANS, G. VAN DE KUILEN, AND P. WAKKER (2009): "A Truth-Serum for Non-Bayesian: Correcting Proper Scoring Rules for Risk Attitudes," *Review of Economic Studies*, 76(4), 1461–1489.
- PALFREY, T., AND S. WANG (2009): "On Eliciting Beliefs in Strategic Games," *Journal of Economic Behavior and Organization*, 71(2), 98–109.
- PIAZZA, M., V. IZARD, P. PINEL, D. LE BIHAN, AND S. DEHAENE (2004): "Tuning curves for approximate numerosity in the human intraparietal sulcus," *Neuron*, 44(3), 547–555.
- PICA, P., C. LEMER, V. IZARD, AND S. DEHAENE (2004): "Exact and approximate arithmetic in an Amazonian indigene group," *Science*, 306(5695), 499–503.
- POLLACK, I. (1959): "On indices of signal and response discriminability," *The Journal of the Acoustical Society of America*, 31(7), 1031–1031.
- RAIFFA, H. (1968): *Decision Analysis*. Addison-Wesley, London.
- ROUNIS, E., B. MANISCALCO, J. ROTHWELL, R. PASSINGHAM, AND H. LAU (2010): "Theta-burst transcranial magnetic stimulation to the prefrontal cortex impairs metacognitive visual awareness," *Cognitive Neuroscience*, 1(3), 165–175.
- SONG, C., R. KANAI, S. FLEMING, R. WEIL, D. SCHWARZKOPF, AND G. REES (2011): "Relating inter-individual differences in metacognitive performance on different perceptual tasks," *Consciousness and cognition*, 20(4), 1787–1792.
- TRAUTMANN, S., AND G. V. D. KUILEN (2011): "Belief Elicitation: A Horse Race among Truth Serums," *Working Paper*.

WINKLER, R. L. (1972): *An Introduction to Bayesian Inference and Decision Theory*. Holt, Rinehart and Winston, New York.

WINKLER, R. L., AND A. H. MURPHY (1968): “Good” Probability Assessors,” *Journal of Applied Meteorology*, 7, 751–758.

YANG, T., AND M. SHADLEN (2007): “Probabilistic reasoning by neurons,” *Nature*, 447(7148), 1075–1080.

ANNEXES 4

Annexe 4-1 QUESTIONNAIRE INONDATION

« Bonjour Madame, Monsieur, je suis « nom enquêteur » de l'institut Enov Research et mandaté par l'Université Aix Marseille pour mener une enquête auprès (*au choix selon les sous-groupes*) :

- 1) d'un échantillon de ménages qui ont été affectés par les inondations de juin 2010 à Draguignan,
- 2) d'un échantillon de ménages qui ont été affectés par les inondations de septembre 1992 à Vaison-la-Romaine,
- 3) d'un échantillon de ménages concernant leurs comportements face à des risques de catastrophes naturelles.

Cette étude fait partie d'un programme appelé RiskNat, financée par l'Agence Nationale de la Recherche pour améliorer la compréhension et la gestion des risques associés aux catastrophes naturelles, au cours duquel 4 communes de la région PACA vont être étudiées.

Toutes les informations collectées sont purement confidentielles et seront traitées de façon statistique à des fins de recherches universitaires. Elles seront archivées dans un centre de recherche du CNRS à Marseille et ne seront pas nominatives. Elles ont pour unique objectif de comprendre votre comportement dans des situations particulières, pour essayer d'améliorer la gestion des catastrophes naturelles. Pour une interprétation correcte des résultats, il est important que vous répondiez à toutes les questions, même celles qui peuvent vous sembler étranges.

Avant que l'on ne commence, nous souhaiterions savoir si vous résidez sur la commune de Miramas / Berre l'Etang / Draguignan / Vaison-la-Romaine ?

A tous

Q1. Ville d'enquête

1. Miramas	OK → L1
2. Berre l'Etang	OK → L1
3. Draguignan	OK → Q2
4. Vaison la Romaine	OK → Q2
5. Autres communes	STOP Inter

Si Q1=3 ou Q4 = 4

Q2. Pour les communes inondées : Etiez-vous présents à Draguignan lors de l'inondation du 15/ 16 juin 2010 OU à Vaison la Romaine lors de l'inondation du 22/23 septembre 1992 ?

	Oui	Non
1. Draguignan	→ L1	STOP INTER
2. Vaison la Romaine	→ L1	STOP INTER

Nous allons commencer l'entretien qui durera environ une heure.

Tout d'abord, je voudrais dire que beaucoup de questions qui seront posées concernent votre opinion ou vos attitudes. Seul votre avis nous intéresse, et il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse. »

MODULE logement / inondation en général

Commençons par une série de questions sur votre logement et les inondations

A tous

L1. Combien d'années avez-vous résidé :

L1-1 En région Provence Alpes Côte-d'Azur ? années

L1-2 dans votre commune ? années

L1-3 dans votre logement actuel ? années

A tous

1 seule réponse possible

L2. Le logement que vous occupez actuellement est :

1. un appartement
2. une maison sans jardin
3. une maison avec jardin
4. une chambre en cité universitaire, en hôtel, en foyer
5. Autre / précisez

A tous

1 seule réponse possible

L3. Votre foyer occupe ce logement en tant que :

1. Locataire auprès d'un particulier
2. Locataire dans le secteur public ou social (HLM,...)
3. Propriétaire
4. Occupant d'un appartement de fonction
5. Hébergé à titre gratuit (famille, amis)
6. Autre / Précisez

A tous

1 seule réponse possible

L4. A quel étage est situé le logement que vous occupez actuellement ?

1. Le sous-sol
2. Le RdC
3. Le 1^{ier} étage
4. Le 2^{ème} étage ou plus

A tous

1 seule réponse possible

L5. Lorsque vous vous êtes installé(e) dans le logement que vous occupez actuellement avez-vous cherché à vous renseigner sur le risque d'inondation ?

1. Oui →L7-1
2. Non →L7-2

Si L5 = 1

Plusieurs réponses possibles

L7-1 Au près de qui ?

1. La municipalité
2. D'autres services administratifs (Préfecture, DDE, Notaire)
3. L'organisme ou la personne qui vendait ou qui louait
4. Des habitants du voisinage
5. Autre. Précisions

Si L5 = 2

1 seule réponse possible

L7-2 Pourquoi ?

1. Je n'y ai pas pensé
2. J'étais déjà au courant
3. Ma famille est originaire de l'endroit
4. Je ne pense pas que le risque soit important
5. Autre. Précisions

A tous

Plusieurs réponses possibles

L8. Quels sont les moyens que vous connaissez pour être informé(e) des risques d'inondation ?

1. Journaux
2. Serveur téléphonique

3. Les collègues de travail
4. Radio
5. Télévision
6. Internet
7. Les voisins ou amis
8. SMS
9. Autre / précisez

A tous

1 seule réponse possible

L9. Selon vous, votre connaissance des risques d'inondation auxquels vous êtes exposé(e), est :

1. Très bonne
2. Bonne
3. Moyenne
4. Mauvaise
5. Très mauvaise
6. Ne sait pas

A tous

1 seule réponse possible

L10. Lors d'épisodes pluvieux importants, vous informez-vous sur les risques d'inondation ?

1. Jamais
2. Rarement
3. Parfois
4. Souvent
5. Chaque fois

A tous

1 seule réponse possible par modalité

L11. Savez-vous précisément ce qu'est : (NB : les infos entre parenthèses dans L11 sont à destination de l'enquêteur, pour pouvoir répondre éventuellement à une demande de précision de l'enquête)

L11-1 : un PPRI (Plan de prévention des risques d'inondation)

1. Oui
2. Non

L11-2 : un PCS (plan communal de sauvegarde)

1. Oui
2. Non

Si Q1=3 (Draguignan)

L11-3a : Pour Draguignan, le SIAN (Syndicat intercommunal d'aménagement de la Nartuby):

1. Oui
2. Non

Si Q1=4 (Vaison)

L11-3b : Pour Vaison la Romaine, le SMOP (Syndicat Mixte l'Ouvèze Provençale):

1. Oui
2. Non

Si Q1=2 (Berre)

L11-3c : Pour Berre l'Étang, le SABA (Syndicat intercommunal d'aménagement du Bassin de l'Arc):

1. Oui

2. Non

Si Q1=1 (Miramas)

L11-3d : Pour Miramas, le SCP (en l'absence de syndicat de gestion à Miramas, c'est la Société du Canal de Provence assure la gestion de l'eau et de l'assainissement):

1. Oui
2. Non

A tous

1 seule réponse possible

L12. Dans certains pays, la réduction des risques d'inondation est financée par des taxes.

Dans ces pays, pensez-vous que :

1. Tout le monde devrait payer la même chose
2. Ceux qui sont le plus à risque devraient payer plus
3. Ne sait pas

A tous

1 seule réponse possible

L13. Pensez-vous que des mesures suffisantes sont actuellement mises en place pour lutter contre les risques d'inondation ?

1. Oui
2. Non
3. Ne sait pas

A tous

1 seule réponse possible

L14. Avez-vous une assurance habitation ?

1. Oui → L14-1
2. Non → L14-2

Si L14=1

1 seule réponse possible

L14-1. En connaissez-vous le montant ?

1. Oui → L14-11.
L14-11. Combien (en €/an) ? → L15
2. Non → L14-12.

L14-12. Voulez-vous vérifier le montant de votre assurance ?

1. Oui → L14-12a.
L14-12a. Combien (€/an) ? → L15
2. Non → L15

Si L14=2

1 seule réponse possible

L14-2. Pourquoi ? → L15

A tous

1 seule réponse possible

L15. Avez-vous une assurance corporelle complémentaire (aussi appelée garantie des accidents de la vie) en cas de blessure ou de décès suite à un accident, une agression, un attentat, une catastrophe naturelle ou industrielle... ?

1. Oui → L15-1
2. Non → L15-3

1 seule réponse possible

Si L15=1

L15-1. Depuis combien de temps (en années)? → L15-2

L15-2. En connaissez-vous le montant ?

1. Oui → L15-21.
L15-21. Combien (€/an) ? → L16
2. Non → L15-22
L15-22. Voulez-vous vérifier le montant de votre assurance corporelle complémentaire ?
 1. Oui → L15-23
L15-23. Combien (€/an) ?
 2. Non → L16

1 seule réponse possible
Si L15=2
L15-3. Pourquoi? → L16

A tous
L16. Avec quelle probabilité, estimez-vous la possibilité que votre lieu d'habitation soit inondé (indiquez s'il vous plait une probabilité comprise entre 0% et 100%)? (Montrer échelle risque),

A tous
L16-1. Durant l'année à venir ?.....%
L16-2 durant les 10 années à venir ?%
L16-3 durant les 100 années à venir ?%

A Tous
1 seule réponse possible par ligne
L17. Dans le cas où vous subiriez une inondation, quels sentiments pensez-vous ressentir ?

	Certainement	Probablement	Probablement pas	Pas du tout
1. Colère	1	2	3	4
2. Angoisse ou peur	1	2	3	4
3. Calme	1	2	3	4
4. Etat de choc, déni de réalité	1	2	3	4
5. Fatalisme	1	2	3	4
6. Perte de contrôle	1	2	3	4
7. Surprise	1	2	3	4
8. Impuissance	1	2	3	4
9. Détresse d'avoir tout perdu	1	2	3	4

A tous
1 seule réponse possible
L18. Pensez-vous que votre assurance couvrirait l'ensemble des dommages (en dehors de la franchise) ?

1. Oui
2. Non
3. Ne sait pas

MODULE Perception des risques

Nous aimerions maintenant vous poser des questions sur votre perception du risque, de façon générale. Il est important pour notre enquête que vous répondiez à chaque question de manière spontanée. Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse.

A tous

1 seule réponse possible par ligne

R1. Sur une échelle de 0 à 10, où 0 correspond aux personnes très prudentes, limitant les risques au maximum, et 10 aux personnes attirées par l'aventure, aimant prendre des risques, entourez la valeur correspondant le mieux à votre attitude dans les domaines suivants :

	Très prudente					Très aventureux					
1. Loisirs, voyages	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2. Carrière professionnelle, études	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3. Placement, gestion du patrimoine	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4. Vie de famille, relations avec les autres	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5. Santé	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6. Sports	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7. Globalement tous domaines confondus	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

A Tous

1 seule réponse possible par ligne

R2. Pour chacun des cinq types de risques suivants, comment pensez-vous être exposé(e) par rapport à l'ensemble de la population française :

	Beaucoup p moins	Un peu moins	Autant	Un peu plus	Beaucoup p plus	Ne sait pas	Refus de répondre
1. Accidents dus au transport (route, piéton, vélo, train, avion...)	1r	2r	3r	4r	5r	6r	7r
2. Agressions physiques (violence, vol...)	1r	2r	3r	4r	5r	6r	7r
3. Maladies (cancer, crise cardiaque, maladie héréditaire, dépression...)	1r	2r	3r	4r	5r	6r	7r
4. Perte d'emploi, échec scolaire ou professionnel	1r	2r	3r	4r	5r	6r	7r
5. Risques naturels (incendie, inondation, avalanche, tremblement de terre, glissement de terrain...)	1r	2r	3r	4r	5r	6r	7r

A tous

1 seule réponse possible

R3. Dans la vie courante et par rapport à l'ensemble de la population, est-ce que vous pensez avoir en général plus ou moins de chance ? S'il vous plaît cochez une case sur l'échelle de 0 à 10 ci-dessous, où 0 représente « beaucoup moins de chance » que la population générale et 10 représente « beaucoup plus de chance » que la population française.

Beaucoup moins de chance					Beaucoup plus de chance					
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="checkbox"/>										

A tous

1 seule réponse possible

R4. Tout bien considéré, vous sentez-vous plutôt malheureux ou plutôt heureux ces jours-ci? Cochez s'il vous plaît une case sur l'échelle de 0 à 10 ci-dessous, où 0 signifie «très malheureux» et 10 signifie «très heureux».

Très malheureux											Très heureux
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<input type="checkbox"/>											

MODULE choix monétaires

Maintenant, passons à des questions hypothétiques qui impliquent des décisions monétaires. L'objectif est de comprendre quels sont les éléments clés lorsque vous prenez une décision. Pour ces questions hypothétiques, s'il vous plaît répondez comme s'il s'agissait d'une situation réelle.

A tous

1 seul montant possible

M1. Imaginez que vous pouvez acheter un seul ticket à une tombola qui comporte 10 tickets, dont un seul sera gagnant.

Le montant du gain est 2.700 euros et le ticket gagnant est déterminé par tirage au sort, c'est à dire que chaque ticket a une chance sur 10 de gagner. (Montrer échelle risque),

Quel est le prix que vous êtes prêt à payer pour acquérir un billet pour cette loterie ?

A tous

1 seule valeur possible

M2. Imaginez la somme monétaire que représentent tous vos biens, tels votre logement si vous êtes propriétaire, les valeurs boursières, vos économies, les meubles, les véhicules et les objets de valeur.

Quelle est selon vous la valeur de tous ces biens ?

A tous

1 seul montant possible

M3. Maintenant, imaginez que la probabilité de perdre tous vos biens l'année prochaine est de 1 sur 10.000.

A titre de comparaison, le risque moyen annuel de décéder dans un accident de la circulation en Europe est comparable. (Montrer échelle risque),

Combien seriez-vous prêt à payer pour protéger tous vos biens (en Euros) ?

A tous

1 seul montant possible

M4. Maintenant, imaginez que la probabilité de perdre la moitié de vos biens l'année prochaine est de 1 sur 10.000.

Combien seriez-vous prêt à payer pour protéger la moitié de vos biens (en Euros) ?

A tous

1 seule réponse possible

M5. Parmi les investissements suivants, quel est votre préféré ?

1. 50% de chances de gagner 200 euros et 50% de chances de ne rien gagner
2. 50% de chances de gagner 800 euros et 50% de chances de perdre 200 euros
3. 50% de chances de gagner 2 600 euros et 50% de chances de perdre 800 euros
4. 50% de chances de gagner 4 800 euros et 50% de chances de perdre 2 400 euros

A tous

Cochez une seule case par ligne

M6. Imaginez que vous gagniez 10.000 euros nets d'impôts versés automatiquement sur votre compte en banque.

Votre banque vous propose alors de choisir entre :

A) retirer l'argent immédiatement

B) laisser l'argent à la banque pendant un an avant de le retirer.

Quelle option allez-vous choisir dans chacune des sept lignes, A ou B?

A. Montant retiré aujourd'hui	B. Montant reçu dans un an
1. 10.000 euros	1. 10.200 euros
2. 10.000 euros	2. 10.500 euros
3. 10.000 euros	3. 10.800 euros
4. 10.000 euros	4. 11.000 euros
5. 10.000 euros	5. 12.000 euros
6. 10.000 euros	6. 13.000 euros
7. 10.000 euros	7. 15.000 euros

A tous

M7. Imaginez la situation risquée suivante : vous avez 50% de chances de GAGNER 10 euros et 50% de chances de ne rien gagner.

A la place, on vous propose de gagner une somme fixe avec certitude.

Cochez toutes les sommes que vous accepteriez de gagner à la place de la situation risquée :

Gagner avec certitude	10 €	9 €	8 €	7 €	6 €	5 €	4 €	3 €	2 €	1 €	0 €
	<input type="checkbox"/>										

A tous

M8. Imaginez la situation suivante : vous avez 70% de chances de GAGNER 10 euros et 30% de chances de ne rien gagner. A la place, on vous propose de gagner une somme fixe avec certitude. Cochez toutes les sommes que vous accepteriez de gagner à la place de la situation risquée :

Gagner avec certitude	10 €	9 €	8 €	7 €	6 €	5 €	4 €	3 €	2 €	1 €	0 €
	<input type="checkbox"/>										

A tous

M9. Imaginez la situation risquée suivante : vous avez 30% de chances de GAGNER 10 euros et 70% de chances de ne rien gagner. A la place, on vous propose de gagner une somme fixe avec certitude. Cochez toutes les sommes que vous accepteriez de gagner à la place de la situation risquée :

Gagner avec certitude	10 €	9 €	8 €	7 €	6 €	5 €	4 €	3 €	2 €	1 €	0 €
	<input type="checkbox"/>										

A tous

M10. Imaginez maintenant la situation suivante : vous avez 50% de chances de PERDRE 10 euros, et 50% de chances de ne rien perdre. A la place, on propose de perdre une somme fixe avec certitude. Cochez toutes les sommes que vous accepteriez de perdre à la place de la situation risquée :

Perdre avec certitude	0 €	1 €	2 €	3 €	4 €	5 €	6 €	7 €	8 €	9 €	10 €
	<input type="checkbox"/>										

<input type="checkbox"/>										
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

A tous

Q31 Imaginez la situation risquée suivante : vous avez 70% de chances de PERDRE 10 euros, et 30% de chances de ne rien perdre. A la place, on propose de perdre une somme fixe avec certitude. Cochez toutes les sommes que vous accepteriez de perdre à la place de la situation risquée :

Perdre avec certitude	0 €	1 €	2 €	3 €	4 €	5 €	6 €	7 €	8 €	9 €	10 €
	<input type="checkbox"/>										

A tous

Q32 Imaginez la situation risquée suivante : vous avez 30% de chances de PERDRE 10 euros, et 70% de chances de ne rien perdre A la place, on propose de perdre une somme fixe avec certitude. Cochez toutes les sommes que vous accepteriez de perdre à la place de la situation risquée :

Perdre avec certitude	0 €	1 €	2 €	3 €	4 €	5 €	6 €	7 €	8 €	9 €	10 €
	<input type="checkbox"/>										

MODULE Personnalité

Abordons maintenant quelques questions pour connaître votre façon d'agir dans la vie quotidienne.

A tous

P1. Commençons par une série de déclarations concernant votre contrôle sur des situations de la vie quotidienne.

Nous vous demandons de lire ces déclarations et de choisir celle(s) qui vous semble(nt) vous correspondre le plus. Il n'y a pas de bonne ou mauvaise réponse. En cas d'hésitation, choisissez la déclaration qui vous semble la plus vraie.

Pour chacune des paires de phrases suivantes, avec quelle phrase êtes-vous le plus d'accord (cochez A ou B) ?

A tous

1 seule réponse possible

P1-1.

- A. Ce qui vous arrive est de votre propre faute
- B. Parfois, vous sentez que vous n'avez aucun contrôle sur le fil de votre vie

A tous

1 seule réponse possible

P1-2.

- A. Lorsque vous faites des plans, vous êtes presque toujours sûr que vous pourrez les mener à terme
- B. Il n'est pas toujours sage de planifier bien en avance parce que beaucoup de choses se révèlent être une question de chance

A tous

1 seule réponse possible

P1-3.

- A. Pour vous, obtenir ce que vous voulez n'a que peu ou rien à voir avec le hasard
- B. Souvent, vous prenez une décision en jouant à pile ou face

A tous

1 seule réponse possible

P1-4.

- A. Vous avez ressenti à plusieurs reprises que vous n'aviez que peu d'influence sur les choses qui vous arrivent
- B. Vous ne pensez pas que le hasard joue un rôle important dans votre vie

A tous

P2. Maintenant, nous allons vous proposer un certain nombre de qualificatifs qui peuvent ou non s'appliquer à vous.

Par exemple, approuvez-vous l'affirmation selon laquelle vous êtes quelqu'un qui aime passer du temps avec les autres ?

Écrivez devant chaque affirmation le chiffre indiquant combien vous approuvez ou désapprouvez l'affirmation :

1 désapprouve fortement	2 désapprouve un peu	3 n'approuve ni ne désapprouve	4 approuve un peu	5 approuve fortement
--------------------------------------	-----------------------------------	---	--------------------------------	-----------------------------------

Je me vois comme quelqu'un qui...

1. ___ Travaille consciencieusement
2. ___ Est déprimé, cafardeux
3. ___ Peut être parfois négligent
4. ___ Est « relax », détendu, gère bien le stress
5. ___ Est fiable dans son travail
6. ___ Peut être angoissé
7. ___ A tendance à être désorganisé
8. ___ Se tourmente beaucoup
9. ___ A tendance à être paresseux
10. ___ Est quelqu'un de tempéré, pas facilement troublé
11. ___ Persévère jusqu'à ce que sa tâche soit finie
12. ___ Peut-être lunatique, d'humeur changeante
13. ___ Est efficace dans son travail
14. ___ Reste calme dans les situations angoissantes
15. ___ Fait des projets et les poursuit
16. ___ Est facilement anxieux
17. ___ Est facilement distrait

MODULE PTSD

A tous

1 seule réponse possible

PTSD1. Avez-vous vécu à un moment donné de votre vie un événement stressant (c'est à dire, terrible, effrayant, horrible) qui vous a occasionné des problèmes comme : des souvenirs ou des rêves bouleversants, le sentiment d'être détaché(e) des autres, des problèmes de sommeil ou de concentration, ou bien une nervosité excessive ?

1. Oui → PTSD2
2. Non → I1 pour Draguignan et Vaison-la-Romaine ou WTP1 pour Berre l'Etang et Miramas
3. Ne sait pas → PTSD2

Si PTSD1 = 1 ou 3

1 seule réponse possible

PTSD2. Avez-vous :

PTSD2-1. Avez-vous été victime d'un vol avec effraction ?

1. Oui
2. Non
3. Ne sait pas

PTSD2-2. Avez-vous été sévèrement agressé(e) ou victime d'une menace à main armée ?

1. Oui
2. Non
3. Ne sait pas

PTSD2-3. Avez-vous eu un accident ou une maladie qui mettait en jeu votre vie ?

1. Oui
2. Non
3. Ne sait pas

PTSD2-4. Avez-vous vécu la mort inattendue, subite d'un ami intime ou d'un membre de votre famille ?

1. Oui
2. Non
3. Ne sait pas

PTSD2-5. Avez-vous fait quelque chose qui a abouti à la blessure ou au décès d'une autre personne ?

1. Oui
2. Non
3. Ne sait pas

PTSD2-6. Avez-vous été pris dans une catastrophe naturelle (inondation, tremblement de terre, glissement de terrain, ouragan, avalanche) ou un incendie ?

1. Oui → PTSD2-7
2. Non
3. Ne sait pas

Si PTSD2-6 = 1

PTSD2-7. Si oui, laquelle ?

1. Inondation
2. Tremblement de terre
3. Glissement de terrain
4. Ouragan
5. Avalanche
6. Incendie
7. Autre

PTSD2-8. Avez-vous vécu un autre évènement que nous n'avons pas cité ?

1. Oui → PTSD2-9
2. Non
3. Ne sait pas

Si PTSD2-8 = 1

PTSD2-9. Lequel ?

A TOUS

Si PTSD1 = 1 ou 3

Question ouverte, relancer si besoin

PTSD3. L'évènement le plus stressant que vous ayez vécu était (décrivez-le en une phrase) :

A TOUS

PTSD4. Date de l'évènement :

A TOUS

1 seule réponse possible par ligne

PTSD5. Veuillez trouver ci-dessous une liste de problèmes et de symptômes fréquents à la suite d'un épisode de vie stressant.

Veuillez lire chaque problème avec soin puis veuillez cocher un chiffre à droite pour indiquer à quel point vous avez été perturbé par ce problème lié à cet évènement stressant dans le mois précédent.

	pas du tout	un peu	parfois	souvent	très souvent
1. Etre perturbé(e) par des souvenirs, des pensées ou des images en relation avec cet épisode stressant.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
2. Etre perturbé(e) par des rêves répétés en relation avec cet évènement.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
3. Brusquement agir ou sentir comme si l'épisode stressant se reproduisait (comme si vous étiez en train de le revivre).	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
4. Se sentir très bouleversé(e) lorsque quelque chose vous rappelle l'épisode stressant.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
5. Avoir des réactions physiques, par exemple, battements de coeur, difficultés à respirer, sueurs lorsque quelque chose vous a rappelé l'épisode stressant.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
6. Eviter de penser ou de parler de votre épisode stressant ou éviter des sentiments qui sont en relation avec lui.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
7. Eviter des activités ou des situations parce qu'elles vous rappellent votre épisode stressant.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
8. Avoir des difficultés à se souvenir de parties importantes de l'expérience stressante.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
9. Perte d'intérêt dans des activités qui habituellement vous faisaient plaisir.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
10. Se sentir distant ou coupé(e) des autres personnes.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
11. Se sentir émotionnellement anesthésié(e) ou être incapable d'avoir des sentiments d'amour pour ceux qui sont proches de vous.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
12. Se sentir comme si votre avenir était en quelque sorte raccourci.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
13. Avoir des difficultés pour vous endormir ou rester endormi(e).	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
14. Se sentir irritable ou avoir des bouffées de colère.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
15. Avoir des difficultés à vous concentrer.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
16. Etre en état de super-alarmer, sur la défensive, ou sur vos gardes.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
17. Se sentir énervé(e) ou sursauter facilement.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

MODULE spécifique inondation

Nous allons maintenant vous poser des questions sur l'inondation de 1992 (Vaison-la-Romaine)/ l'inondation de 2010 (Draguignan) / ou année de l'inondation ayant provoqué un événement stressant (Miramas et Berre l'Etang).

Module à faire passer aux individus de Draguignan, de Vaison-la-Romaine, ou tout individu ayant déclaré, dans le module PTSD, avoir vécu une inondation ayant généré un événement stressant (PTSD2-7 = 1)

Vécu de l'inondation

1 seule réponse possible

I1. Etiez-vous présent lorsque l'eau était à son point le plus haut ?

1. Oui
2. Non
3. NSP

1 seule réponse possible

I2. Avez-vous vu l'eau monter ?

1. Oui
2. Non
3. NSP

1 seule réponse possible

I3. Avez-vous été personnellement en contact avec l'eau ?

1. Oui
2. Non
3. NSP

1 seule réponse possible

I4. Etiez-vous présent pendant la décrue et/ou pendant le nettoyage ?

1. Oui
2. Non
3. NSP

Atteinte aux personnes ou animaux

1 seule réponse possible

I5. Avez-vous vu des personnes mortes ou mourir pendant cette inondation ?

1. Oui
2. Non
3. NSP

1 seule réponse possible

I6. Une personne de vos connaissances ou de votre famille est-elle décédée ?

1. Oui
2. Non
3. NSP

1 seule réponse possible

I7. Une personne de vos connaissances ou de votre famille a-t-elle été en danger de mort ou a-t-elle été blessée ?

1. Oui
2. Non
3. NSP

1 seule réponse possible

I8. Avez-vous vu un animal de compagnie mourir ?

1. Oui
2. Non
3. NSP

1 seule réponse possible

I9. Avez-vous perdu un animal de compagnie ?

1. Oui
2. Non

3. NSP

1 seule réponse possible

I10. Vous-même vous êtes-vous senti(e) en danger de mort ?

1. Oui
2. Non
3. NSP

1 seule réponse possible

I11. Avez-vous été personnellement blessé ou malade, hospitalisé ?

1. Oui
2. Non
3. NSP

1 seule réponse possible

I12. Avez-vous été en arrêt de travail plus d'une semaine ?

1. Oui
2. Non
3. NSP

Atteinte aux biens

1 seule réponse possible

I13. Votre maison a-t-elle été ?

I13-1. Inondée ?

1. Oui
2. Non
3. NSP

I13-2. Détruite ?

1. Oui
2. Non
3. NSP

1 seule réponse possible

I14. Avez-vous pu mettre à l'abri vos biens ?

1. Aucun
2. En partie
3. Presque tous

1 seule réponse possible

I15. Avez-vous subi des pertes importantes à cause de l'inondation ?

1. Oui
2. Non
3. NSP

1 seule réponse possible

I16. Avez-vous subi la perte de véhicules ?

1. Oui → I16-1
2. Non → I17
3. NSP → I17

Si I16 = 1

I16-1. Combien ?

I17. A combien évaluez-vous l'ensemble de vos pertes (en Euros) ?

I18. Combien l'assurance a-t-elle remboursé (Euros) ?

1 seule réponse possible

I19. Aviez-vous déjà vécu une inondation avant celle de 1992 (Vaison-la-Romaine)/ de 2010 (Draguignan) / ou année de l'inondation ayant provoqué un événement stressant (Miramas et Berre l'Etang). ?

1. Oui
2. Non
3. NSP

NB : * Pour Naturby : crues décennales en 2000, 1996 et 1994, crue trentennale en 1974, grosses crues en 1827 (crue historique servant de base au PPRi), 1959, l'événement de 2010 selon météo France, a une durée de retour de 50 à 100 ans (rapport Sénat, Roudeau 2011).

* Pour Ouvèze : crues d'octobre 1933, de novembre 1935 et de novembre 1951, septembre 2002.

* Berre-l'Etang : risque inondation barrage de Bimont et crue torrentielle.

Conséquences de l'inondation

I20. Après l'inondation, combien de jours êtes-vous resté ?

I20-1. sans électricité ?

I20-2. sans eau ?

I20-3. sans pouvoir habiter votre logement ?

1 seule réponse possible

I21. Vous attendiez vous à cette inondation ?

1. Oui
2. Non
3. NSP

1 seule réponse possible

I22. Avez-vous, ou un membre de votre foyer, dû être évacué ?

1. Oui
2. Non
3. NSP

1 seule réponse possible

I23. Avez-vous porté assistance à d'autres personnes ?

1. Oui
2. Non
3. NSP

1 seule réponse possible

I24. Avez-vous eu besoin d'assistance sans en obtenir ?

1. Oui
2. Non
3. NSP

1 seule réponse possible

I25. Dans quelle mesure pensez-vous que votre foyer était préparé à l'inondation de 1992 / 2010 / autre année ?

1. Pas du tout préparé
2. Un peu préparé
3. Modérément préparé
4. Bien préparé
5. Très bien préparé

Plusieurs réponses possibles

I26. Suite à l'inondation de 1992 / 2010 / autre année, avez-vous pris une ou plusieurs des actions suivantes pour réduire votre exposition à de futures inondations ?

1. Vérifier les conditions d'assurance de vos biens et des personnes en cas d'inondation
2. Veiller à mettre à l'abri d'une éventuelle inondation les objets auxquels vous tenez le plus
3. Aménager une zone refuge pour être à l'abri de l'eau et permettre si nécessaire d'attendre les secours et d'évacuer le bâtiment
4. Déménager vers un logement moins exposé
5. Installer des dispositifs pour diminuer les possibilités d'inondation de votre logement

Si I26=5

I27. Quel a été le coût de ces dispositifs (en Euros) ?

MODULE CAP

A tous

Nous allons vous proposer des scénarios fictifs dans lesquels vous êtes l'acteur principal. Vous allez devoir prendre des décisions concernant votre logement, qui vous semblent les meilleures. Seul votre avis nous intéresse, et il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse.

Tout le monde ne connaît pas précisément le fonctionnement de l'assurance contre les inondations, et nous vous le rappelons brièvement.

En France, tout contrat d'assurance incendie et dommages comprend obligatoirement une contribution dite CatNat. Pour que la garantie s'applique en cas d'inondation, il faut que l'événement ait été classé comme catastrophe naturelle par un arrêté interministériel et que les biens (meubles et immeubles) soient assurés.

Le remboursement se fera au-delà d'une franchise de 380 euros. Les dommages corporels ne sont pas indemnisés par le système CatNat. Ils le sont soit par un contrat d'assurance de personne, soit par l'Etat si un responsable politique ou administratif est mis en cause dans la survenue de l'inondation.

1 Scénario Consentement à payer *Inverser l'ordre de 1.1 et 1.2 pour un enquêté sur deux*

1.1 Prévention

Si scénario posé en premier :

« Imaginons que l'assurance CatNat couvre toujours les sinistres liés aux inondations. »

Si scénario posé en second :

« Voici un tout autre scénario, aussi fictif que le précédent.

Imaginons maintenant que l'assurance CatNat couvre toujours les sinistres liés aux inondations. »

Votre assurance actuelle continue de couvrir tous les autres types de sinistres et le montant de votre prime reste inchangé.

Imaginons que l'Etat crée une Caisse de Gestion Inondation pour financer des travaux de protection contre les inondations. La construction de digues, de bassins de rétention, l'amélioration des réseaux

d'évacuation des eaux pluviales limiteraient la hauteur d'eau et les vitesses de courant, et supprimeraient totalement le risque d'inondation dans votre commune. Ces travaux ne seraient engagés que si la population concernée contribuait financièrement à cette Caisse de Gestion Inondation. Nous désirons connaître le montant maximum annuel que vous accepteriez de payer à cette caisse.

Si scénario posé en premier et pour la moitié des enquêtés, lire **script Cheap talk**:
Des enquêtes similaires à celle-ci montrent que la somme d'argent que les gens s'engagent à payer peut différer de celle qu'ils paieraient dans la réalité.

Par exemple, certains annoncent une somme plus faible que celle qu'ils paieraient effectivement ou refuse carrément de payer quoique ce soit. Cela peut s'expliquer par le fait qu'ils ont envie d'exprimer un point de vue comme « j'ai normalement droit à vivre dans un endroit sans risque d'inondation » ou « ce n'est pas à moi de payer pour supprimer le risque d'inondation, mais plutôt aux collectivités locales ou à l'Etat ».

D'autres personnes annoncent au contraire une somme plus élevée que celle qu'ils paieraient en réalité s'il fallait vraiment sortir l'argent du porte-monnaie.

Nous voulons que vous essayiez de ne pas faire comme ces personnes et que vous répondiez le plus sincèrement possible.

Si scénario posé en premier :

« Nous vous rappelons que vous avez précédemment évalué la probabilité d'être inondé durant l'année à venir à% (*rappeler la réponse L16-1*). »

WTP1. Accepteriez-vous de contribuer à la Caisse de Gestion Inondation pour financer les travaux de protection ?

1. Oui → WTP2
2. Non → WTP3

NB : En cas de questions de la personne enquêtée sur le niveau de protection, sur le montant des travaux ou sur la façon dont ils seraient financés, répondre :

« Cette enquête fait partie d'un travail de recherche mené sur plusieurs communes. Il s'agit d'une situation fictive, et les modalités précises de mise en œuvre des travaux ne sont pas fixées. Pour répondre, imaginez toutefois qu'il s'agit d'une contribution que toutes les personnes concernées par la protection devraient payer, un peu comme la taxe d'enlèvement des ordures ménagères. »

WTP2. Quel serait le montant maximum annuel que vous accepteriez de payer ?

Pour vous aider, voici une carte avec différents montants. Montrer Annexe Carte de paiement

N'oubliez pas que cette somme supplémentaire va réduire le revenu que vous pourrez consacrer à vos autres achats ou à votre épargne.

..... euros

1 seule réponse possible par ligne

Si WTP1 = 1 et WTP2 > 0

WTP3a. En choisissant ce montant, avez-vous pensé ...

	Oui	Non	Ne sait pas
1. je veux éviter les dommages qu'une inondation pourrait provoquer à mes biens.	①	②	
2. je veux éviter les préjudices corporels que moi-même ou ma famille pourrions subir suite à une inondation.	①	②	

3. je veux éviter les dommages qu'une inondation pourrait provoquer à mon logement.	①	②	
4. je veux éviter de vivre les sentiments associés à une inondation.	①	②	
5. je veux participer à la protection de ma commune et vivre dans une commune plus sûre.	①	②	
6. Autre			

1 seule réponse possible par ligne

Si WTP1 = 2 ou WTP2 = 0 ou = NSP

WTP3b. Vous ne voulez pas participer au financement par la Caisse de Gestion Inondation de travaux qui supprimeraient totalement votre risque d'être inondé.

Est-ce parce que vous pensez :

	Oui	Non	Ne sait pas
1. il faudrait être sûr que tout le monde paie	①	②	
2. je n'ai pas assez d'information pour choisir une somme	①	②	
3. je préfère courir le risque	①	②	
4. à mon âge, ça n'en vaut pas la peine	①	②	
5. j'ai tellement l'habitude des inondations	①	②	
6. les dommages ne seront pas si importants	①	②	
7. je n'ai pas les moyens de payer	①	②	
8. ce n'est pas à moi de payer	①	②	
9. je ne veux pas payer davantage	①	②	
10. autre			

1.2 Assurance.

Si scénario posé en premier :

« Imaginons que l'assurance CatNat ne couvre plus les sinistres liés aux inondations. »

Si scénario posé en second :

« Voici un tout autre scénario, aussi fictif que le précédent.

Imaginons maintenant que l'assurance CatNat ne couvre plus les sinistres liés aux inondations. »

Votre assurance actuelle continue de couvrir tous les autres types de sinistres et le montant de votre prime reste inchangé.

Imaginons que l'Etat créé une Caisse de Gestion Inondation qui constitue **le seul système d'indemnisation** pour les sinistres liés aux inondations, quelles que soient leur importance et leur fréquence.

Elle permet d'être dédommagé des coûts matériels, des dommages aux habitations, et d'un éventuel préjudice corporel. Vous pouvez librement choisir de contribuer ou non à cette Caisse de Gestion Inondation, mais si vous ne contribuez pas, vous ne serez pas indemnisé du tout en cas de sinistre lié aux inondations. Nous désirons connaître le montant maximum annuel que vous accepteriez de payer à cette caisse.»

NB : En cas de questions de la personne enquêtée sur la façon dont l'assurance fonctionnerait, répondre (en fonction de la demande):

a) « Cette enquête représente une situation fictive, qui fait l'hypothèse que la prime d'assurance resterait inchangée bien qu'elle ne couvre plus les sinistres inondations. Cela peut s'expliquer pour deux raisons : d'une part, elle continue à couvrir tous les autres risques, y compris les catastrophes naturelles autres que les inondations, qui représentent environ 95% des indemnisations. D'autre part, le système CatNat est actuellement en déséquilibre financier, car l'augmentation des sinistres de type catastrophes naturelles ces dernières années conduit l'Etat à contribuer à hauteur de 50% environ des indemnisations» (source Centre Européen de Prévention du Risque d'Inondation). »

b) « Cette enquête représente une situation fictive, qui fait l'hypothèse que le dédommagement en cas d'inondation se ferait dans les conditions habituelles. Cela implique l'application d'une franchise de 380 euros et d'un coefficient de vétusté pour les coûts matériels, la reconstruction à l'identique pour

les habitations et une indemnisation du préjudice corporel comparable à celle proposée par les assurances corporelles. »

Si scénario posé en premier et pour la moitié des enquêtés, lire **script Cheap talk**:
Des enquêtes similaires à celle-ci montrent que la somme d'argent que les gens s'engagent à payer peut différer de celle qu'ils paieraient dans la réalité.

Par exemple, certains annoncent une somme plus faible que celle qu'ils paieraient effectivement ou refuse carrément de payer quoique ce soit. Cela peut s'expliquer par le fait qu'ils ont envie d'exprimer un point de vue comme «j'ai normalement droit à vivre dans un endroit sans risque d'inondation » ou « ce n'est pas à moi de payer pour supprimer le risque d'inondation, mais plutôt aux collectivités locales ou à l'Etat ».

D'autres personnes annoncent au contraire une somme plus élevée que celle qu'ils paieraient en réalité s'il fallait vraiment sortir l'argent du porte-monnaie.

Nous voulons que vous essayiez de ne pas faire comme ces personnes et que vous répondiez le plus sincèrement possible.

Si scénario posé en premier :
Nous vous rappelons que vous avez précédemment évalué la probabilité d'être inondé durant l'année à venir à% (*rappeler la réponse L16-1*).

A tous
WTP4. Accepteriez-vous de contribuer à la Caisse de Gestion Inondation pour être totalement dédommagé en cas d'inondation ?
1. Oui → WTP5
2. Non → WTP6a

Si WTP4 = 1

WTP5. Quel serait le montant maximum annuel que vous accepteriez de payer ?

Montrer Annexe Carte de paiement

N'oubliez pas que cette somme supplémentaire va réduire le revenu que vous pourrez consacrer à vos autres achats ou à votre épargne.

..... Euros

1 seule réponse possible par ligne

Si WTP5 > 0

WTP6a. En choisissant ce montant, avez-vous pensé :

	Oui	Non	Ne sait pas
1. je veux être indemnisé pour les dommages qu'une inondation pourrait provoquer à mes biens.	①	②	
2. je veux être indemnisé pour les préjudices corporels que moi-même ou ma famille pourrions subir suite à une inondation.	①	②	
3. je veux être indemnisé pour les dommages qu'une inondation pourrait provoquer à mon logement.	①	②	
4. Autre			

1 seule réponse possible par ligne

Si WTP5 = 0€ ou =NSP

WP6b. Vous ne voulez pas contribuer à la Caisse de Gestion Inondation qui vous permettrait d'être totalement dédommagé(s) en cas d'inondation.

Est-ce parce que vous pensez :

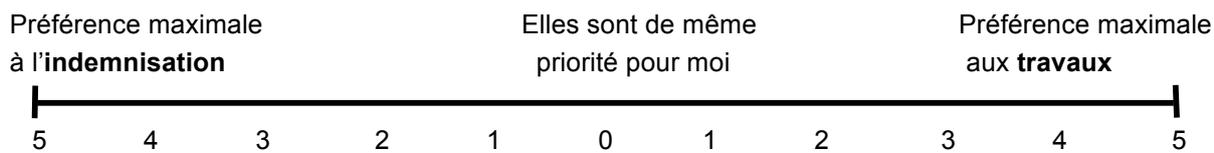
	Oui	Non	Ne sait pas
1. il faudrait être sûr que la Caisse de Gestion Inondation m'indemnise réellement	①	②	
2. je n'ai pas assez d'information pour choisir une somme	①	②	
3. je préfère courir le risque	①	②	
4. à mon âge, ça n'en vaut pas la peine	①	②	
5. j'ai tellement l'habitude des inondations	①	②	
6. les dommages ne seront pas si importants	①	②	
7. je n'ai pas les moyens de payer	①	②	
8. ce n'est pas à moi de payer	①	②	
9. je ne veux pas payer davantage	①	②	
10. Autre			

1 seule réponse possible

A tous

WTP7. Parmi les 2 utilisations différentes de la Caisse de Gestion des Inondations qui vous ont été présentées (indemnisation des sinistres ou travaux de protection), quelle est celle que vous préférez ?

Sur une échelle de 0 à 5, où 0 correspond à « Les deux sont de même priorité pour moi » et 5 « Je mets la priorité maximum », entourez le chiffre qui correspond le mieux à votre préférence entre ces 2 utilisations :



Pour finir, nous allons passer à un ensemble de situations encore plus fictives.

Scénario intensité des préférences (inverser bloc WTP8 et bloc WTP9 pour la moitié de l'échantillon)

WTP8. Scénario Inondation:

« Imaginez que vous soyez dans la situation suivante.

Vous vivez seul(e) dans une belle maison qui a toutes les commodités que vous souhaitez mais elle est située en zone inondable.

En cas de crue centennale, c'est-à-dire d'une crue qui a une chance sur 100 de survenir chaque année (**Montrer échelle risque**), vous subirez des dégâts qui resteront à votre charge pour un montant de 15.000 euros.

Une fois payées toutes vos charges (impôts, dépenses de la vie quotidienne...) votre budget disponible est de 2.000 euros par mois, soit 24.000 euros par an.

Question assurance Inverser assurance et prévention pour la moitié de l'échantillon.

WTP8-1. Quelle somme seriez-vous prêt(e) à payer chaque année pour une assurance spécifique qui vous rembourserait entièrement les 15.000 euros de dégâts en cas d'inondation centennale ?

..... Euros

Question prévention

WTP8-2. Quelle somme seriez-vous prêt(e) à payer chaque année pour contribuer à des travaux d'aménagement qui permettraient en réduisant la hauteur d'eau et les vitesses de courant (digue, bassin de rétention, l'amélioration des réseaux d'évacuation des

eaux pluviales...) que votre maison ne soit pas atteinte lors d'une inondation centennale ?

..... Euros

WTP9. Scénario Tempête

« Imaginez que vous soyez dans la situation suivante.

Vous vivez seul(e) dans une belle maison qui a toute les commodités que vous souhaitez mais elle est située dans une zone très ventée. En cas de tempête centennale, c'est-à-dire d'une tempête qui a une chance sur 100 de survenir chaque année (**Montrer échelle risque**), vous subirez des dégâts qui resteront à votre charge pour un montant de 15.000 Euros.

Une fois payées toutes vos charges (impôts, dépenses de la vie quotidienne...) votre budget disponible est de 2.000 euros par mois, soit 24.000 euros par an. »

Question assurance Inverser assurance et prévention pour la moitié de l'échantillon.

WTP9-1. Quelle somme seriez-vous prêt(e) à payer chaque année pour une assurance spécifique qui vous rembourserait entièrement les 15.000 euros de dégâts restant à votre charge en cas de tempête centennale?

..... Euros

Question prévention :

WTP9-2. Quelle somme seriez-vous prêt(e) à payer chaque année pour améliorer la résistance de votre maison qui permettrait qu'elle ne subisse pas de dégâts lors d'une tempête centennale?

..... Euros

MODULE Questions socio démographiques

A tous

S1. Numéro d'identification

A tous

S2. Sexe

1. Homme
2. Femme

A tous

S3. Année de naissance :

A tous

1 seule réponse possible

S4. Etat matrimonial / Situation de famille :

1. Marié ou vivant en concubinage
2. PACS
3. Séparé(e)
4. Divorcé / Veuf / veuve
5. Célibataire

A tous

S5. Vos enfants ou ceux de votre conjoint(e) vivent-ils régulièrement à la maison ?

1. Oui
2. Non

A tous

1 seule réponse possible par ligne

S6. Combien d'enfants avez-vous dans les groupes d'âge suivants ?:

1. moins de 1 an

2. 1-6 ans
3. 7-12 ans
4. 13-19 ans
5. Plus de 19 ans

A tous

1 seule réponse possible

S7. Quel est le diplôme le plus élevé que vous ayez obtenu :

1. Aucun.....
2. Certificat d'études primaire ou 6ème
3. BEPC, brevet élémentaire ou brevet des collèges
4. CAP, BEP
5. Baccalauréat général (Sciences ex, Math. Elém, Philo, A, B, C, D, L, etc.)...
6. Bac. Technologique (F, G, H, STI, etc.) ou professionnel, brevet professionnel, de technicien, BEA, BEC, BEI, capacité en droit, etc....
7. Diplôme universitaire de 1er cycle (DEUG, IUT, BTS, DUT, professions sociales ou de santé)
8. Enseignement supérieur 2ième ou 3ième cycle (y compris DEPCF, diplôme d'ingénieur, d'une grande école, médecine ou pharmacie).....
9. Autres (diplômes étrangers,...)

A tous

1 seule réponse possible

S8. Quelle est votre situation professionnelle actuelle :

1. Travailleur(se) à temps plein.....
2. Travailleur(se) à temps partiel : ...
3. Retraité(e)/préretraité(e)
4. Etudiant(e)
5. Au chômage.....
6. En formation.....
7. Homme / femme au foyer.....
8. Autre, précisez.....

A tous

Donner Feuille Revenu

S9. Quelle lettre correspond au montant de votre revenu personnel mensuel net (salaires, allocations familiales, retraite, revenus de location, rente...) ?

A tous

Donner Feuille Revenu

S10. Quelle lettre correspond au montant du revenu mensuel net de l'ensemble de votre ménage (salaires, allocations familiales, retraite, revenus de location, rente...)?

A tous

S11. Si vos parents ont divorcé ou se sont séparés, quel âge aviez-vous lors de ce divorce ou de cette séparation ?

A tous

1 seule réponse possible

S12. Dans votre vie, combien de fois avez-vous participé à des sports extrêmes (comme le saut à l'élastique, le parapente, le parachutisme, le rafting, le vol à voile, la plongée sous-marine...) ?

1. 10 fois par an ou plus
2. 5-9 fois par an
3. 1-4 fois par an
4. Moins d'une fois par an
5. Jamais

A tous

1 seule réponse possible

S13. Au cours d'une semaine type, combien de verres de boisson alcoolisée (y compris vin, bière, cidre, alcool fort, apéritif, ...) buvez-vous généralement ?

1. 0 verre

2. 1-2 verres
3. 3-4 verres
4. 5-7 verres
5. 8-10 verres
6. 11-14 verres
7. 15-21 verres
8. 22 verres ou plus

A tous

S14. Fumez-vous quotidiennement? (y compris cigarettes / cigarillos / cigares / tabac à pipe)

1. Oui → S15
2. Non → S16

Si S14 = 1

S15. Combien fumez-vous en moyenne par jour?

S15-1. Nombre de cigarettes par jour

S15-2. Nombre cigarillos par jour

S15-3. Nombre de cigares par jour

S15-4. Nombre de grammes de tabac à pipe (hebdomadaire)

Si S14 = 1

S16. Quel âge aviez-vous quand vous avez commencé à fumer ?

A tous

1 seule réponse possible par ligne

S17. Au cours du dernier mois, combien de fois avez-vous ... ?

	Cochez une seule case par ligne s'il vous plaît						
	0 fois	1 fois	2 fois	3 fois	4-5 fois	6-9 fois	10 fois et +
S17-1 fumé du haschich ou de la marijuana	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7
S17-2 consommé d'autres drogues (cocaïne, ecstasy, LSD, amphétamines, héroïne,...)	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7

1 seule réponse possible

A tous

Questions à remplir par l'enquêteur après l'entretien

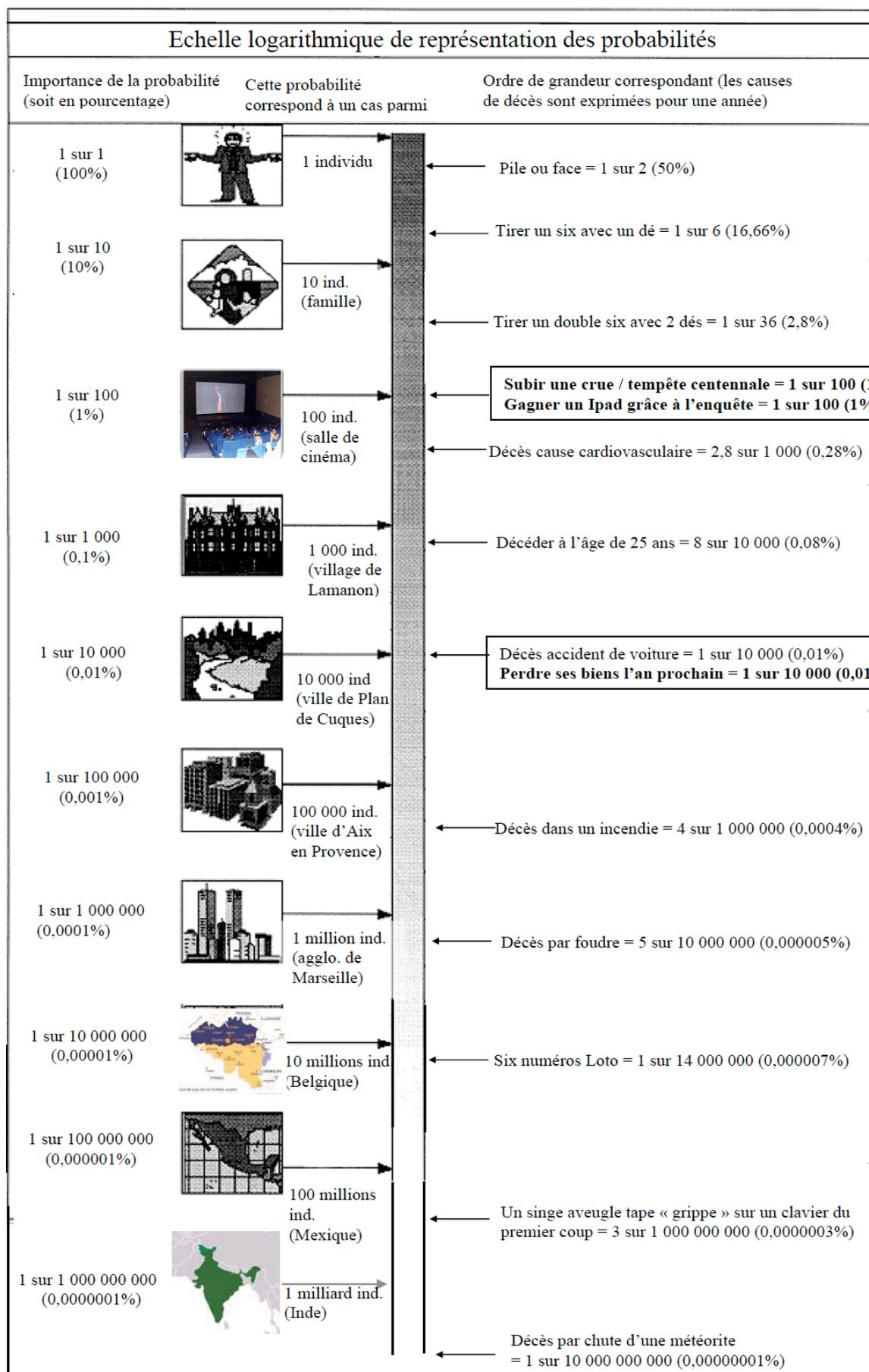
E1. Comment jugez-vous le degré de compréhension de l'enquêté lors de ses réponses au module WTP ?

1. Excellent
2. Très bon
3. Bon
4. Moyen
5. Faible
6. Très faible
7. Nul

E2. Comment jugez-vous le degré d'attention de l'enquêté lors de ses réponses à l'ensemble de l'enquête ?

1. Excellent
2. Très bon
3. Bon
4. Moyen
5. Faible
6. Très faible
7. Nul

E3. Autres Commentaires



ANNEXE 4-2 QUESTIONNAIRE COMMUN AUX EXPERIENCES

NB : Les différents modules spécifiques aux expériences ont été programmés directement sur les ordinateurs, et ne sont pas reproduits. Se trouve ici la partie commune aux expériences.

Affichage

Veillez renseigner les données suivantes :

Age : xx ans (*var = age*)

Sexe : Homme / Femme (*var = sexe*)

Statut étudiant : Oui / Non (*var = etudiant*)

Si statut étudiant=Oui, Etudes en cours : L1 / L2 / L3 / M1 / M2 / Doctorat (*var = niveau_etude*)

Dernier diplôme obtenu : Aucun diplôme / CAP-BEP / Bac / BTS / Bac+2 / Licence / Master / Ecole de commerce-ingénieur / Master / Doctorat (*var = diplome*)

Domaine d'étude : économie / finance / droit / sciences sociales / santé / autre : précisez (*var = type_etude*)

Changement d'écran : Une fois les réponses données.

Affichage

Abordons maintenant une série de déclarations concernant votre contrôle sur les choses de la vie quotidienne. Nous vous demandons de lire ces déclarations et de choisir celle qui vous semble vous correspondre le plus. Il n'y a pas de bonnes ou mauvaises réponses. En cas d'hésitation, choisissez la déclaration qui vous semble la plus vraie.

Pour chacune des paires de phrase suivantes, avec quelle phrase êtes-vous le plus d'accord?

1.

A Ce qui vous arrive est de votre propre faute Plutôt d'accord avec A

B Parfois, vous sentez que vous n'avez aucun contrôle sur le fil de votre vie
Plutôt d'accord avec B

(*var = control_1*)

2.

A Lorsque vous faites des plans, vous êtes presque toujours sûr que vous pourrez les mener à terme Plutôt d'accord avec A

B Il n'est pas toujours sage de planifier bien en avance parce que beaucoup de choses se révèlent être une question de chance Plutôt d'accord avec B

(*var = control_2*)

3.

A Pour vous, obtenir ce que vous voulez n'a que peu ou rien à voir avec la chance.
Plutôt d'accord avec A

B Souvent, vous prenez une décision en jouant à pile ou face.
Plutôt d'accord avec B

(*var = control_3*)

4.

A Vous avez ressenti à plusieurs reprises que vous n'aviez que peu d'influence sur les choses qui vous arrivent Plutôt d'accord avec A

B. Vous ne pensez pas que la chance joue un rôle important dans votre vie Plutôt d'accord avec B

(var = control_4)

Changement d'écran : Une fois les réponses données.

Affichage

Vous allez trouver un certain nombre de qualificatifs qui peuvent ou non s'appliquer à vous. Par exemple, approuvez-vous l'affirmation selon laquelle vous êtes quelqu'un qui *aime passer du temps avec les autres* ?

Ecrivez le chiffre indiquant combien **vous approuvez ou désapprouvez l'affirmation** :

1 désapprouve fortement	2 désapprouve un peu	3 n'approuve ni ne désapprouve	4 approuve un peu	5 approuve fortement.
--------------------------------------	-----------------------------------	---	--------------------------------	------------------------------------

Je me vois comme quelqu'un qui...

1. Travaille consciencieusement (var = *consciencousness_1*) _____
2. Est déprimé, cafardeux (var = *neuroticism_1*) _____
3. Peut être parfois négligent (var = *consciencousness_2*) _____
4. Est « relaxe », détendu, gère ben le stress (var = *neuroticism_2*) _____
5. Est fiable dans son travail (var = *consciencousness_3*) _____
6. Peut être angoissé (var = *neuroticism_3*) _____
7. A tendance à être désorganisé (var = *consciencousness_4*) _____
8. Se tourmente beaucoup (var = *neuroticism_4*) _____
9. A tendance à être paresseux (var = *consciencousness_5*) _____
10. Est quelqu'un de tempéré, pas facilement troublé (var = *neuroticism_5*) _____
11. Persévère jusqu'à ce que sa tâche soit finie (var = *consciencousness_6*) _____
12. Peut-être lunatique, d'humeur changeante (var = *neuroticism_6*) _____
13. Est efficace dans son travail (var = *consciencousness_7*) _____
14. Reste calme dans les situations angoissantes (var = *neuroticism_7*) _____
15. Fait des projets et les poursuit (var = *consciencousness_8*) _____
16. Est facilement anxieux (var = *neuroticism_8*) _____
17. Est facilement distrait (var = *consciencousness_9*) _____

Changement d'écran : Une fois les réponses données.

Affichage

Tout bien considéré, vous sentez-vous plutôt malheureux ou plutôt heureux ces jours-ci?

Répondez s'il vous plaît sur une échelle de 0 à 10, où 0 signifie «très malheureux» et 10 signifie «très heureux».

Cochez une seule case	
Très	Très

malheureux						heureux					
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<input type="checkbox"/>											

(var = heureux)

Changement d'écran : Une fois les réponses données.

Affichage

Remarque : présentée la question suivante avec un domaine à chaque fois et en randomisant l'ordre de passage.

Sur une échelle de 0 à 10, où 0 correspond aux personnes très prudentes, limitant les risques au maximum, et 10 aux personnes attirées par l'aventure, aimant prendre des risques, indiquez la valeur correspondant le mieux à votre attitude dans les domaines suivants :

	Très Très prudent aventureux										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Loisirs, voyages	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Carrière professionnelle, études	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Placement, gestion du patrimoine	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vie de famille, relations avec les autres	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Santé	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sports	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Consommation d'alcool	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tabagisme, drogue	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

(var = loisir, prof, finance, famille, santé, sport, alcool, tabac)

Changement d'écran : Une fois les réponses données.

Affichage

Dans la vie courante et par rapport à l'ensemble de la population, est-ce que vous pensez avoir en général plus ou moins de chance ? S'il vous plaît répondez sur l'échelle de 0 à 10 ci-dessous, où 0 représente « beaucoup moins de chance » que la population générale et 10 représente « beaucoup plus de chance » que la population française.

Cochez une seule case											
Beaucoup moins de chance						Beaucoup plus de chance					
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<input type="checkbox"/>											

(var = chance)

Changement d'écran : Une fois les réponses données.

Affichage

Certaines personnes sont particulièrement prudentes face à une situation risquée, d'autres sont davantage prêtes à tenter leur chance. En matière de placements financiers, que préférez-vous ?

1 seule réponse

- Placer toutes vos économies sur des placements sûrs
- Placer une petite partie de vos économies sur des placements risqués mais qui peuvent rapporter beaucoup, et le reste sur des placements sûrs
- Placer une part importante de vos économies sur des placements risqués, mais qui peuvent rapporter beaucoup, et le reste sur des placements sûrs.....
- Placer l'essentiel de vos économies sur des placements risqués, mais qui peuvent rapporter beaucoup.....

(var = placement)

Changement d'écran : Une fois les réponses données.

Affichage

Quel type de gestionnaire êtes-vous ou serez-vous ? Ecrivez devant chaque affirmation le chiffre indiquant combien êtes d'accord avec ce mode d'investissement.

1	2	3	4	5
Pas du tout d'accord	Assez peu d'accord	Ni d'accord, ni pas d'accord	Assez d'accord	Tout à fait d'accord.

Vous êtes ou serez quelqu'un

1. Qui investit beaucoup en bourse. (var = bourse)
2. Qui épargne peu. (var = epargne)
3. Qui est propriétaire. (var = propriétaire)
- 4 Qui s'assure au maximum. (var = assurance)

Changement d'écran : Une fois les réponses données.

Affichage

Maintenant, passons aux questions hypothétiques.

Ces questions hypothétiques se réfèrent à des investissements économiques. L'objectif est de nous aider à comprendre quels sont les éléments clés lorsque vous prenez une décision. Pour ces questions hypothétiques, s'il vous plaît répondez comme s'il s'agissait d'une situation réelle.

Vous pouvez acheter un seul billet à une loterie, qui comporte 10 tickets dont un seul est gagnant. Le montant du gain est de 2 700 euros et le ticket gagnant se fait par tirage au sort, c'est à dire que chacun a une chance égale de gagner.

Quel est le prix que vous êtes prêt à payer pour acquérir un billet pour cette loterie?

Ecrire le montant:

(var = loterie)

Changement d'écran : Une fois les réponses données.

Affichage

Imaginez que vous perdez tous vos biens, tels que votre logement (pensez à sa valeur sur le marché immobilier), les valeurs financières, les meubles, les véhicules et des objets de valeur. Quelle est selon vous la valeur de tous vos biens?

Ecrire le montant:
(var = patrimoine)

Maintenant, imaginez que la probabilité de perdre tous vos biens l'année prochaine est de 1 sur 10.000. (à titre de comparaison, le risque moyen de mourir dans un accident de la circulation en Europe est de taille similaire).
Combien seriez-vous prêt à payer pour protéger tous vos biens?

Ecrire le montant:
(var = assu_tot_patrimoine)

Maintenant, imaginez que la probabilité de perdre la moitié de vos biens l'année prochaine est de 1 sur 10.000.
Combien seriez-vous prêt à payer pour protéger la moitié de vos biens?

Ecrire le montant:

(var = assu_part_patrimoine)

Changement d'écran : Une fois les réponses données.

Affichage

Quels sont les investissements que vous préférez?

Cochez une seule case

50% de chances de gagner 200 euros et de 50% de probabilité de ne rien gagner	<input type="checkbox"/>	1
50% de chances de gagner 800 euros et de 50% de probabilité de perdre 200 euros	<input type="checkbox"/>	2
50% de chances de gagner 2 600 euros et 50% de probabilité de perdre 800 euros	<input type="checkbox"/>	3
50% de chances de gagner 4 800 euros et 50% de probabilité de perdre 2 400 euros	<input type="checkbox"/>	4

(var =loterie_investissement)

Changement d'écran : Une fois les réponses données.

Pour les 6 loteries suivantes, randomiser l'ordre.

Affichage

Pour chaque ligne vous devez choisir entre A et B.

Alternative A (loterie)		Alternative B (montant certain)	
	Choix de A	Choix de B	
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: 150px; margin: 0 auto;"> <div style="background-color: green; color: white; padding: 5px; text-align: center; margin-bottom: 5px;"> 10 € 50% </div> <div style="padding: 5px; text-align: center;"> 0 € 50% </div> </div>			10 €
			9 €
			8 €
			7 €
			6 €
			5 €
			4 €
			3 €
			2 €
			1 €
			0 €

(var = ec+_50_10)

Changement d'écran : Une fois les réponses données.

Affichage

Pour chaque ligne vous devez choisir entre A et B. Attention, il s'agit cette fois de pertes.

Alternative A (loterie)		Alternative B (montant certain)	
	Choix de A	Choix de B	
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: 150px; margin: 0 auto;"> <div style="background-color: red; color: white; padding: 5px; text-align: center; margin-bottom: 5px;"> -10 € 50% </div> <div style="padding: 5px; text-align: center;"> 0 € 50% </div> </div>			-10 €
			-9 €
			-8 €
			-7 €
			-6 €
			-5 €
			-4 €
			-3 €
			-2 €
			-1 €
			-0 €

(var = ecmoins_50_10)

Changement d'écran : Une fois les réponses données.

Affichage

Pour chaque ligne vous devez choisir entre A et B.

Alternative A (loterie)		Alternative B (montant certain)	
	Choix de A	Choix de B	
<div style="background-color: green; color: white; padding: 10px; text-align: center;"> 10 € 70% </div> <div style="background-color: white; padding: 10px; text-align: center; margin-top: 10px;"> 0 € 30% </div>			10 €
			9 €
			8 €
			7 €
			6 €
			5 €
			4 €
			3 €
			2 €
			1 €
			0 €

(var = ec+₇₀_10)

Changement d'écran : Une fois les réponses données.

Affichage

Pour chaque ligne vous devez choisir entre A et B. Attention, il s'agit cette fois de pertes.

Alternative A (loterie)		Alternative B (montant certain)	
	Choix de A	Choix de B	
<div style="background-color: red; color: white; padding: 10px; text-align: center;"> - 10 € 70% </div> <div style="background-color: white; padding: 10px; text-align: center; margin-top: 10px;"> 0 € 30% </div>			-10 €
			-9 €
			-8 €
			-7 €
			-6 €
			-5 €
			-4 €
			-3 €
			-2 €
			-1 €
			-0 €

(var = ecmoins₇₀_10)

Changement d'écran : Une fois les réponses données.

Affichage

Pour chaque ligne vous devez choisir entre A et B.

Alternative A (loterie)		Alternative B (montant certain)	
		Choix de A	Choix de B
<div style="background-color: green; color: white; padding: 5px; text-align: center;"> 10 € 30% </div> <div style="padding: 5px; text-align: center;"> 0 € 70% </div>			10 €
			9 €
			8 €
			7 €
			6 €
			5 €
			4 €
			3 €
			2 €
			1 €
			0 €

(var = ec+ 30 10)

Changement d'écran : Une fois les réponses données.

Affichage

Pour chaque ligne vous devez choisir entre A et B. Attention, il s'agit cette fois de pertes.

Alternative A (loterie)		Alternative B (montant certain)	
		Choix de A	Choix de B
<div style="background-color: red; color: white; padding: 5px; text-align: center;"> - 10 € 30% </div> <div style="padding: 5px; text-align: center;"> 0 € 70% </div>			-10 €
			-9 €
			-8 €
			-7 €
			-6 €
			-5 €
			-4 €
			-3 €
			-2 €
			-1 €
			-0 €

(var = ecmoins 30 10)

ANNEXE 5

Dictionnaire des variables utilisées dans les enquêtes

Les variables sont présentées par ordre alphabétique dans la première colonne, la construction des variables en majuscules étant expliquée dans la partie 3. La seconde colonne (Enq.) mentionne dans quelle enquête elles ont été collectées (Inondation, I, ou Soldat avant le départ en mission, S). La troisième colonne (Apr.) mentionne, pour l'enquête Soldat, si la variable est aussi collectée dans le questionnaire de retour de mission (X). Dans la base de données, ces variables comporteront alors le suffixe « _apres » accolé au nom de la variable. Les statistiques descriptives se trouvent dans la partie 4.

Variables	Enq.	Apr.	Description des variables
Age	I, S	-	Age (variable continue, en années)
ALCOOLRISK	I, S	X	Déclare une consommation d'alcool posant des risques sanitaires (=1)
AssurComplem	I	-	Déclare posséder une assurance complémentaire de la vie quotidienne (=1)
AssurPaiera	I	-	Pense que son assurance paiera en cas d'inondation (=1)
BILLETPTCT	I, S	X	CAP pour un billet donnant une chance sur 10 de gagner 2700 euros (variable continue, en euros)
CHANCE	I, S	X	Déclare avoir plus de chance que la moyenne de la population dans la vie quotidienne (0-10)
ConRisqBon	I	-	Estime sa connaissance du risque inondation comme bonne ou très bonne (=1)
CONSCI	I, S	X	Score au trait de personnalité Conscientiousness (1-5)
CONTROLE	I, S	X	Score de sentiment de contrôle dans la vie quotidienne (0-4)
DejaVecuEv	I, S	-	Déclare avoir vécu un événement catastrophique (inondation ou combat) au moins deux fois (=1)
DRUGALL	I, S	X	Déclare consommer une drogue dans les 30 derniers jours (=1)
DRUGHASH	I, S	X	Déclare consommer du haschich dans les 30 derniers jours (=1)
DRUGOTHER	I, S	X	Déclare consommer d'autres drogues dans les 30 derniers jours (=1)
Egalitaire	I	-	Déclare que tout le monde devrait payer la même taxe pour réduire le risque d'inondation (=1)
EMOTION	I, S	X	Score aux émotions anticipées /ressenties (0-10)
FreqInfolmp	I	-	Déclare s'informer souvent ou chaque fois sur le risque inondation en cas de forte pluie (=1)
HAPPY	I, S	X	Déclare être plus heureux que la moyenne de la popul. (0-10)
LOSSALL	I, S	X	Ratio de
LOSSHALF	I, S	X	
LOSSLOVER	I, S	X	Score d'amour du risque (1-4)
MesuresOK	I	-	Déclare penser que des mesures suffisantes sont actuellement mises en place pour lutter contre les risques d'inondation (=1)
NbreMoyenInfo	I	-	Nombre de moyens d'information sur le risque inondation connu (0-8)
NEURO	I, S	X	Score au trait de personnalité Neuroticism (1-5)
PasàRisque	I	-	Ne s'estime pas à risque d'inondation (=1)

PasPrepare	I	-	S'estime peu ou pas préparé à une future inondation (=1)
PATRIMOINE	I, S	X	Valeur déclarée du patrimoine (variable continue, en euros)
PCS	I	-	Déclare connaître la signification de PCS (=1)
PPRI	I	-	Déclare connaître la signification de PPRI (=1)
PREFPRESENT	I, S	X	Score de préférence pour le présent (0-7)
PRIME100	I, S	X	CAP pour s'assurer contre un risque de perte de la totalité du patrimoine de 1 sur 10.000 (var. continue, en euros par an)
PRIME50	I, S	X	CAP pour s'assurer contre un risque de perte de la moitié du patrimoine de 1 sur 10.000 (var. continue, en euros par an)
PrisAction	I	-	Déclare avoir pris des actions suite à la dernière inondation subie (=1)
PROBSUB	I, S	-	Probabilité subjective de subir l'événement inondation ou une action de combat dans l'année qui vient (0-100%)
PROBSUBCENT	I	-	Probabilité subjective de subir l'événement inondation dans les cent années qui viennent (0-100%)
PROSUBDIX	I	-	Probabilité subjective de subir l'événement inondation dans les dix années qui viennent (0-100%)
PTSD	I, S	-	Score au test PTSD (sur 85)
PTSDINOND	I	-	Score au test PTSD avec l'inondation comme origine (sur 85)
PTSDDUM	I, S	-	Syndrome de stress post-traumatique avéré (=1 si score >44)
REACTION	S	X	Score aux réactions anticipées/ ressenties dans une situation de combat (1-4)
RiskAvertGain	I	-	Aversion pour le risque dans une loterie dans les gains (=1)
RiskAvertPerte	I	-	Aversion pour le risque dans une loterie dans les pertes (=1)
RiskAvertTot	I	-	Aversion pour le risque dans les gains ET dans les pertes (=1)
RISKPERSO	I, S	X	Score d'attitude aventurière pour les risques quotidiens (1-10)
RISKPOP	I, S	X	Score d'exposition aux risques quotidiens par rapport à l'ensemble de la population (5-25)
RISKPOPEV	I, S	X	Score d'exposition au risque naturel (I) ou d'agression physique (S) par rapport à l'ensemble de la population (1-5).
RISKVECUDUM	I, S	-	Déclare avoir vécu un événement catastrophique au moins une fois (=1)
SEVERE	I, S	-	Score de sévérité des conséquences de l'événement (0-10)
SEVERETOTAL_avant	S	-	Score de sévérité du risque subi lors d'une exposition au combat d'une mission précédente (0-10)
SMOKER	I, S	X	Déclare fumer (=1)
SPORTDUM	I, S	-	Déclare pratiquer un sport à risque au moins 1 fois par an (=1)
SyndEau	I	-	Déclare connaître le nom du syndicat de eaux de son lieu de résidence (=1)
WtpAssur	I	-	CAP pour les l'assurance (variable continue, en euros par an)
WtpAssurVZ	I	-	CAP pour assurance sans faux zéros (var. continue en € par an)
WtpInondAssur	I	-	CAP pour assurance et risque inondation (scénario normalisé, variable continue, en euros par an)
WtpInondTravaux	I	-	CAP pour travaux et risque inondation (scénario normalisé, variable continue, en euros par an)
WtpTempAssur	I	-	CAP pour assurance et risque tempête (scénario normalisé, variable continue, en euros par an)
WtpTempTravaux	I	-	CAP pour travaux et risque tempête (scénario normalisé, variable continue, en euros par an)
WtpTrav	I	-	CAP pour travaux (variable continue, en euros par an)
WtpTravVZ	I	-	CAP pour travaux sans faux zéros (var. continue, en € par an)