L'impact du mécanisme de paiement des contrats agro-environnementaux sur la participation des agriculteurs

Olivier Carvin

▶ **To cite this version:**

Olivier Carvin. L'impact du mécanisme de paiement des contrats agro-environnementaux sur la participation des agriculteurs. Economies et finances. Université Clermont Auvergne [2017-2020], 2019. Français. NNT : 2019CLFAD011 . tel-03228284

HAL Id: tel-03228284
https://theses.hal.science/tel-03228284

Submitted on 18 May 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES ÉCONOMIQUES, JURIDIQUES, POLITIQUES ET DE GESTION
Université Clermont Auvergne

Ecole Doctorale des Sciences Economiques, Juridiques, Politiques et de gestion
UMR Territoires

Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (IRSTEA)

L'IMPACT DU MECANISME DE PAIEMENT DES CONTRATS AGRO-ENVIRONNEMENTAUX SUR LA PARTICIPATION DES AGRICULTEURS

Thèse présentée et soutenue publiquement le 07 octobre 2019

pour l'obtention du titre de Docteur en Sciences Economiques

par

Olivier CARVIN

sous la direction de

Olivier Aznar, Professeur, VetAgro Sup

Membres du Jury

Douadia Bougherara	Chargée de Recherche HDR, INRA Montpellier	Rapporteure
Anne Rozan	Professeure, ENGEES Strasbourg	Rapporteure
Pascale Montel-Combes	Professeure, Université Clermont Auvergne	Présidente du jury
Jeanne Dachary-Bernard	Chargée de Recherche, Irstea Bordeaux	Examinatrice
Sandra Saïd	Maître de conférences, UCA, co-encadrante	Suffragante
Olivier Aznar	Professeur, VetAgro Sup	Directeur thèse

L'université Clermont Auvergne n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans cette thèse. Ces opinions doivent être considérées comme propres à leur auteur.

L'IMPACT DU MECANISME DE PAIEMENT DES CONTRATS AGRO-ENVIRONNEMENTAUX SUR LA PARTICIPATION DES AGRICULTEURS

Résumé : Afin de prendre en compte la problématique de l'environnement dans la Politique Agricole Commune, les Etats membres de l'Union Européenne ont l'obligation de mettre en place des mesures agro-environnementales (MAE) depuis 1992 . Les MAE souffrent à la fois d'une surcompensation des agriculteurs dans les mesures les moins exigeantes et d'une faible souscription des mesures les plus exigeantes. Dans l'objectif d'améliorer la participation des agriculteurs dans les mesures les plus exigeantes, la présente thèse a pour objet d'étude le mécanisme de paiement. Particulièrement, nous soulevons la question de l'amélioration de la participation des agriculteurs par l'instauration d'un contrat agro-environnemental à paiement dégressif. Dans le chapitre 1, nous réalisons une revue de littérature sur les innovations réalisables sur le mécanisme de paiement en le déconstruisant selon quatre dimensions : l'objectif (paiement pour un maintien ou un changement de pratiques) ; le principe (logique de moyens ou logique de résultats) ; la flexibilité (paiements fixes ou paiements différenciés) ; et le destinataire (individuel ou collectif). Dans le chapitre 2, nous modélisons la décision de l'agriculteur de s'engager dans un contrat agro-environnemental en prenant en compte la forme du paiement, la forme des coûts, et les préférences des agriculteurs en termes d'actualisation et d'aversion au risque. Nous montrons qu'un paiement dégressif peut constituer une solution pour améliorer l'efficacité du dispositif agro-environnemental pour des mesures nécessitant des investissements particuliers. Dans le chapitre 3, nous testons le lien entre les préférences temporelles des individus et leur décision de s'engager dans un contrat au travers d'une approche d'économie expérimentale en laboratoire. Nous montrons que le taux d'actualisation constitue un facteur significatif dans la décision de s'engager dans un contrat. Enfin, dans le chapitre 4, nous réalisons un *choice experiment* auprès d'agriculteurs afin de tester leur intérêt pour un paiement dégressif. Nous montrons que leur intérêt pour un paiement dégressif est plus marqué si la mesure est plus exigeante en termes de changements de pratiques. Nous montrons aussi que la population d'agriculteurs est marquée par une hétérogénéité très forte en termes de préférences sur les caractéristiques du contrat.

Mots-clés : Mesures agro-environnementales, Préférences temporelles, Mécanisme de paiement, Aversion au risque, Economie expérimentale, Choice experiment, Paiement dégressif.

THE IMPACT OF AGRI-ENVIRONMENT CONTRACTS PAYMENT MECHANISM ON FARMERS' PARTICIPATION

Abstract: In order to take into account environment problematics into the Common Agricultural Policy, European Union members States have to set up agri-environmental measures (AEM) since 1992 (Council regulation 2078/92). AEM suffer from farmers' overcompensation for least demanding measures, and also from low farmers' subscription for most demanding measures. In order to increase the farmers' participation in most demanding measures, the aim of this thesis is to study the payment mechanism. Particularly, we raise an issue of the farmers' participation improvement by establishing an agri-environmental measure with a digressive payment. Chapter 1 realizes a literature review of realistic mechanism payment innovations, deconstructing it in four dimensions: the aim (maintaining or changing practices); principle (action-based or result-based measures); flexibility (fixed payments or differentiated payments); and the recipient (individual or collective payments). In chapter 2, we model the farmer's decision to contract an AEM, taking into account the payment form, costs form, time preferences and risk aversion. We found that a digressive payment can be a solution to improve agri-environmental policy efficiency for measures requiring some investments. In chapter 3, using an economic lab experiment, we test the relation between time preferences of subjects and their decision to subscribe a contract. We observe that discount rate has a significant influence on subjects' decision to subscribe. Finally, in chapter 4, we realize a choice experiment on farmers to study their interest for a digressive payment. It shows that their interest for a digressive payment is stronger if the measure is more demanding in terms of changes of habits. Furthermore, we observe that there is strong heterogeneity in farmers' contract characteristics preferences.

Key words: Agri-environmental measures, Time preferences, Payment mechanism, Risk aversion, Experimental economics, Choice experiment, Digressive payment.

Discipline : Sciences économiques

Laboratoire d'accueil : UMR Territoires - Irstea, campus des Cézeaux - 9 avenue Blaise Pascal - CS 20085 63178 Aubière Cedex

REMERCIEMENTS

La thèse est avant tout une formation à la recherche par la recherche, et l'accomplissement de cette thèse n'aurait pas été possible sans toutes les personnes qui, de près ou de loin, m'ont aidé à me former à ce travail fascinant mais parfois bien difficile.

Mes remerciements s'adressent, en premier lieu, à Sandra Saïd, ma co-encadrante de thèse. Je la remercie pour m'avoir fait confiance et avoir accepté de me prendre sous son aile. Merci pour ses nombreux conseils et retours constructifs sur mon travail et, surtout, merci pour sa bienveillance constante.

Je remercie Olivier Aznar, mon directeur de thèse, qui a su jouer à merveille son rôle de poseur de jalons. Son recul fut bien utile quand j'avais la tête un peu trop dans le guidon.

Je tiens à remercier Douadia Bougherara et Anne Rozan pour avoir accepté d'évaluer mon travail. Je remercie aussi Pascale Combes et Jeanne Daschary pour avoir accepté de faire partie de mon jury.

Je souhaite adresser un remerciement particulier à Raphaële Préget pour avoir suivi mon travail depuis – presque – le tout début. Merci à ces nombreux retours, constructifs et enrichissants, et toujours avec bienveillance.

Je remercie aussi l'ensemble des personnes qui ont constitué mes différents comités de thèse et qui ont permis d'aiguiller mon travail de recherche, je l'espère, vers le bon cap ! Merci à Mohamed Ali Bchir, Christophe Dépres, Mélanie Décamps et Lizette Ibanez.

D'autres opportunités se sont présentées à moi pour présenter mes travaux de thèse. J'y ai toujours reçu des retours constructifs. Je remercie notamment Sophie Thoyer et Stefanie Engel, ainsi que l'ensemble des membres du réseau REECAP. Merci aussi aux personnes présentes lors du séminaire du LEEM qui m'ont conseillé sur la partie expérimentale, en particulier Dimitri Dubois qui m'a aussi aidé à réaliser les expériences.

Merci à l'équipe du PNR Volcans d'Auvergne pour nous avoir fait confiance. Je suis heureux que nous ayons pu nous entendre et nous comprendre malgré nos différences de langages. Merci particulièrement à Cécile Birard, ainsi qu'à Aimie Bley et Elodie Mardiné, pour toutes les informations et retours constructifs qui ont permis le bon déroulement des enquêtes.

Les enquêtes ne peuvent pas se réaliser sans enquêtés, je tiens donc à remercier tous les agriculteurs qui ont accepté d'accorder un peu de leur temps si précieux. Merci pour leur

accueil toujours chaleureux, merci pour tous ces discussions enrichissantes, les cafés et sirops fait maison.

Bien que l'on ne partage pas forcément les mêmes thématiques de recherche ni les mêmes disciplines, je souhaiterais remercier mes collègues de l'UMR Territoires pour leur vision, tout en recul, sur mes travaux de thèse, mais aussi pour tous les moments de convivialité que nous avons passé ensemble. Merci à Chloé, Laurence, Marie T., Marie H., Alain, Stéphanie, Hélène R., Etienne, Jean-Bernard, Nicolas, etc. Je ne peux nommer tout le monde, mais le cœur y est !

J'adresse un remerciement particulier à Sandrine Lagoutte, notre formidable, que dis-je, excellente assistante de direction de l'UMR, qui fait tout ce travail, invisible mais indispensable, d'appui à la recherche. Je souhaite aussi adresser un remerciement particulier à Nadia Guiffant qui a accepté, toujours avec le sourire et avec sérieux, de réaliser une partie des enquêtes.

J'aimerais aussi remercier les doctorantes et doctorants de divers horizons, compagnon.ne.s de galère, dont le soutien est important voire nécessaire lors des moments difficiles. Merci Lucie, Rafik, Vanessa, Qing, Ludivine, Quentin, Arnaud, Jules, Barbara et tous les autres.

Je remercie bien évidemment mes ami.e.s pour leur présence. En particulier, je tiens à remercier Maï : je n'ai pas besoin d'en dire plus, tu sais tout ce que tu représentes pour moi. Merci Sarah pour les sourires, et la légèreté de l'être. Merci à Iona et Basile pour m'avoir hébergé le temps de mes enquêtes, et vive le Cantal !

Enfin, j'aimerais remercier mes parents, ainsi que mes sœurs, qui m'ont toujours soutenu dans mes choix de vie, parfois surprenants j'en conviens. Ma dernière pensée s'adresse à Séverine, présente lors de ces derniers mois de thèse. J'espère que cela n'est que le début d'un très long chemin.

Sommaire

Introduction générale 1

Historique des Mesures Agro-Environnementales et participation des agriculteurs en France . 2

Les Facteurs de participations aux MAE 5

Facteurs liés à l'exploitant 5

Facteurs liés à l'exploitation 6

Facteurs sociaux 7

Facteurs liés au design du contrat 7

Chapitre 1 Caractéristiques du mécanisme de paiement agro-environnemental et participation des agriculteurs 17

Introduction 17

1. Les caractéristiques du dispositif Mesures Agro-Environnementales et Climatiques (MAEC) 18

1.1. Les critères d'évaluation du dispositif MAEC 18

1.2. L'estimation du paiement des MAEC 21

1.3. Une hétérogénéité de MAE et de coûts 23

2. Paiement agro-environnemental et participation des agriculteurs 25

2.1. L'objectif du paiement 26

2.2. Le principe du paiement 27

2.3. La flexibilité du paiement 28

2.4. Le destinataire du paiement 29

Conclusion 32

Chapitre 2 Modélisation des préférences temporelles, de l'aversion au risque, et choix des agriculteurs pour un contrat agro-environnemental 35

Introduction 35

1. Modélisation des préférences temporelles 37

1.1. La fonction d'utilité intertemporelle 37

1.2. La fonction d'actualisation exponentielle 38

1.3. La fonction d'actualisation quasi-hyperbolique 39

1.4. La fonction d'actualisation hyperbolique 40

1.5. La fonction d'actualisation basée sur la distribution de Weibull 42

2. Modèle de décision sans risque 43
2.1. La fonction d'actualisation 43
2.2. La fonction de paiement 45
2.3. Les fonctions de coût 46
2.3.1. Fonction de coûts constante 46
2.3.2. Fonction de coûts décroissante 47
2.3.3. Fonction de coûts avec coûts plus importants la 1ère année 47
2.3.4. Fonction de coûts se répercutant essentiellement la 1ère année 48
2.4. Décision de l'agriculteur 48
2.5. Calcul de valeurs optimales des paiements en fonction du taux d'actualisation 49
3. Le modèle de décision avec aversion au risque 54
3.1. Définitions 54
3.2. La gestion des risques en agriculture 55
3.3. Modélisation du risque 57
3.3.1. Le modèle d'Utilité Espérée et ses variantes 57
3.3.2. Le modèle de la Théorie des Perspectives 59
3.3.3. Estimation de l'attitude face au risque des agriculteurs 61
3.4. Le modèle de décision avec intégration du risque 62
3.4.1. La fonction d'utilité 63
3.4.2. Les fonctions de coûts 65
3.4.3. Décision de l'agriculteur 69
3.4.4. Calcul de valeurs optimales des paiements en fonction du taux d'actualisation 69
Conclusion 73
Chapitre 3 Préférence pour un contrat à paiement dégressif : étude expérimentale 75
Introduction 75
1. Méthodes expérimentales d'estimation des préférences temporelles et de l'aversion au risque 77
1.1. Estimation expérimentale des préférences temporelles avec neutralité au risque 77
1.2. Estimation conjointe des préférences temporelles et de l'aversion au risque 79
1.2.1. La Double Multiple Price List 79
1.2.2. La Convex Time Budget 80
2. Test expérimental du modèle 82

2.1. Description du protocole expérimental 82
2.1.1. Séquences 1 et 2 83
2.1.2. Séquence 3 84
2.1.3. Les fonctions de coût et de paiement 89
2.2. Résultats attendus 91
2.3. Résultats 94
2.3.1. Statistiques descriptives 94
2.3.2. Impact du paiement dégressif dans la contribution des sujets 97
2.3.3. Les facteurs de la contribution des sujets 101
Conclusion 107
Chapitre 4 Préférence des agriculteurs pour un contrat à paiement dégressif 109
Introduction 109
1. Le terrain 111
1.1. Contexte agricole 112
1.2. Contexte agro-environnemental 114
1.3. Contexte politique 114
2. La méthode du choice experiment 116
2.1. Choix de la méthode 116
2.2. Principe général 116
2.3. La théorie 117
2.4. Le modèle économétrique 119
3. Présentation du protocole 120
3.1. La sélection de la mesure 122
3.2. La sélection des attributs et des niveaux 124
3.2.1. La sélection des attributs 124
3.2.2. La sélection des niveaux 128
3.3. Choix du nombre d'alternatives et définition de l'option *opt out* 130
3.4. Le choix du *design* expérimental 131
3.5. L'estimation des paramètres et la construction des cartes 132
3.6. Questionnaire 135
3.6.1. Mesure du paramètre d'aversion au risque 137
3.6.2. Mesure du taux d'actualisation 140

4. Réalisation de l'enquête 142
4.1. Echantillonnage 142
4.2. Réalisation de l'enquête 144
5. Résultats 146
5.1. Résultats du questionnaire 146
5.1.1. Statistiques descriptives 146
5.1.2. Estimation du paramètre d'aversion au risque des agriculteurs 148
5.1.3. Estimation du taux d'actualisation des agriculteurs 150
5.1.4. Connaissances et pratiques des agriculteurs 152
5.1.5. Les facteurs de participation aux MAEC 154
5.2. Résultats du *choice experiment* 155
5.2.1. Logits conditionnels 156
5.2.2. Modèle logit à classes latentes 160
6. Discussion 164
Conclusion 165
Conclusion générale 169
Bibliographie 175
Annexes 191
Annexe 1 : Liste des acronymes 192
Annexe 2 : Méthode de construction des fonctions de coût 194
Annexe 3 : Résolution du modèle sans risque 196
Annexe 4 : Instructions 201
Annexe 5 : Cartes de l'enquête test 208
Annexe 6 : Propriétés du design 216
Annexe 7 : Taille souhaitée des strates de l'échantillon 219
Annexe 8 : Tailles réelles des strates de l'échantillon 220
Annexe 9 : Guide d'entretien 221

Table des Figures

Figure 1 : Historique des dispositifs agro-environnementaux en France de 1993 à nos jours.. 4

Figure 2 : Facteurs influençant la décision de souscrire à une MAE. 9

Figure 3 : Fonctions de coûts estimés par type de MAE et paiement associé. 25

Figure 4: Fonctions d'actualisation (source : Laibson, 1997). 41

Figure 5 : Mesure expérimentale du temps subjectif (source : Zauberman *et al*., 2009). 42

Figure 6 : Estimation expérimentale de la fonction d'actualisation (source : Frederick *et al*., 2002). 44

Figure 7 : Valeur optimale des paiements totaux en fonction du taux d'actualisation pour la mesure $\boldsymbol{C1}$ 51

Figure 8 : Valeur optimale des paiements totaux en fonction du taux d'actualisation pour la mesure $\boldsymbol{C2}$ 51

Figure 9 : Valeur optimale des paiements totaux en fonction du taux d'actualisation pour la mesure $\boldsymbol{C3}$ 52

Figure 10 : Valeur optimale des paiements totaux en fonction du taux d'actualisation pour la mesure $\boldsymbol{C4}$ 52

Figure 11 : Représentation des probabilités subjectives des sujets (en pointillés) par rapport aux probabilités objectives, dans le domaine des gains (source : Tversky et Kahneman, 1992). 61

Figure 12 : Valeurs des probabilités subjectives en fonction des probabilités objectives pour $\gamma = 0{,}8$ 65

Figure 13 : Valeur optimale des paiements totaux en fonction du taux d'actualisation pour la mesure $\boldsymbol{C2}$, avec $\lambda = 2$; $\alpha = 1$ 71

Figure 14 : Valeur optimale des paiements totaux en fonction du taux d'actualisation pour la mesure $\boldsymbol{C4}$, avec $\lambda = 2$; $\alpha = 1$ 71

Figure 15 : Valeur optimale des paiements totaux dégressifs en fonction du taux d'actualisation et du poids accordé aux pertes pour la mesure $\boldsymbol{C4}$, avec $\alpha = 1$. 72

Figure 16 : Valeur optimale des paiements totaux dégressifs en fonction du taux d'actualisation et du poids accordé aux pertes pour la mesure $\boldsymbol{C4}$, avec λ = 1 ; α = 1 (à gauche) ; α = 2 (à droite). 72

Figure 17 : Résumé du protocole. 82

Figure 18 : Dispersion du taux d'actualisation individuel estimé. 96

Figure 19 : Dispersion du paramètre d'aversion au risque estimé 97

Figure 20 : Répartition de la différence entre la contribution des sujets dans un contrat à paiement fixe et un contrat à paiement dégressif pour la mesure $\boldsymbol{C1}$ (à gauche) et la mesure $\boldsymbol{C2}$ (à droite). 100

Figure 21 : Répartition de la différence entre la contribution des sujets dans un contrat à paiement fixe et un contrat à paiement dégressif pour la mesure $\boldsymbol{C3}$ (à gauche) et la mesure $\boldsymbol{C4}$ (à droite). 100

Figure 22 : Les PAEC portés par le PNR Volcans d'Auvergne (source : PNR VA). 111

Figure 23 : Exemple de carte de choix. 117

Figure 24 : Les différentes étapes de la construction du *design* expérimental. 121

Figure 25 : Distribution du paramètre d'aversion au risque. 148

Figure 26 : Distribution du taux d'actualisation des agriculteurs. 150

Figure 27 : Conscience des agriculteurs sur les liens entre pratiques agricoles et environnement et entre environnement et qualité de la production (N = 102). 153

Figure 28 : Fréquence d'utilisation des amendements calcaires (N = 102). 154

Table des Tableaux

Tableau 1 : Liste des indicateurs d'évaluation du dispositif agro-environnemental concernant l'enjeu biodiversité (extrait du Rapport Annuel de mise en œuvre 2016 du Programme de Développement Rural Régional d'Auvergne). 20

Tableau 2 : Impact des modalités du mécanisme de paiement sur la participation des agriculteurs. 31

Tableau 3 : Table de paiement utilisée pour mesurer les préférences temporelles (Harrison *et al*., 2002). 78

Tableau 4 : Table de paiement pour éliciter l'aversion au risque (Holt et Laury, 2002). 80

Tableau 5 : Table de paiement *Convex Time Budget* (Andreoni et Sprenger, 2012). 81

Tableau 6: Questionnaire de caractéristiques individuelles. 82

Tableau 7 : Série de décisions pour la séquence 3. 85

Tableau 8 : Loteries présentées aux sujets. 87

Tableau 9: Fonctions de gains marginaux par type de contrat. 90

Tableau 10 : Valeur maximale théorique de $\boldsymbol{\delta i}$ pour que i souscrive au contrat (le signe - indique que le sujet a intérêt à souscrire au contrat quelle que soit la valeur de son taux d'actualisation subjectif). 93

Tableau 11 : Descriptif des sessions organisées. 94

Tableau 12 : Caractéristiques de l'échantillon total. 95

Tableau 13 : Contributions moyennes théoriques des sujets (NS : différence de distribution non significative). 97

Tableau 14 : Participations moyennes théoriques des sujets (NS : différence de distribution non significative). 98

Tableau 15 : Contributions moyennes des sujets pour chaque mesure et chaque paiement (NS : différence de distribution non significative). 98

Tableau 16 : Taux de participation des sujets pour chaque mesure et chaque paiement (NS : différence de distribution non significative). 99

Tableau 17 : Contributions réelles et théoriques aux différents projets (NS : non significatif ; * : significativité à 10% ; ** : significativité à 5% et *** : significativité à 1%). 101

Tableau 18 : Régressions MCO sur le niveau de contribution des sujets à chaque projet (* : significativité à 10% ; ** : significativité à 5% et *** : significativité à 1%). 102

Tableau 19 : Régressions probit sur la participation des sujets à chaque projet (* : significativité à 10% ; ** : significativité à 5% et *** : significativité à 1%). 103

Tableau 20 : Régressions MCO sur la différence du niveau de contribution des sujets entre un projet avec paiement fixe et le même projet avec paiement dégressif (* : significativité à 10% ; ** : significativité à 5% et *** : significativité à 1%) 104

Tableau 21 : Régressions MCO sur le niveau de contribution des sujets à chaque projet (* : significativité à 10% ; ** : significativité à 5% et *** : significativité à 1%). 106

Tableau 22 : Principales caractéristiques du secteur agricole du PNR VA (source : Agreste – 2013)..... 113

Tableau 23 : Description des MAEC mises en place au sein du territoire du PNR VA. 115

Tableau 24 : Caractéristiques du contrat agro-environnemental Herbe_09..... 126

Tableau 25 : Exemple pour chaque forme de paiement à montant total équivalent. 129

Tableau 26 : Attributs et niveaux sélectionnés (en gras, les niveaux correspondants au contrat actuel). 130

Tableau 27 : Signes supposés des paramètres du modèle logit conditionnel. 133

Tableau 28 : Coefficients estimés des paramètres du modèle logit conditionnel après enquête test (N = 11) (*** : significativité à 0,01 ; ** : significativité à 0,05 ; * : significativité à 0,1). 134

Tableau 29 : Cartes de choix de l'enquête. 135

Tableau 30 : Ensemble des variables mesurées à travers le questionnaire. 136

Tableau 31 : Protocole utilisé pour la mesure du paramètre d'aversion au risque des agriculteurs. 138

Tableau 32 : Protocole utilisé pour la mesure du taux d'actualisation des agriculteurs. 140

Tableau 33 : Tests de différence de proportions entre l'échantillon souhaité et l'échantillon final..... 145

Tableau 34 : Comparaison entre les caractéristiques de l'échantillon et la population du PNR VA. 147

Tableau 35 : Estimation du paramètre d'aversion au risque (N = 408) (*** : significativité à 0,01 ; ** : significativité à 0,05 ; * : significativité à 0,1). 149

Tableau 36 : Estimation du taux d'actualisation des agriculteurs (N = 510) (*** : significativité à 0,01 ; ** : significativité à 0,05 ; * : significativité à 0,1). 151

Tableau 37 : Estimation de la régression logistique (N = 102) (*** : significativité à 0,01 ; ** : significativité à 0,05 ; * : significativité à 0,1). 155

Tableau 38 : Estimation des modèles logit conditionnels (N = 2400) (*** : significativité à 0,01 ; ** : significativité à 0,05 ; * : significativité à 0,1). 157

Tableau 39 : Estimation des *odds ratios* et des consentements à recevoir (CAR) (*** : significativité à 0,01 ; ** : significativité à 0,05 ; * : significativité à 0,1) 159

Tableau 40 : Tests d'Hausman. 160

Tableau 41 : Estimation des modèles logit conditionnel et logit à classes latentes (*** : significativité à 0,01 ; ** : significativité à 0,05 ; * : significativité à 0,1). 163

Tableau 42 : Taille minimale souhaitée de l'échantillon selon la règle de Rose et Bliemer (2013). 165

Introduction générale

Créée par le traité de Rome en 1957, puis mise en place à partir de 1962, la Politique Agricole Commune (PAC) avait pour objectif premier de promouvoir une intensification et une modernisation de la production agricole par le biais de subventions et d'aides indirectes. Cette intensification a entrainé progressivement une dégradation de l'environnement qui a été dénoncée par des organisations environnementales dès les années 1970. Afin de répondre à cette inquiétude croissante, l'Union Européenne (UE) a mis en place les premières mesures agroenvironnementales (MAE). Les MAE sont des contrats d'une durée de 5 ans, proposés à des agriculteurs volontaires, qui s'engagent à adopter ou maintenir des pratiques respectueuses de l'environnement en contrepartie d'une compensation financière couvrant les coûts additionnels et les éventuels manques à gagner. Ce dispositif possède un triple bénéfice : la protection de l'environnement, la diminution de la production agricole et par conséquent la diminution des coûts liés à la gestion des surplus de production, et la justification auprès de l'Organisme Mondial du Commerce (OMC) du subventionnement de l'agriculture (Hodge, 2015).

Ces mesures souffrant d'un déficit de participation[1], en particulier pour les mesures les plus contraignantes, c'est-à-dire les mesures nécessitant un réel changement des pratiques, l'objet de cette thèse est d'étudier la possibilité d'accroître l'adoption des MAE par les agriculteurs. Plus particulièrement, nous nous concentrerons sur le mécanisme de paiement du contrat agro-environnemental entre l'agriculteur et le décideur public. Nous étudierons, en effet, de quelle façon ce mécanisme de paiement peut être un facteur influençant la participation des agriculteurs, en nous concentrant sur une dimension encore peu étudiée du contrat : l'intertemporalité de l'engagement. Nous proposerons alors des pistes de réflexion pour accroître la participation des agriculteurs aux mesures les plus contraignantes, plus précisément la mise en place d'un paiement de forme dégressive.

Pour comprendre le choix de la problématique de cette thèse, il est nécessaire de revenir, dans un premier temps, sur le contexte général, à savoir l'historique et les évolutions du dispositif agro-environnemental depuis sa mise en œuvre en 1992. Plus particulièrement, nous ferons un

[1] Nous parlons ici de participation dans le sens de « contractualisation ».

focus sur le succès des différents dispositifs en termes de participation des agriculteurs. Nous ferons ensuite un tour d'horizon de l'ensemble des facteurs qui peuvent influencer l'agriculteur à s'engager dans une MAE. Enfin, nous présenterons les principaux axes qui constitueront cette thèse.

Historique des Mesures Agro-Environnementales et participation des agriculteurs en France

La mise en œuvre des mesures agroenvironnementales par les Etats de l'UE est obligatoire depuis 1992 (règlement 2078/92). En France, cela s'est traduit par la mise en place des Opérations Locales Agriculture Environnement (OLAE) et les Plans de Développement Durable (PDD) instaurés à partir de 1993. Ces mesures étaient définies pour répondre à un problème environnemental local et étaient gérées par un comité local. Néanmoins, les dispositifs restèrent relativement marginaux : 900 000ha engagés en OLAE en 1999, soit 2% de la Surface Agricole Utile (SAU) (Urbano et Vollet, 2005), et seulement 700 agriculteurs qui signèrent un contrat PDD (Ambroise, 1998).

En parallèle, dès 1993, a été instaurée la Prime au Maintien des Systèmes d'Elevage Extensif (PMSEE), mesure plus connue sous le nom de « prime à l'herbe ». Son cahier des charges était défini sur le plan national. Ses engagements concernaient le maintien des prairies et des espaces ouverts à gestion extensive, une utilisation réduite de pesticides, et le respect de seuils de chargement de bétail. Peu contraignante, cette prime à l'herbe connut rapidement un grand succès. Ainsi, dès 1993, 117000 exploitants ont contractualisé cette prime, ce qui représentait plus de 15% du nombre d'exploitations et 5,8 millions d'hectares. Il apparaît alors un fort contraste entre le succès de la PMSEE et la démarche quasi-expérimentale des OLAE et des PDD. Ce contraste persistera au fil des différents dispositifs mis en place par la suite.

Ainsi, en 1999, avec la réforme « Agenda 2000 » et le premier Plan de Développement Rural National (PDRN), les OLAE/PDD furent remplacés par les Contrats Territoriaux d'Exploitation (CTE), tandis que la PMSEE est reconduite. Les CTE reprenaient la logique d'exploitation des PDD. En apparence, ce nouveau dispositif fut un succès. En effet, en 2003, près de 50000 agriculteurs ont contractualisé des CTE, sur une surface totale de 3,65 millions d'ha, soit respectivement 12% de la population nationale d'agriculteurs et 13,6% de la SAU

nationale (Urbano et Vollet, 2005). Cependant, seules quelques mesures (parmi les 170 proposées au niveau national) furent largement souscrites. Particulièrement, la mesure « gestion extensive par la fauche » – mesure dont le principe est similaire à la PMSEE – fut présente dans plus de la moitié des CTE. Parallèlement à ces mesures, la PMSEE concerne 69000 agriculteurs en 2002 (soit près de 17% du nombre d'exploitations).

À partir de 2003, avec la réforme Fischler, les CTE furent remplacés par les Contrats d'Agriculture Durable (CAD). L'objectif de ce nouveau contrat était d'accroître l'efficacité environnementale en soulevant trois évolutions notables : l'obligation d'inscrire un volet environnemental dans le CAD, un plafonnement des aides reçues par l'agriculteur, et un zonage par actions prioritaires. La PMSEE fut reconduite sous l'appellation « Prime à l'Herbe Agro-Environnementale » (PHAE) et bénéficia d'une revalorisation, la compensation moyenne à l'hectare passant de 40€ à 68€.

Avec l'élaboration du Programme de Développement Rural Hexagonal (PDRH), les CAD furent remplacés en 2007 par les Mesures Agro-Environnementales Territorialisées (MAET). Les MAET poursuivirent la logique de territorialisation entrepris avec les CAD : mis à part la PHAE et la MAE rotationnelle qui intègrent un dispositif nationale, les cahiers des charges sont définis en fonction des enjeux environnementaux du territoire. En effet, ce sont désormais des opérateurs agro-environnementaux (collectivités territoriales ; chambres d'agricultures ; organismes environnementaux ; syndicats mixtes de parcs naturels, etc.) qui doivent monter et animer le projet agro-environnemental. Malgré cet effort de territorialisation, les MAET restèrent largement minoritaires parmi les contrats souscrits par les agriculteurs, puisqu'elles représentèrent seulement 25% des dossiers annuels, contre plus de 50% pour la seule PHAE (MAAF, 2017).

Dans le cadre du nouveau PDRH pour la période 2014-2020, les MAET ont été remplacées par les Mesures Agro-Environnementales et Climatiques (MAEC). Bien que le principe reste inchangé, nous pouvons néanmoins noter une évolution principale : la suppression officielle de la PHAE. En effet, cette dernière était fortement critiquée au niveau européen car elle n'incitait pas à de réels changements de pratiques de la part des agriculteurs. Toutefois, elle a été reconduite à la fois au travers de la revalorisation de l'ICHN (« Indemnité Compensatoire

de Handicap naturel ») et *via* la création de la mesure systèmes herbagers et pastoraux dont le principe est équivalent à l'ex-PHAE[2].

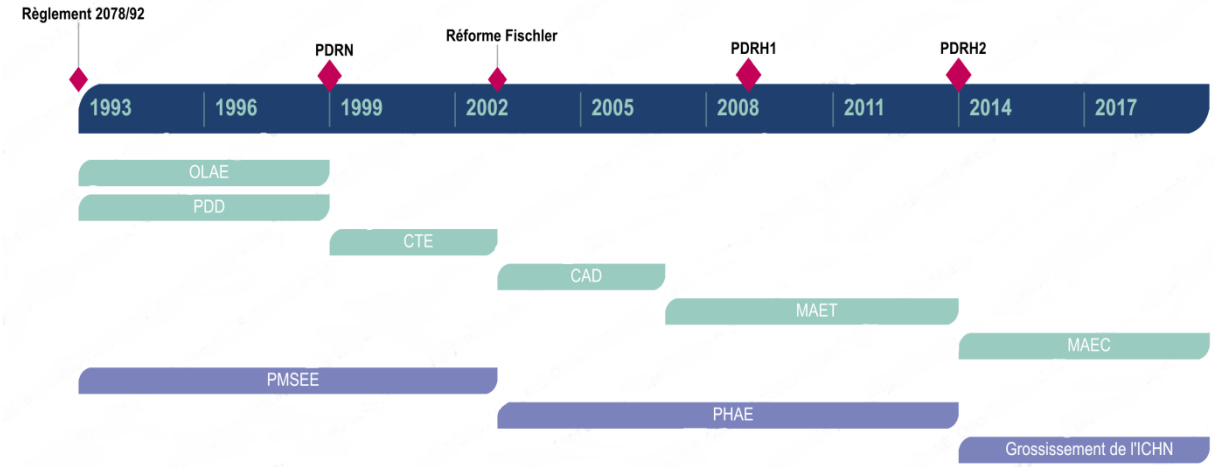


Figure 1 : Historique des dispositifs agro-environnementaux en France de 1993 à nos jours.

Ce bref historique montre que, malgré la volonté d'assouplir le dispositif au travers d'une décentralisation progressive, la problématique principale du dispositif agro-environnemental demeure inchangée depuis 1993 : la participation des agriculteurs se concentre principalement sur les mesures de type « prime à l'herbe » (MAAF, 2017). Or, il a été montré que ces mesures à maintien de pratiques ont un impact négligeable sur l'environnement (Kleijn et Sutherland, 2003 ; Pywell *et al.*, 2012). Certaines études émettent l'hypothèse que les agriculteurs participants à ce type de mesure acquièrent une certaine conscience environnementale qui les pousse à adopter par la suite des mesures plus contraignantes, et donc ayant un impact environnemental plus conséquent (Keenleyside *et al.*, 2011). Cependant, dans les faits, nous n'observons pas d'accroissement significatif de la participation des agriculteurs dans ces mesures contraignantes au fil des années.

Ainsi, la question de l'efficacité environnementale des MAE est intrinsèquement liée à la question de la participation des agriculteurs, particulièrement pour les mesures qui impliquent un véritable changement dans les pratiques culturales (Chabé-Ferret et Subervie, 2013). Cette participation étant très faible pour la plupart des mesures contraignantes, il devient pertinent de regarder quels sont les facteurs susceptibles d'influencer, négativement ou positivement, la participation des agriculteurs.

[2] Respect d'un taux maximal de chargement animal ; non retournement de la surface toujours en herbe et absence de traitement phytosanitaires sur cette même surface.

Les Facteurs de participations aux MAE

Nous pouvons classer les facteurs de participation selon 4 catégories : les facteurs liés à l'exploitant, les facteurs liés à l'exploitation, les facteurs liés à l'environnement social de l'exploitant, et enfin les facteurs liés au design du contrat (voir figure 2 ci-après)[3].

Facteurs liés à l'exploitant

Dans de très nombreuses études, l'âge est perçu comme un facteur défavorisant la participation de l'agriculteur (Lastra-Bravo *et al*., 2015 ; Ruto et Garrod, 2009). En effet, les agriculteurs plus jeunes ont plus tendance à adopter une MAE car cette décision est perçue comme risquée : elle implique certains changements de techniques, et donc une incertitude concernant les retombées en termes de productivité et de revenus. Or, l'aversion au risque est jugée plus faible pour les agriculteurs les plus jeunes (Defrancesco *et al*., 2008). En outre, le changement de technique lié à l'adoption d'une MAE peut entraîner certains investissements que les agriculteurs plus âgés ne souhaitent pas engager, étant donné qu'ils ne travailleront pas suffisamment d'années pour obtenir un retour sur cet investissement (Lichtenberg, 2004). Cependant certaines études – largement minoritaires – analysent l'âge comme étant un facteur positif (Barreiro-Hurlé *et al*., 2010). Ce résultat est expliqué par le fait que ce sont des techniques « traditionnelles » qui sont encouragées à travers la contractualisation des MAE et que les agriculteurs les plus âgés ont donc déjà les connaissances techniques nécessaires à cette contractualisation (Barreiro-Hurlé *et al*., 2010).

Par ailleurs, la participation de l'agriculteur est positivement corrélée à son niveau d'éducation (Defrancesco *et al*., 2008 ; Ducos *et al*., 2009). Cette relation s'explique par le fait que l'éducation est une variable représentative du niveau de connaissances techniques de l'agriculteur. Or les compétences techniques permettent de réduire à la fois le coût du changement des pratiques[4] et les risques induits par ce changement de techniques. (Giannakopoulos et Damianos, 2002).

Le revenu du foyer est un autre facteur influençant la décision de participer aux MAE, mais le signe de la corrélation diffère selon les études. Certaines études montrent que les agriculteurs

[3] Il existe une 5ème catégorie de facteurs non présentée ici, qui sont les facteurs comportementaux (Dessart *et al*., 2019).

[4] À travers la réduction du coût d'accès à l'information par exemple.

aux revenus les plus faibles auront plutôt tendance à choisir la mesure « mise-en-jachère » comparativement à d'autres mesures qui sont plus contraignantes, et surtout plus coûteuses (Matta *et al*., 2009 ; Murphy *et al*., 2011). Au contraire, d'autres études indiquent une corrélation négative. En effet, les agriculteurs ayant des faibles revenus étant par nature plus aversifs au risque, ils préfèrent contractualiser une ou plusieurs MAE qui leur procurent une source de revenu fixe et certaine pendant une période donnée (Beharry-Borg *et al*., (2013).

Enfin, un agriculteur qui a déjà contractualisé des MAE lors d'un dispositif précédent a une probabilité plus importante de souscrire au nouveau dispositif MAE qu'un agriculteur n'ayant jamais expérimenté ce type de dispositif (Menozzi *et al*., 2015 ; Comerford, 2014 ; Vanslembrouck *et al*., 2002).

Facteurs liés à l'exploitation

Il apparait, dans de nombreuses études, que plus la part des revenus de l'exploitation agricole dans les revenus du foyer est élevée, plus la participation de l'agriculteur est faible (Unay Gailhard et Bojnec, 2015 ; Mettepenningen *et al*., 2013 ; Jongeneel *et al*., 2008 ; Layton et Siikamaki, 2009). Ceci s'explique par le fait que la dépendance aux revenus agricole accroît le risque lié à un changement de techniques (Unay Gailhard et Bojnec, 2015).

Par ailleurs, le degré d'extensification de l'exploitation est perçu comme étant un facteur significatif de participation aux MAE. Notamment, il a été montré que la part d'herbages permanents dans l'exploitation a un impact positif sur la participation de l'agriculteur (Frondel *et al*., 2012). Ce résultat peut s'expliquer par le fait que les mesures de gestion extensive constituent, pour ces exploitations, des mesures à maintien de pratiques et sont donc peu contraignantes. Ainsi, il a été remarqué aussi que le taux de souscription de MAE est bien plus élevé dans les pays où la part d'agriculture extensive est importante[5] (Zimmermann et Britz, 2016).

Une étude européenne relève que la surface de l'exploitation est un facteur positif dans la décision de souscrire à une MAE. Effectivement, une exploitation de plus grande surface, toutes choses égales par ailleurs, possède une plus grande capacité de résilience face au

[5] Le taux de souscription avoisine les 90% en Autriche, Suède, Finlande et Lituanie.

risque. Ainsi, un agriculteur ayant une grande exploitation sera moins sensible au risque qu'un propriétaire d'une petite exploitation (Ducos *et al*., 2009).

Facteurs sociaux

L'appartenance à un groupement d'agriculteurs peut être un levier ou un frein à la souscription d'une MAE par le transfert formel – ou informel – de connaissances qui est développé au sein du groupe (Polman et Slangen, 2008). De nombreuses études ont montré que, les groupes sociaux ont une influence significative sur la participation des agriculteurs, que cette influence soit positive (Barreiro-Hurlé *et al*., 2010) ou négative (Mettepenningen *et al*., 2011), selon l'environnement pris en compte. Par exemple, Brun et Chabbé-Ferret (2014) ont montré que le syndicat agricole FNSEA influence la participation des agriculteurs envers les MAE les moins exigeantes sur le plan environnemental, comparativement aux autres syndicats agricoles tels que la Confédération Paysanne et le MODEF qui, a priori, soutiennent les mesures les plus contraignantes.

La confiance sociale, c'est-à-dire la confiance envers le comportement des autres agriculteurs, permet aussi d'accroître largement la participation des agriculteurs dans le cas où un système d'amende pour non-respect du contrat est instauré. Ce résultat « suggère que la confiance sociale renforce l'effet incitatif du système punitif en encourageant les comportements similaires entre agriculteurs » (Alló *et al*., 2015).

Facteurs liés au design du contrat

Le résultat le plus communément admis est l'impact positif du montant de la compensation sur la participation de l'agriculteur. Nous pouvons noter qu'un montant de compensation plus élevé permet d'accroître significativement l'acceptabilité de la mesure, et ce quel que soit le pays ou le mode d'agriculture concerné (Kuhfuss *et al*., 2014 ; Santos *et al*., 2015 ; Villanueva *et al*., 2015 ; Matta *et al*., 2009). Ainsi, une mesure peut avoir un succès particulièrement élevé par rapport à d'autres mesures dans une même région, parce que les agriculteurs considèrent que le paiement couvre totalement leurs coûts d'adaptation (Keenleyside *et al*., 2011).

De la même manière, une réduction de la durée du contrat, toute chose égale par ailleurs, (actuellement généralement établie à 5 ans pour les MAE en France, et à 5 ou 10 ans en Europe) permettrait une augmentation de la participation des agriculteurs (Christensen *et al*., 2011) et, inversement, une augmentation de la durée du contrat impacterait négativement leur décision de souscription (Ruto et Garrod, 2009). En outre, les individus ont une nette préférence pour avoir la possibilité de se retirer du contrat, à tout moment dans le cadre de contrats de 5 ans (Christensen *et al*., 2011), et au bout de quelques années en ce qui concerne les propriétaires de parcelles forestières (Broch et Vedel, 2012).

Le niveau de restriction du cahier des charges est aussi un facteur important de la participation des agriculteurs (Alló *et al*., 2015**)**. Par exemple, la participation est plus élevée si les agriculteurs ont la possibilité de choisir la part de la surface de l'exploitation qui est concernée par la mesure (ce qui est déjà le cas pour une majorité des MAE mises en œuvres en France) (Espinosa-Goded *et al*., 2010) ou s'il existe une certaine flexibilité dans les mesures qui peuvent être contractualisées par les agriculteurs (Ruto et Garrod, 2009).

Les agriculteurs sont aussi demandeurs d'un appui technique lorsqu'ils contractualisent une MAE (Espinosa-Goded *et al*., 2010 ; Lienhoop et Brouwer 2015), car les conseils techniques peuvent réduire considérablement les couts liés à la recherche d'informations techniques par les agriculteurs. La mise en place d'un appui technique revient donc à une prise en charge d'une partie des coûts de conversion par les autorités publiques.

Enfin, les agriculteurs sont aussi sensibles aux procédures de contrôles. Ainsi l'augmentation de la probabilité que l'agriculteur soit contrôlé impacte négativement la participation (Broch et Vedel, 2012). Par ailleurs, les agriculteurs ont une préférence pour un contrôle annuel plutôt qu'un contrôle aléatoire (Peterson, 2011). De même, l'instauration d'une amende dans le cas où l'agriculteur contrôlé n'est pas en conformité avec les engagements pris via le contrat (en plus du remboursement des paiements compensatoires) est généralement perçu négativement par les agriculteurs (Alló *et al*., 2015).

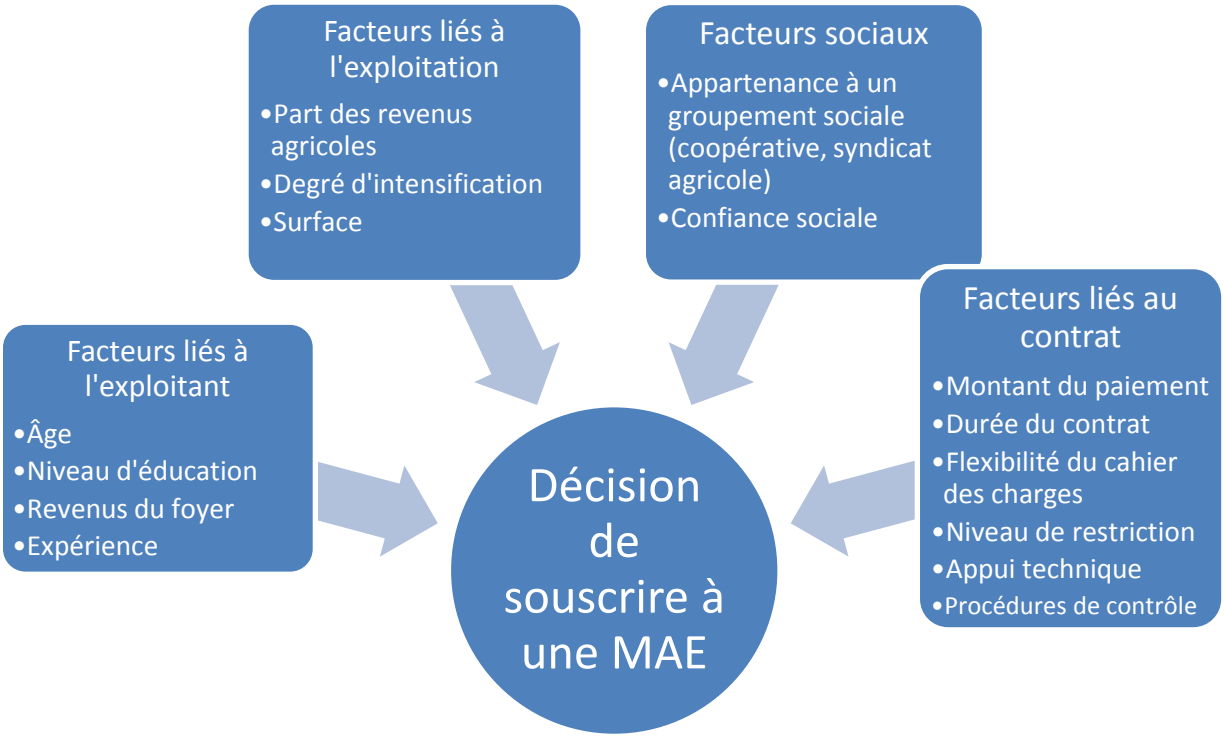


Figure 2 : Facteurs influençant la décision de souscrire à une MAE.

Il apparaît donc clairement que les modalités du contrat mis en œuvre ont un impact sur la participation des agriculteurs. Cette dernière catégorie de facteurs d'influence est, selon nous, la plus intéressante puisque nous ne pouvons pas influer directement ni sur les caractéristiques de l'exploitant, ni sur les caractéristiques de l'exploitation, ni sur les réseaux sociaux de l'exploitant. En revanche, les modalités du contrat peuvent être largement modifiées afin de favoriser son adoption.

Dans le cadre de cette thèse, nous étudierons plus particulièrement la question de l'instauration d'un paiement dégressif dans le temps, c'est-à-dire un contrat qui propose un paiement plus élevé la première année et dont le montant diminue les années suivantes. Un tel dispositif permettrait d'une part de prendre en compte les éventuels investissements (matériels et immatériels[6]) que doivent réaliser les agriculteurs afin de se conformer au cahier des charges de mesures contraignantes, d'autre part de prendre en compte les préférences pour le présent des agriculteurs. En effet, de nombreuses études ont montré

[6] Par investissements « immatériels », nous incluons ici l'investissement en termes de temps de recherche de l'information et temps de mise en œuvre des pratiques sur lesquelles s'est engagé l'agriculteur.

l'impact des préférences temporelles des individus sur leurs décisions, que cela soit dans le domaine de la gestion de budget (Nguyen, 2016) ou dans les comportements addictifs (Ida et Goto, 2009). Ainsi, dans une étude réalisée en Ouganda, Clot et Stanton (2014) ont montré que les paysans qui participent à un programme de paiement pour services environnementaux (PSE) basé sur un paiement dégressif ont tendance à être caractérisés par un biais pour le présent. Cependant, il n'a pas encore été montré que des contrats agro-environnementaux à paiement dégressif dans le temps peuvent accroître la participation des agriculteurs par rapport à un contrat à paiement fixe, ni que les préférences temporelles des agriculteurs jouent un rôle dans cet accroissement du taux de souscription[7]. Ainsi, la problématique générale de la thèse est la suivante :

L'instauration d'un contrat à paiement dégressif permet-elle d'accroître le taux de souscription des agriculteurs par rapport à un contrat à paiement fixe ?

Cette problématique peut être déclinée en trois questions de recherche :

- Question de recherche 1 : Existe-t-il un lien entre les préférences temporelles des agriculteurs et leur choix pour un contrat agro-environnemental ?

- Question de recherche 2 : Les agriculteurs qui ont une préférence forte pour le présent souscrivent-ils plus si le contrat est à paiement dégressif ?

- Question de recherche 3 : Les agriculteurs sont-ils prêts à recevoir un montant total moins élevé si le paiement est de type dégressif ?

Nous tenterons de répondre à cette problématique à travers 4 chapitres, chacun apportant des éléments de réponses en usant d'approches complémentaires. Par le biais d'une revue de littérature, un premier chapitre permettra de poser la problématique générale et introduira la proposition d'un paiement de type dégressif. En nous appuyant sur l'outil de la modélisation, le deuxième chapitre permettra de poser le cadre théorique, qui sera ensuite testé dans le troisième chapitre à travers une expérience en laboratoire. Enfin, le quatrième chapitre

[7] Par taux de souscription, nous parlons non pas du taux d'agriculteurs qui souscrivent à une MAE contraignante, mais du taux d'hectares souscrits dans une MAE contraignante pour une surface donnée.

s'appuiera sur les conclusions des chapitres précédents afin de proposer une mesure théorique avec paiement dégressif dont l'acceptabilité sera testée auprès des agriculteurs par le biais d'un *choice experiment*.

Chapitre 1 - Caractéristiques du mécanisme de paiement du contrat agro-environnemental et participation des agriculteurs

L'objectif du premier chapitre est d'étudier les innovations réalisables au niveau du mécanisme de paiement et leur impact sur la participation des agriculteurs. En effet, nous faisons l'hypothèse qu'une modification d'une ou plusieurs caractéristiques du mécanisme de paiement pourrait impacter, de façon positive, la participation des agriculteurs aux MAE. Nous réaliserons une revue de littérature des innovations du mécanisme de paiement mises en place dans le cadre de MAE et de Paiements pour Services Environnementaux (PSE). Pour cela, nous déconstruirons le mécanisme de paiement selon 4 dimensions : l'objectif (paiement pour un maintien ou un changement de pratiques) ; le principe (logique de moyens ou logique de résultats) ; la flexibilité (paiements fixes ou paiements différenciés) ; et le destinataire (individuel ou collectif).

Cette revue de littérature nous permettra d'identifier les conditions dans lesquelles certaines innovations du mécanisme de paiement permettent d'accroître la participation des agriculteurs. Nous verrons, cependant, que ces innovations ne tiennent pas compte des investissements ponctuels que doivent réaliser les agriculteurs lorsqu'ils s'engagent dans une MAE à changements de pratiques. C'est pourquoi nous proposerons la mise en place d'un paiement de type dégressif.

Chapitre 2 – Modélisation des préférences temporelles, de l'aversion au risque, et choix des agriculteurs pour un contrat agro-environnemental

Afin de déterminer la pertinence de la mise en place d'un paiement dégressif, nous étudierons, dans ce chapitre, l'impact des préférences temporelles et de l'aversion au risque des agriculteurs sur leur décision de souscrire à un contrat agro-environnemental.

En effet, en principe, plus le taux d'actualisation de l'individu est élevé, plus l'agriculteur accorde de l'importance à son utilité immédiate relativement à son utilité future. Des études

ont montré que les préférences temporelles des agriculteurs ont un impact sur leurs choix de culture (Khanna et al., 2017 ; Mehar et al., 2017), sur la nature de contrat de location de terres auquel ils souscrivent (Bezabih, 2009), ou encore sur leur décision de souscrire à un programme de PSE (Clot et Stanton, 2014). Néanmoins, cela n'est pas encore le cas dans le contexte de contractualisation agro-environnementale.

Nous chercherons à valider deux hypothèses :

- H1 : Le taux de souscription aux MAE est négativement corrélé avec le taux d'actualisation de l'agriculteur.

- H2 : Les agriculteurs ont une préférence pour un paiement de type dégressif lorsque les coûts liés à la contractualisation de la MAE ne sont pas constants.

Dans un premier temps, nous effectuerons une revue de littérature sur l'influence des préférences temporelles sur les décisions des agriculteurs. Suite à cette revue de littérature, nous modéliserons la décision de l'agriculteur de s'engager dans un contrat agro-environnemental, en nous basant sur le modèle d'actualisation exponentielle, et en fonction de trois paramètres :

- La nature des coûts associés à la contractualisation de cette mesure.

- Le paiement qui est proposé (paiement constant ou paiement de type dégressif).

- Le taux d'actualisation de l'agriculteur.

Dans un second temps, nous intègrerons, à ce même modèle, l'aversion au risque des agriculteurs. En effet, l'intégration de l'aversion au risque dans le modèle d'actualisation est pertinente dans le sens où les agriculteurs n'ont pas un contrôle total sur les conséquences induites par les changements de pratiques. Nous devons donc prendre en compte l'incertitude quant aux revenus futurs de l'agriculteur. Par ailleurs, les individus n'actualisent pas, de la même façon, les gains et les pertes. En effet, il a été montré que les gains font l'objet d'un taux d'actualisation plus fort que les pertes (Abdellaoui *et al*., 2013). Ainsi, si nous proposons

aux agriculteurs un paiement futur qui est plus faible que leurs coûts réels, ils subissent une perte sur leurs revenus agricoles. Il est donc nécessaire de prendre en compte cette différence dans le comportement d'actualisation afin de rendre notre modèle de décision plus réaliste.

Ce nouveau modèle permettra de tester l'hypothèse suivante :

- H3 : L'aversion au risque influence négativement la participation à un contrat agro-environnemental, que ce soit dans le cas d'un paiement fixe ou d'un paiement dégressif.

Nous verrons que la résolution de ce modèle théorique penche en faveur de l'instauration d'un paiement dégressif afin d'accroître la participation des agriculteurs dans des mesures à changements de pratiques. Cependant, avant de mettre en œuvre ce type de paiement sur le terrain, il est nécessaire de tester le modèle théorique que nous avons élaboré dans ce chapitre. Cela sera l'objectif du chapitre suivant.

Chapitre 3 - Préférence pour un contrat à paiement dégressif : étude expérimentale

L'objectif de ce chapitre est de vérifier, par la méthode expérimentale, les résultats obtenus par le modèle développé dans le chapitre précédent. En effet, bien que les résultats du modèle vont vers une préconisation de la mise en place d'un paiement dégressif afin d'accroître la participation des agriculteurs, il est nécessaire de tester la validité de ce modèle avant de passer à la mise en œuvre sur le terrain.

Pour cela, nous construirons un protocole expérimental qui est décontextualisé. Nous savons que le contexte joue un rôle non négligeable dans les choix des individus. Cependant, nous ne pouvons pas avoir un contrôle sur la façon dont le contexte est perçu par les individus, ni la manière dont ce contexte influence les choix (Eber et Willinger, 2005). Ainsi, dans un premier temps, afin de nous concentrer sur le lien entre préférences temporelles et décision de s'engager dans un projet intertemporel, il est nécessaire d'avoir le meilleur contrôle possible sur les variables extérieures et donc sur le contexte. C'est pourquoi aucune référence à l'agriculture ni à l'environnement ne sera faite lors de cette expérience, et la totalité des sujets n'est pas concernée par le monde agricole. Nous présenterons les résultats des expériences

réalisées les 18 et 19 décembre 2017 au sein du LEEM (Laboratoire d'Economie Expérimental de Montpellier) auprès de 77 sujets.

Les hypothèses qui seront testées dans ce chapitre sont les suivantes :

- H1 : Il existe un lien entre les préférences temporelles des individus et leur décision de souscrire à un contrat les engageant sur une certaine durée.

- H2 : La forme des coûts a un impact sur la participation des individus.

- H3 : Toutes choses égales par ailleurs, les individus préfèrent un paiement de type dégressif qu'un paiement fixe, si la mesure implique un changement de pratiques.

Nous verrons que les préférences temporelles des sujets ont bien une influence sur leur décision de s'engager dans un contrat intertemporel. Ce résultat est, par conséquent, encourageant pour la mise en œuvre d'un paiement dégressif, les individus accordant alors un poids plus important au paiement de la 1ère année. Néanmoins, cette expérience ayant été décontextualisée et réalisée auprès d'une population non agricole, il est nécessaire, pour l'étape suivante, de tester l'acceptabilité de ce type de paiement auprès d'agriculteurs et dans le cadre d'une mesure bien précise.

Chapitre 4 – Préférences des agriculteurs en termes de mécanisme de paiement – un choice experiment

Pour confirmer, sur le terrain, les résultats établis dans les chapitres précédents, nous nous appuierons sur la méthode du *choice experiment* (CE). En effet, nous souhaitons tester une mesure hypothétique, il n'existe donc pas de choix réels. Nous devrons alors éliciter les préférences des individus par le biais de méthodes de préférences déclarées. Il existe deux types de méthodes de préférences déclarées : les méthodes d'évaluations contingentes et les CE. Les méthodes d'évaluations contingentes consistent à demander aux individus quel est leur consentement à payer maximal pour un bien, tandis que le CE permet d'évaluer le consentement à payer ou à recevoir des individus pour chaque attribut d'un même bien (Adamowicz et al., 1998) et d'établir l'ordre de choix des individus entre les différents

attributs du bien. Cette dernière méthode est celle qui correspond le mieux à notre question de recherche.

Nous testerons trois hypothèses :

- H1 : Les agriculteurs ont une préférence pour un paiement de type dégressif.

- H2 : Les agriculteurs sont prêts à accepter des contrats plus exigeants lorsque le paiement est de type dégressif.

- H3 : Plus le taux d'actualisation de l'agriculteur est élevé, plus il préfère un contrat avec paiement plus important la 1ère année.

Le PNR des Volcans d'Auvergne étant l'opérateur proposant la plus grande surface en projets agro-environnementaux dans la région Auvergne, nous avons choisi de travailler sur ce terrain d'étude. La construction des cartes de choix a été réalisée avec le logiciel Ngene, et les enquêtes ont été effectuées entre juin et octobre 2018 auprès d'un échantillon de 102 agriculteurs.

Nous verrons, notamment, que nous ne pouvons pas considérer la population d'agriculteurs comme un ensemble homogène. Il existe de fortes disparités dans leurs préférences, et que ces disparités peuvent être expliquées par l'expérience des agriculteurs dans les dispositifs MAE.

Pour répondre à notre problématique, cette thèse combine des approches théoriques, expérimentales et empiriques. Ce travail soulève le défi à la fois d'apporter à des éléments de connaissances dans l'influence des préférences temporelles sur les décisions des individus, et de fournir des solutions concrètes afin d'améliorer l'efficacité du dispositif agro-environnemental.

Chapitre 1
Caractéristiques du mécanisme de paiement agro-environnemental et participation des agriculteurs

Introduction

Créée par le traité de Rome en 1957, puis mise en œuvre à partir de 1962, la Politique Agricole Commune (PAC) devait répondre à plusieurs objectifs, dont principalement l'autosuffisance alimentaire et l'accroissement de la productivité. Cela s'est traduit par la promotion d'une intensification et d'une modernisation de la production agricole soutenues par des subventions et des aides indirectes. Cette intensification a entraîné progressivement une dégradation de l'environnement qui a été dénoncée par des organisations environnementales dès les années 1970. Afin de répondre à cette inquiétude croissante, mais aussi pour faire face aux critiques émises par l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC) sur le subventionnement de l'agriculture, ont été mises en place les premières mesures agro-environnementales (MAE).

Les MAE sont des contrats de 5 ans, proposés à des agriculteurs volontaires qui sont rémunérés en contrepartie du maintien ou de l'adoption de pratiques agricoles respectueuses de l'environnement. Proposées par la Communauté Economique Européenne (CEE) dès le milieu des années 1980, les Etats membres ont l'obligation d'instaurer ces mesures à partir de 1992 (règlement n°2078/92). En France, cela s'est traduit par la mise en œuvre des Opérations Locales Agri-environnementales (OLAE) et de la Prime au Maintien des Systèmes d'Elevage Extensifs (PMSEE). Cette dernière, plus connue sous le nom de « prime à l'herbe », est une mesure de gestion extensive[8] définie sur le plan national, et visant le maintien des prairies et des espaces ouverts. Facilement accessible pour les exploitants pratiquant l'élevage extensif, elle connaît rapidement un large succès. Ainsi, dès 1995, la PMSEE représente à elle seule 70% des aides publiques inscrites au titre de MAE (Dobremez et Véron, 1997).

[8] Une gestion extensive, selon un point de vue économique, est une gestion mobilisant de façon accrue le facteur terre par rapport aux autres facteurs de production (Bonnieux, 1986).

Bien que l'évolution du dispositif français ait permis un meilleur zonage *via* leur territorialisation (Gassiat et Zahm, 2013) et une hausse des exigences environnementales, les MAE les plus exigeantes — c'est-à-dire les MAE impliquant le plus d'investissements aussi bien en termes de capital qu'en termes de temps de travail — n'ont pas eu de succès auprès des agriculteurs, tandis que les mesures qui requièrent moins d'investissements, telles que la prime à l'herbe, ont bénéficié d'un engouement. Par exemple, sur la période 2007-13, 84% des mesures contractualisées dans des zones Natura 2000 sont des mesures de gestion extensive et visent un maintien des pratiques (MAAF, 2017). Le contraste entre le succès de ces mesures et le faible taux de contractualisation de mesures plus exigeantes nuance le bilan d'évaluation de la politique agro-environnementale en France. Or, nous observons que les caractéristiques du mécanisme de paiement sont restées inchangées et que cet attribut fait l'objet de peu d'études alors même qu'il s'agit d'un élément central du contrat.

Dans ce travail, nous nous intéressons à la problématique du faible taux de souscription aux MAE les plus exigeantes. Ce chapitre réalise un état de l'art original sur les caractéristiques du mécanisme de paiement du contrat agro-environnemental comme facteurs qui peuvent affecter la décision de participation[9] des agriculteurs aux MAE. Ce chapitre est structuré en 2 parties : après avoir fait une présentation des objectifs de la politique agro-environnementale mise en place en France ainsi que les questionnements qui sont intrinsèquement liés au dispositif actuel, nous réaliserons un état de l'art sur les évolutions qui peuvent être apportées au mécanisme de paiement actuel, en nous concentrant sur leurs impacts, positifs et négatifs, sur la participation des agriculteurs.

1. Les caractéristiques du dispositif Mesures Agro-Environnementales et Climatiques (MAEC)

1.1. Les critères d'évaluation du dispositif MAEC

En tant que politique mise en œuvre au sein de la PAC et inscrite dans le Règlement de Développement Rural (RDR), le dispositif agro-environnemental européen n'échappe pas à la question de l'évaluation. Ainsi, le RDR de 2013, qui indique les grandes lignes de la mise en œuvre du Programme de Développement Rural (PDR) pour la période 2014-2020, indique que « chaque programme de développement rural devrait faire l'objet d'un suivi régulier de la

[9] Nous parlons ici de participation dans le sens de « souscription ».

mise en œuvre du programme et des progrès accomplis dans la réalisation des objectifs du programme. » (Règlement n°1305/2013). Le dispositif prévoit une évaluation *ex ante* qui doit être réalisée « durant le processus d'élaboration du programme de développement rural » (article 74, Règlement n°1305/2013), une évaluation *in itinere* comprenant la rédaction d'un rapport annuel de mise en œuvre (article 77, Règlement n°1305/2013) et une évaluation *ex post* qui débouche sur l'établissement d'un rapport d'évaluation devant être publié au plus tard le 31/12/2024 (article 78, Règlement n°1305/2013). Cette évaluation repose sur une liste d'indicateurs propres à chaque dispositif mis en œuvre dans le cadre du PDR.

Par exemple, la mise en œuvre des MAEC pour l'enjeu « biodiversité » est évaluée par l'indicateur résultat R7 révélant le pourcentage des terres agricoles sous contrats de gestion de la biodiversité et/ou la préservation de paysages. Concrètement, il s'agit de la proportion de la Surface Agricole Utile (SAU) mise sous contrat MAEC. Cependant pour affiner le jugement de sa pertinence et de sa cohérence, cet indicateur principal est complété par une série d'indicateurs de réalisation communs et d'indicateurs de réalisation supplémentaires (tableau 1 ci-dessous) reposant essentiellement sur des indicateurs financiers, d'effectif, de surface, et un seul indicateur basé sur l'impact environnemental : « l'évolution des surfaces herbagères régionales ». Nous retrouvons la même importance des objectifs en termes de surfaces contractualisées et contrats souscrits pour les enjeux « eau » et « sol ».

L'absence d'objectifs environnementaux a été mise en lumière lors de l'évaluation de dispositifs précédents (Cour des Comptes Européenne, 2011). Nous observons cependant qu'un grand nombre d'études montrent les impacts environnementaux positifs de la mise en place de MAE, dans la condition où celles-ci sont correctement ciblées (Batáry *et al*., 2015, Kuhfuss et Subervie, 2018). Ainsi, l'efficacité de la politique agro-environnementale est directement liée aux nombres de contrats souscrits et au pourcentage de SAU mise sous contrats. Il convient alors d'étudier les facteurs qui impactent, positivement et négativement, la participation des agriculteurs dans les MAE.

Type d'indicateur	Code et nom de l'indicateur
Indicateur de réalisation commun	O1 — Total des dépenses publiques
Indicateur de réalisation commun	O4 — Nombre d'exploitations/de bénéficiaires soutenus
Indicateur de réalisation commun	O5 — Superficie totale (ha)
Indicateur de réalisation commun	O6 — Surface physique bénéficiant d'un soutien (ha)
Indicateur de réalisation commun	O7 — Nombre de contrats bénéficiant d'un soutien
Indicateur de réalisation supplémentaire	Evolution des surfaces herbagères régionales 2015/2010
Indicateur de réalisation supplémentaire	Nombre des documents d'objectifs réalisés (TO 7.6.1)
Indicateur de réalisation supplémentaire	Nombre de postes d'animation (TO 7.6.1.)
Indicateur de réalisation supplémentaire	Nombre de sites animés (TO 7.6.1.)
Indicateur de réalisation supplémentaire	Pourcentage des surfaces Natura 2000 ayant contractualisé une MAE (PHAE+MAEt)
Indicateur de réalisation supplémentaire	Pourcentage des surfaces herbagères régionales des exploitations bénéficiaires de l'ICHN
Indicateur de réalisation supplémentaire	Surface Natura 2000 couverte par une contractualisation MAEC (MAET et PHAE) (ha)
Indicateur de résultat commun	R7/T9 : pourcentage des terres agricoles sous contrats de gestion soutenant la biodiversité et/ou la préservation des paysages

Tableau 1 : Liste des indicateurs d'évaluation du dispositif agro-environnemental concernant l'enjeu biodiversité (extrait du Rapport Annuel de mise en œuvre 2016 du Programme de Développement Rural Régional d'Auvergne).

Une revue de la littérature nous permet de catégoriser les facteurs de participation en 4 catégories :

- Les facteurs liés à l'exploitant, tels que l'âge, le niveau de formation, etc. (Giannakopoulos et Damianos, 2002 ; Defrancesco *et al*., 2008).

- Les facteurs liés à l'exploitation, tels que la surface, l'OTEX, etc. (Unay Gailhard et Bojnec, 2015).

- Les facteurs sociaux et comportementaux, comprenant la confiance de l'agriculteur envers les institutions, sa croyance concernant sa capacité à pouvoir changer de techniques, etc. (Morris et Potter, 1995 ; Brun et Chabé-Ferret, 2014 ; Polman et Slangen, 2008 ; Kuhfuss, 2013).

- Les facteurs liés aux caractéristiques du contrat, incluant entre autres le montant du paiement, la durée du contrat, les modalités de contrôle, etc. (Rousset et Louis, 2012 ; Santos *et al.*, 2015 ; Ruto et Garrod, 2009).

Au sein de cette dernière catégorie de facteurs, et outre le lien entre le montant de la compensation et la participation des agriculteurs, le mécanisme de paiement est relativement peu étudié alors même qu'il s'agit d'un élément central du contrat agro-environnemental potentiellement déterminant dans la décision de participation de l'agriculteur. C'est pourquoi nous présenterons dans un premier temps le mécanisme de paiement agro-environnemental tel qu'il est défini actuellement en France, puis passerons en revue des alternatives qui sont proposées dans d'autres pays de l'UE ou dans le cadre de Paiements pour Services Environnementaux (PSE).

1.2. L'estimation du paiement des MAEC

Malgré les évolutions intégrées dans le cadre des MAEC (apparition de mesures « systèmes » ne pouvant être souscrites qu'à l'échelle de l'exploitation, plus la prise en compte de l'enjeu carbone), le mécanisme de paiement est, pour sa part, resté inchangé avec un dispositif reposant sur un paiement uniforme et fixe à l'hectare par mesure. En effet, face à la difficulté de calculer un montant individuel prenant en compte les coûts de chaque agriculteur, le montant du paiement est fixé sur la base d'une estimation visant à « couvrir les coûts supplémentaires et les pertes de revenus résultant des engagements contractés » (Règlement n°1305/2013). À cette estimation, les Etats sont libres d'intégrer un supplément permettant de prendre en compte les coûts liés à la recherche d'information des agriculteurs, sous réserve

que ce supplément ne dépasse pas 20% du paiement total. Cette estimation est calculée selon une moyenne nationale et les ajustements effectués sur le plan régional ne permettent pas de prendre en compte l'hétérogénéité des exploitations agricoles (la nature des sols, l'emplacement des parcelles, la technologie utilisée et le savoir-faire, etc.) qui existe dans la pratique (voir encadré ci-dessous).

Encadré : Estimation des coûts d'une MAE

Réalisée à partir de données apportées par un ensemble d'organismes institutionnels (FNCUMA, MAAF, etc.) et de recherche (INRA), l'estimation des coûts liés à l'adoption d'une MAE inclut les investissements à la fois en termes de capital et en termes de temps de travail. Par exemple, l'estimation du montant du paiement que reçoit l'arboriculteur qui s'engage dans la MAEC « Couver_03 »[10] en région Aquitaine — soit 182,61€/ha/an — comprend :

- Le coût de la mise en place du couvert la première année, comprenant à la fois le coût des semences, du matériel adapté et du temps de travail nécessaire.

- Le coût lié à l'entretien annuel du couvert (broyage ou fausse) qui inclut l'achat du matériel et le temps de travail nécessaire.

- Le gain d'économies sur l'achat et l'épandage d'herbicides sur les parties enherbées.

Dans cet exemple, la seule variation possible du montant concerne la part, par hectare, de rangs et d'inter-rangs à enherber, qui est évaluée *via* un diagnostic du territoire effectué au préalable.

Cette uniformité du paiement facilite la mise en place et le suivi du dispositif, mais pourrait aboutir à deux situations antagoniques :

[10] Mesure engageant l'agriculteur à mettre en place un couvert herbacé sur les inter-rangs afin de limiter le ruissellement et l'érosion du sol.

- Le paiement fixé est supérieur aux coûts d'opportunité de l'agriculteur. Dans ce cas, il y a surcompensation qui entraîne probablement un plus grand nombre de participants en créant un problème d'effet d'aubaine et d'inefficience de la politique puisque l'utilisation de son budget ne serait plus optimale.

- Le paiement fixé est inférieur aux coûts d'opportunité de l'agriculteur. Dans ce cas, il y a sous compensation impactant négativement l'intérêt de participation de l'exploitant et créant ainsi un manque d'efficacité de la politique puisque les objectifs environnementaux ne seraient plus atteints.

Bien que les deux situations coexistent, nous avons fait le choix d'étudier, dans cet article, le problème de sous-compensation. En effet, bien qu'il nous soit impossible de connaître le coût d'opportunité de chaque exploitant et de savoir dans quelle mesure le critère d'efficacité est impacté par le dispositif actuel du mécanisme de paiement, une analyse de ce mécanisme révèle que certaines caractéristiques propres à ce paiement peuvent accentuer ce phénomène de sous-compensation et, donc, limiter la participation.

1.3. Une hétérogénéité de MAE et de coûts

Le paiement du contrat agro-environnemental a pour particularité d'être fixe dans le temps. Autrement dit, l'agriculteur participant recevra le même montant annuel sur toute la durée du contrat. Or, ce type de paiement n'est pas adapté à toutes les mesures. En effet, le dispositif agro-environnemental se caractérise à la fois par la diversité des mesures qui sont proposées et l'hétérogénéité des coûts estimés. Ainsi, bien que les paiements soient fixes à l'hectare et à l'année, quelle que soit la mesure, il n'en est pas de même pour les coûts estimés. Nous pouvons alors classer les mesures en fonction de la structure de leurs coûts tels qu'ils ont été calculés :

- **Coûts constants**

Les mesures ayant pour objectif explicite de maintenir des pratiques existantes, telles que la mesure Systèmes Herbagers et Pastoraux (SHP), sont caractérisées par le fait que le seul coût supporté par l'agriculteur est un éventuel manque à gagner sur le produit brut de l'exploitation. Les investissements nécessaires étant nuls, les coûts sont donc constants d'une année à l'autre. D'autres mesures, basées sur un changement de pratiques, telles que la mesure

« Herbe_03 »[11], ou les MAEC dont l'objectif est l'entretien de prairies, sont caractérisées par des coûts également constants d'une année à l'autre. Pour l'ensemble de ces mesures, le paiement qui est proposé chaque année est théoriquement égal aux coûts estimés suite à la d'adoption de la mesure.

- **Coûts estimés supérieurs au paiement la première année**

Certaines MAEC, telles que l'ensemble des mesures « Ouvert » qui visent l'ouverture de milieux en déprise, ou encore les mesures engageant l'agriculteur à mettre en place un couvert herbacé, sont caractérisées par des coûts de mise en place, tels que des coûts de main-d'œuvre et d'achat de matériel, plus importants que ceux d'entretien. Conséquemment, l'agriculteur fait face à des coûts particulièrement élevés lors de la 1ère année du contrat. La rétribution étant calculée à partir de la moyenne des coûts totaux estimés sur les 5 ans, celle-ci est donc inférieure aux coûts estimés de la 1ère année.

- **Coûts estimés inférieurs au paiement la première année**

Un certain nombre de mesures, notamment les mesures « Linea » visant à entretenir des milieux présentant un intérêt écologique (haies, arbres, ripisylves, etc.) imposent à l'agriculteur de réaliser un entretien seulement certaines années du contrat[12]. Le coût estimé, essentiellement de la main d'œuvre, se répercute donc principalement les 2ème et 4ème années de la souscription. Par conséquent, sur les autres années du contrat, le paiement que reçoit l'agriculteur est supérieur aux coûts estimés qu'il supporte.

La figure 3 ci-après résume les 3 situations, avec l'hypothèse que le coût total et le paiement associé sont identiques pour les 3 mesures :

[11] Cette mesure vise à interdire l'apport de fertilisants azotés minéraux et organiques sur les prairies.
[12] Le nombre d'entretiens que doit réaliser l'agriculteur peut varier de 1 à 5 en fonction du diagnostic de territoire effectué par l'opérateur agro-environnemental, mais en pratique il est généralement établi à 2 avec obligation de réaliser ces entretiens les années paires.

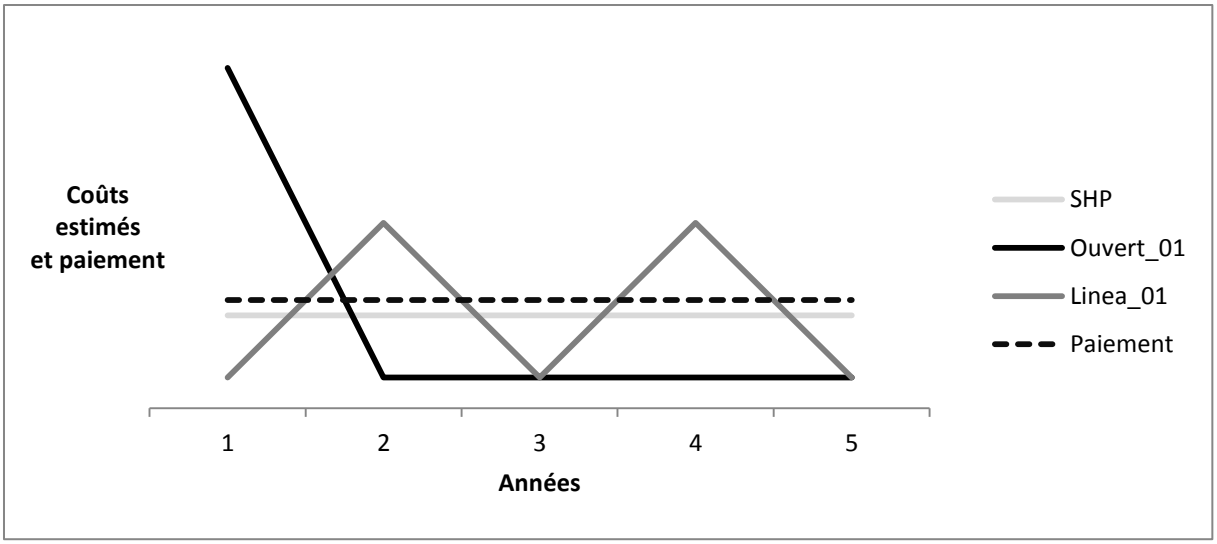


Figure 3 : Fonctions de coûts estimés par type de MAE et paiement associé.

Ainsi, si le paiement fixe dans le temps peut être adapté pour certaines mesures, notamment pour l'ensemble des mesures de gestion extensive, il n'est en revanche pas approprié de faire appel à un tel paiement pour des engagements dits exigeants imposant à l'agriculteur des investissements ponctuels. En effet, même si l'on suppose que le paiement, sur l'ensemble des 5 années, correspond aux coûts totaux subis par l'agriculteur, un paiement fixe implique, dans certains cas, une sous-compensation ponctuelle qui peut freiner la participation des agriculteurs. Un travail doit être effectué autour du mécanisme de paiement afin d'étudier quelles solutions peuvent être mises en place pour éviter un défaut de participation concernant les mesures les plus exigeantes.

2. Paiement agro-environnemental et participation des agriculteurs

Le mécanisme de paiement est une des composantes du contrat agro-environnemental. Alors que d'autres composantes (durée, modalités de contrôle, etc.) ont fait l'objet d'études concernant l'impact de ces caractéristiques sur la participation des agriculteurs (Christensen *et al.*, 2011 ; Vedel *et al.*, 2015), cela n'est pas, à notre connaissance, le cas pour le mécanisme de paiement. Il existe pourtant des programmes agro-environnementaux qui proposent des alternatives autour de ce mécanisme (Thoyer et Saïd, 2007). Nous étudions un certain nombre de ces contrats potentiellement innovants en détaillant les éventuels avantages et inconvénients en termes de participation. Pour cela, nous décortiquons le mécanisme de paiement du contrat agro-environnemental selon 4 dimensions : l'objectif (paiement pour un maintien ou un changement de pratiques) ; le principe (logique de moyens ou logique de

résultats) ; la flexibilité (paiements fixes ou paiements différenciés) ; et le destinataire (individuel, collectif).

2.1. L'objectif du paiement

À la lecture de l'article 28 du RDR 3, les MAEC visent à la fois le maintien des pratiques agricoles existantes qui contribuent favorablement à l'environnement, et l'évolution vers des pratiques plus respectueuses. Ainsi, les nouvelles MAEC spécifient distinctement, en termes de paiement et de cahier des charges, si l'objectif est le maintien ou l'évolution des pratiques agricoles. Les mesures visant le maintien de pratiques sont associées à des pratiques de gestion extensive (par exemple, la SHP), qui sont peu coûteuses en investissements et qui bénéficient déjà d'un large succès auprès des agriculteurs. Ainsi, ces mesures ne sont pas concernées par la problématique du faible taux de participation. Par ailleurs, il ne peut être envisagé de mettre en place des mesures à maintien de pratiques sur des enjeux pour lesquels les objectifs sont explicitement une évolution des pratiques. Entre autres, nous pouvons citer l'enjeu eau, pour lequel l'objectif est une amélioration de la qualité des masses d'eaux, nécessitant une réduction considérable de la consommation de pesticides des agriculteurs du territoire, donc un changement de leurs pratiques.

Cependant, l'adoption de mesures à objectif de maintien de pratiques peut encourager la participation des agriculteurs dans des mesures impliquant un changement de pratiques, et ce de deux façons :

- Ces mesures sont perçues positivement par les agriculteurs, qui considèrent qu'elles valorisent leurs pratiques (Escot *et al.*, 2013). Cette reconnaissance, institutionnelle et sociétale, des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement, peut avoir un impact positif sur la confiance qu'accordent les agriculteurs envers les institutions. Or, la confiance des agriculteurs constitue un des facteurs de participation aux contrats agro-environnementaux (Polman et Slangen, 2008).

- En adoptant des mesures à objectif de maintien de pratiques, les agriculteurs peuvent prendre conscience de l'aspect multifonctionnel de l'agriculture, et plus particulièrement de l'importance de la relation entre l'agriculture et l'environnement. En favorisant une prise de conscience chez l'agriculteur, ces mesures pourraient ainsi

avoir une influence positive indirecte sur la participation dans des mesures impliquant un changement de pratiques (Menozzi *et al.*, 2015).

2.2. Le principe du paiement

En Europe, les paiements agro-environnementaux se font principalement au titre des pratiques agricoles à adopter ou conserver. Par conséquent, le paiement est établi comme une compensation des coûts additionnels supportés, des pertes potentielles de revenus et des coûts administratifs qui sont intégrés à un maximum de 20% de la rémunération totale. Cependant, le cahier des charges construit et imposé par les institutions compétentes est parfois perçu par les agriculteurs comme l'œuvre de bureaucrates déconnectés de la réalité du terrain, ce qui peut avoir un impact sur la participation des agriculteurs (Kuhfuss *et al*., 2012)**.**

Un paiement en fonction des résultats environnementaux augmente l'intérêt personnel de l'agriculteur en lui laissant le choix des pratiques à mettre en place pour atteindre l'objectif environnemental fixé par le décideur (McGurn et Moran, 2013). Ce principe, dont la mise en place est encouragée par la Cour des Comptes Européenne (2011), existe déjà en France depuis 2007, il est connu sous l'appellation « Prairies Fleuries »[13] (Fleury *et al*., 2015). Néanmoins, l'agriculteur n'est pas totalement libre de ses pratiques puisqu'il doit respecter un taux de fertilisation maximum. Des paiements similaires existent dans d'autres pays d'Europe tels que la Suisse (l'*Ökoqualitätsverodnung*) et l'Allemagne (le programme MEKA dans le Bade-Wurtemberg) (Schwarz et Morkvenas, 2012). Bien que ce principe de paiement soit un succès, il est difficile de savoir si le résultat environnemental atteint est la conséquence d'un véritable changement dans les pratiques agricoles ou simplement le reflet d'un biais de sélection *ex ante* (Knop *et al.*, 2006). Cependant, pour l'agriculteur, la littérature relève un certain nombre d'avantages à la mise en place de ce type de mesures (Herzon *et al*., 2018). Notamment, l'implication de l'agriculteur est accrue en comparaison à un paiement basé sur une logique de moyens, ce qui peut avoir un impact positif sur ses considérations environnementales. Par ailleurs, les pratiques qu'il adopte afin d'atteindre le résultat environnemental fixé sont supposément plus adaptées aux spécificités de l'exploitation qu'une mesure uniformisée et basée sur une logique de moyens (Birge *et al*., 2017). Ainsi, ce type de paiement semble être préféré par les agriculteurs (Wezel *et al*., 2018). Néanmoins, il

[13] L'agriculteur s'engage à avoir, sur la parcelle engagée, au moins 4 espèces de plantes indicatrices d'un haut niveau de biodiversité.

est révélé que les agriculteurs qui ont adopté des paiements basés sur une logique de résultats sont en grande majorité inscrits dans des mesures ayant pour objectif le maintien des pratiques, ce qui restreint leur impact environnemental (Fleury *et al*., 2015 ; Wezel *et al*., 2018). En outre, les paiements basés sur une logique de résultats ne constituent pas nécessairement une solution optimale à tout enjeu environnemental. En effet, le transfert monétaire est conditionné à l'aboutissement d'un gain environnemental qui reste soumis aux aléas climatiques et aux effets de seuil. Les MAE ayant une logique de moyens assurent donc un revenu plus certain que celles basées sur une logique de résultats. Par ailleurs, pour une mise en œuvre réussie, ces dernières doivent être associées à un indicateur de performance environnementale crédible, facilement quantifiable et compréhensible par les institutions et les agriculteurs (Gerowitt *et al.,* 2003 ; Groth et Dittmer, 2010, Burton et Schwarz, 2013).

2.3. La flexibilité du paiement

En France, les paiements sont uniformes par hectare et par action environnementale. Bien qu'il existe une adaptation régionale, ce dispositif généralisé entraîne un risque important de sélection adverse (Chabé-Ferret et Subervie, 2013). D'autres pays choisissent un type de paiement plus flexible selon certains critères. Par exemple, la Basse-Autriche établit un système d'eco-points[14] (Gault *et al.,* 2013), l'Italie élabore un paiement qui est fonction du relief géographique[15], et la Pologne met en place une rémunération en fonction de la taille de la surface souscrite (Keenleyside *et al*., 2011). Enfin, dans certains pays en développement ont été mis en place des Paiements pour Services Environnementaux (PSE) attribuant une rétribution dégressive afin d'encourager les petits agriculteurs à participer malgré l'importance de l'investissement initial (Hedge *et al.,* 2015 ; Clot et Stanton 2014 ; Kosoy *et al*., 2008). Ce type de paiement a aussi l'avantage de pérenniser les pratiques, en habituant les agriculteurs à recevoir un paiement de moins en moins élevé.

Un mécanisme d'allocation des contrats agro-environnementaux alternatif, appelé enchère agro-environnementale, permet d'aboutir à un type de paiement encore plus flexible. Utilisée notamment en Australie : programmes Bush Tender et Eco Tender (Stoneham *et al.,* 2003 ; Eigenraam *et al.,* 2005), aux États-Unis : programmes Conservation Reserve Program et EQIP

[14] Le système d'eco-points évalue l'intensité et la justesse de l'utilisation des ressources vis-à-vis de l'environnement.

[15] Afin de prendre en compte les difficultés rencontrées par les agriculteurs en zone de montagne.

(Vukina *et al.*, 2008 ; USDA, 1997 ; Lehmann, 2005), et en Grande-Bretagne : Countryside Stewardship Scheme (Finch et Slater, 2003), l'enchère, basée sur la concurrence et la sélection des agriculteurs, peut ainsi donner lieu à un type de paiement différencié décrit par la situation où deux agriculteurs appliquant le même cahier des charges ne perçoivent pas le même montant de prime. Si une telle mise en concurrence peut être acceptée, voire bien vue dans les pays anglophones, elle peut en revanche limiter la participation des agriculteurs en France (Kuhfuss, 2013). L'idée même que deux agriculteurs puissent obtenir un paiement différencié pour des résultats environnementaux identiques peut être mal acceptée (*ibid*., 2013), bien qu'une première étude ait montré que les agriculteurs français peuvent être favorables à un paiement qui soit différencié dans le cas de mesures impliquant un changement de pratiques (Saïd et Thoyer, 2009).

2.4. Le destinataire du paiement

La nouvelle orientation de la PAC 2014-2020 prévoit la possibilité de rémunérer les actions collectives d'agriculteurs, sous réserve que les coûts de coordination induits par l'action collective soient pris en compte[16] (règlement n°1305/2013). En France, bien que la construction du projet agro-environnemental se fasse à l'initiative d'un opérateur local, les agriculteurs sont payés individuellement. Aux Pays-Bas existent de nombreux groupements d'agriculteurs appelés « coopératives environnementales » qui, jusqu'en 2003, percevaient directement un paiement collectif sous contrainte d'avoir une surface minimale engagée. Elles étaient alors chargées du contrôle ainsi que de la redistribution du paiement aux agriculteurs adhérents, sans qu'aucune règle concernant les modalités de cette redistribution leur soit imposée (Franks et McGloin, 2007 ; Gault *et al*., 2013). Depuis 2003, les agriculteurs sont payés individuellement, mais les coopératives reçoivent un paiement compensant les frais de coordination (Gault *et al.*, 2013). Actuellement, dans l'Union européenne, seuls les Pays-Bas ont réglementé sur la possibilité de mettre en œuvre des contrats collectifs. Or, ce type d'approche collective a permis d'accroître la participation des petits exploitants (Franks et McGloin, 2007) pour lesquels les coûts d'entrée sont trop élevés lorsque le paiement est individuel. Les contrats collectifs représentent ainsi 39% de la SAU totale sous contrats agro-environnementaux aux Pays-Bas (Van Dijk *et al*., 2015). Par ailleurs, en raison de l'effet d'entraînement qu'il implique (Kuhfuss, 2013), un paiement collectif peut réduire le taux de non-renouvellement de contrat des agriculteurs. Cependant, ce système peut fonctionner

[16] Coûts estimés à hauteur de 30% du paiement total dans le cas d'actions collectives.

seulement s'il n'est pas trop restrictif auprès des groupements, notamment en ce qui concerne la construction du cahier des charges. Il peut également impliquer des coûts de mise en œuvre et de coordination plus importants pour les groupements qui, à terme, peuvent impacter sur la participation des agriculteurs (Jongeneel et *al.*, 2008). Ainsi, les contrats collectifs fonctionnent aux Pays-Bas, car ces coopératives environnementales sont présentes depuis plusieurs décennies, mais des enquêtes ont montré que ce même système n'est pas facilement adaptable à tout territoire (Riley *et al*., 2018).

Nous pouvons établir le tableau 2 suivant, qui compile les impacts positifs et négatifs de chaque alternative du mécanisme de paiement sur la participation du contrat agro-environnemental :

Dimension		Impact sur la participation	
		Positif	Négatif
Objectif	Changement de pratiques	-	Cahier des charges exigeant
	Maintien de pratiques	Impact supposé positif sur la participation à des mesures à changement de pratiques	-
Principe	Logique de moyens	Risques faibles pour l'agriculteur	Cahier des charges imposé
	Logique de résultats	Flexibilité du cahier des charges	Risques élevés pour l'agriculteur
Flexibilité	Paiement fixe	Egalité de traitement	Ne prend pas en compte l'hétérogénéité des mesures et des exploitations
	Paiement différencié	Prend en compte l'hétérogénéité des exploitations	Paiement qui varie selon l'agriculteur et qui peut exacerber le sentiment d'injustice
Destinataire	Paiement individuel	Absence de coûts de coordination	Risque accru de non-renouvellement et/ou de désengagement pendant le contrat
	Paiement collectif	Coûts d'entrée moins importants pour les petits agriculteurs	Coûts liés à la coordination des agriculteurs

Tableau 2 : Impact des modalités du mécanisme de paiement sur la participation des agriculteurs.

Les paiements visant le maintien de pratiques bénéficient d'un large succès auprès des agriculteurs, mais ne sont pas adaptés à tous les enjeux environnementaux. D'autres types de contrats doivent donc être envisagés. Une modification sur le principe, la flexibilité, ou encore le destinataire du paiement peut avoir un impact sur la participation des agriculteurs pour les mesures exigeantes. Cependant, il apparaît que cet impact peut être positif ou négatif selon les enjeux visés et les caractéristiques du territoire. Ainsi, une mesure à logique de résultats peut encourager la participation lorsque les résultats environnementaux sont peu influencés par les conditions climatiques et par les pratiques des autres agriculteurs. Un contrat proposant un paiement plus flexible peut avoir un impact positif sur la participation selon les pratiques qui sont concernées et l'environnement des agriculteurs. Enfin, un contrat avec paiement collectif

peut favoriser la participation des agriculteurs lorsque ceux-ci sont déjà coordonnés autour d'autres projets de territoire.

Ainsi, face à la diversité des territoires et des enjeux environnementaux existants, il est nécessaire de disposer d'une diversité de contrats agro-environnementaux à travers un mécanisme de paiement souple, dont les caractéristiques peuvent varier selon le territoire et l'enjeu visés.

Conclusion

Depuis sa mise en place en 1992, le dispositif agro-environnemental est caractérisé par la coexistence d'une part de mesures de gestion extensive peu exigeantes connaissant un large succès ; d'autre part de mesures plus exigeantes qui ne bénéficient que d'un faible taux de participation (MAAF, 2017). Il apparaît que ce défaut de souscription des agriculteurs peut avoir un impact sur l'efficacité du programme agro-environnemental et qu'il peut s'expliquer, entre autres, par un mécanisme de paiement qui ne prend pas en compte les investissements ponctuels que doivent effectuer les agriculteurs. Alors que certaines modalités du programme (notamment la territorialisation, les principes d'allocation, etc.) ont évolué au fil des dispositifs instaurés en France, le contrat agro-environnemental est, pour sa part, resté inchangé depuis 1992, seules quelques alternatives à titre expérimental ayant été testées.

L'objectif de ce chapitre a été de dresser un état de l'art sur les diverses alternatives réalisables sur le mécanisme de paiement. Nous avons vu que des évolutions sont possibles sur l'objectif du paiement (paiement visant le maintien ou le changement des pratiques), le principe du paiement (paiement à logique de moyens ou à logique de résultats), la flexibilité du paiement (paiement fixe ou différencié) et sur le destinataire du paiement (paiement individuel ou collectif). Si un paiement visant le maintien des pratiques est largement préféré par les agriculteurs, il ne constitue cependant pas une solution adéquate à tous les enjeux environnementaux. Les paiements à objectifs de résultats sont, actuellement, principalement employés pour des mesures visant le maintien de pratiques. Leur faisabilité et leur acceptabilité pour d'autres types de mesure restent encore à démontrer. Une mesure intégrant un paiement plus souple semble être une solution intéressante, mais peu d'études ont montré l'intérêt des agriculteurs pour ce type de mesures en France. Enfin, l'instauration d'un paiement collectif peut avoir un impact positif sur la participation à condition que les coûts de coordination ne soient pas trop élevés.

Il convient alors d'étudier plus précisément l'impact de ces alternatives en termes de participation selon le type de mesure concernée (enjeu environnemental ciblé, niveau de contraintes, etc.) et les caractéristiques du territoire concerné (caractéristiques des exploitations, dynamique du territoire, etc.). Cela pourra être fait en faisant appel à des enquêtes, à des techniques de *field experiments* (Harrison et List, 2004) ou encore à des techniques de *choice experiment* (Louviere, 1988 ; Adamowicz *et al*., 1994 ; Hanley *et al*., 2001). Nous pourrons alors savoir sous quelles conditions une modification dans le mécanisme de paiement est favorable pour la participation des agriculteurs.

Chapitre 2
Modélisation des préférences temporelles, de l'aversion au risque, et choix des agriculteurs pour un contrat agro-environnemental

Introduction

Nous avons vu, dans le chapitre précédent, que de nombreux facteurs socio-économiques et comportementaux peuvent influencer un agriculteur dans sa décision d'adopter une MAE. Par exemple, le niveau d'éducation de l'agriculteur (Giannakopoulos et Damianos, 2002), sa confiance envers les institutions (Polman et Slangen, 2008) ou encore la part des revenus agricoles dans les revenus du foyer (Unay Gailhard et Bojnec, 2015) peuvent avoir un impact sur la décision de contractualiser. Cependant, dans ce travail, nous décidons de nous focaliser sur les facteurs liés aux caractéristiques du contrat agro-environnemental, puisque le décideur politique a la possibilité d'influer directement sur celles-ci. Plus précisément, le mécanisme de paiement peut constituer un élément central dans la décision d'adopter une MAE. Si des innovations autour de ce mécanisme sont déjà mises en œuvre dans certaines régions de l'UE[17], il n'existe en revanche aucun contrat basé sur un paiement dégressif au cours du temps. Or, ce type de paiement aurait deux avantages.

D'une part, il permettrait de prendre en compte les éventuels investissements que doivent réaliser les agriculteurs afin de se plier au cahier des charges de mesures contraignantes. En effet, le détail du calcul des paiements des mesures actuelles indique qu'une partie des coûts supportés par l'agriculteur dans la mise en œuvre de la mesure correspond à des investissements pour l'achat de matériel. Par exemple, la mesure « Ouvert_01 », engageant l'agriculteur à rouvrir un milieu en déprise puis à l'entretenir, implique des coûts estimés à 1104,77€ la 1ère année (achats de matériel spécifique, temps de travail passé à l'ouverture de

[17] Par exemple, il existe un système d'éco-points en Basse-Autriche qui se base sur l'efficacité environnementale des mesures adoptées (Gault *et al.*, 2013), tandis qu'en Italie le paiement varie selon la nature du terrain sur lequel se trouve la parcelle souscrite (plaine ou montagne) (*ibid.*, 2013).

ce milieu) puis à 14,41€/an pour les quatre années suivantes, les coûts d'entretiens étant compensés par les gains de fourrage réalisés. Or le paiement agro-environnemental pour cette mesure n'intègre pas cette dégressivité puisque l'agriculteur reçoit le même montant chaque année durant 5 ans.

D'autre part, cela permettrait de prendre en compte les préférences temporelles des agriculteurs et augmenter le taux de souscription en leur proposant des contrats plus adéquats financièrement sans accroître pour autant le montant des dépenses publiques. En effet, les préférences temporelles peuvent jouer dans la prise de décision d'un agriculteur du moment que celle-ci a un impact à la fois sur son utilité immédiate et future. Enfin, d'autres études ont montré que les préférences temporelles des agriculteurs peuvent aussi influer sur leur décision de s'engager dans des contrats. Notamment, une étude en Éthiopie révèle que les préférences temporelles des paysans ont un impact sur la nature du contrat de location de terres auquel ils souscrivent (Bezabih, 2009). Ainsi, les paysans caractérisés par un taux d'actualisation élevé, qui ont donc une préférence forte pour le présent, ont tendance à adopter un contrat sans coûts préalables, mais qui les engage à partager la totalité de leur récolte avec le propriétaire de la terre (*ibid.*, 2009). Ils n'ont ainsi aucun coût à supporter immédiatement, mais auront des revenus plus faibles dans le futur. *A contrario*, les paysans ayant un taux d'actualisation plus faible préfèrent un contrat dans lequel ils s'engagent à payer en amont le propriétaire de la terre, puis conservent intégralement la récolte. En effet, ce type de contrat leur permet de supporter la totalité des coûts dès la contractualisation et donc d'avoir des revenus plus élevés dans le futur. De même, Clot et Stanton (2017), dans une étude réalisée en Ouganda, montrent que les participants à un programme de PSE attribuant 30% de la somme totale du paiement dès la souscription du contrat, ont un taux d'actualisation plus élevé que les non-participants. Enfin, une étude a montré que les agriculteurs du Ghana ayant une forte préférence pour le présent préfèrent recevoir un paiement immédiat lorsqu'ils souscrivent à un contrat pour la production d'ananas (Fischer et Wollni, 2018). Cependant, aucune étude n'a permis de montrer que le taux d'actualisation des individus a une influence sur la préférence pour des contrats à paiement dégressif par rapport à des contrats à paiement fixe.

L'objectif de ce travail est donc d'établir, dans un premier temps, un éventuel lien entre la structure des préférences temporelles des individus et leur préférence pour un contrat basé sur un paiement de type dégressif. Pour cela, nous élaborerons un modèle de décision des agriculteurs prenant en compte leurs préférences temporelles, la structure des coûts et des

paiements proposés. En effet, la modélisation nous permettra de poser le cadre théorique de notre problématique, qui sera ensuite testé dans les chapitres suivants.

Nous émettons l'hypothèse que plus la préférence d'un individu pour le présent est forte, moins l'agriculteur souhaitera souscrire au contrat. Par ailleurs, nous émettons aussi l'hypothèse que plus une mesure est exigeante, c'est-à-dire plus les coûts d'aménagement la première année sont importants, plus un contrat à paiement dégressif est attractif comparativement à un contrat à paiement fixe.

Ce travail est organisé de la manière suivante : tout d'abord, nous passerons en revue les principaux modèles d'actualisation, puis nous présenterons un premier modèle de décision. Dans une seconde partie, nous verrons en quoi l'attitude face au risque peut être un autre élément important à prendre en compte dans la décision de l'agriculteur, puis nous reprendrons le modèle développé dans la première partie en y intégrant cet élément.

1. Modélisation des préférences temporelles

1.1. La fonction d'utilité intertemporelle

Les choix intertemporels d'un individu correspondent aux décisions qu'il prend en fonction de l'utilité que ce choix lui procurera sur un horizon de temps donné qui peut être fini ou infini. La première formalisation des choix intertemporels a été proposée en 1930 par Fisher. Il introduit la notion de taux d'actualisation du futur subjectif, différent du taux d'intérêt du marché. Cette notion est reprise dans la formule de l'utilité intertemporelle développée par Samuelson en 1937 :

$$V_t = U\{C_t, C_0, \dots, C_T; t, 0 \dots T\} = \sum_{t=0}^{T} U(t;\ C_t) = \sum_{t=0}^{T} D(t)U(C_t) \qquad (1)$$

Dans cette équation, V_t est l'utilité totale de $t = 0$ à $t = T$ liée à la décision que l'individu prend à l'instant t sur son comportement futur. Les utilités en chaque instant $U(C_t)$ sont actualisées, suivant le principe du taux d'intérêt, selon un facteur d'actualisation $D(.)$. Ainsi, plus le facteur d'actualisation est faible, plus la valeur future actualisée est faible. L'étude de la forme du facteur d'actualisation est primordiale puisque les décisions des individus

dépendent de la façon dont ils actualisent les gains et pertes futures. Une hypothèse généralement établie est que $D(t)$ est strictement décroissante avec t. Ainsi, plus l'horizon de temps est lointain, plus la valeur perçue actualisée sera faible. En revanche, il n'existe pas de consensus sur la façon dont décroît la fonction d'actualisation. La littérature sur la forme que prend le facteur d'actualisation est vaste, nous présentons ci-après les principaux modèles qui ont été proposés.

1.2. La fonction d'actualisation exponentielle

Soit $t \in \mathbb{R}_+$ représentant la variable de temps, le modèle d'actualisation exponentielle se présente sous la forme suivante :

$$D(t) = \frac{1}{(1 + \delta)^t} \qquad (2)$$

Avec $D(t) \in \mathbb{R}_+$. δ est le taux d'actualisation. Une des hypothèses formulées par Samuelson est que δ est constant et positif ($\delta \in \mathbb{R}_+$). Un taux d'actualisation positif implique que l'individu a une préférence pour le présent. Un taux d'actualisation constant implique que les préférences temporelles sont les mêmes, quelle que soit la valeur de t à laquelle on se situe. Dans ce modèle, plus le taux d'actualisation est élevé, plus le facteur d'actualisation est faible, donc plus la préférence pour le présent est forte.

Ce modèle a fait l'objet de plusieurs estimations par le biais d'expériences en laboratoire (Coller et Williams, 1999 ; Harrison *et al*., 2002 ; Andersen *et al*., 2008 ; Andersen *et al*., 2014b). Cependant, l'hypothèse d'un taux d'actualisation constant est contestée. Thaler, en 1981, fut le premier à montrer, à travers une expérience simple, que le taux d'actualisation individuel a tendance à fortement diminuer lorsque la période du temps d'attente augmente. C'est une démonstration de ce qu'on appelle « l'inconsistance temporelle ». Ainsi, pour reprendre un exemple simple formulé dans Thaler (1981), si nous proposons à un individu de choisir entre :

- A1 : recevoir une pomme aujourd'hui ;
- A2 : recevoir deux pommes demain

Puis de choisir entre :

- B1 : recevoir une pomme dans un an
- B2 : recevoir deux pommes dans un an et un jour

Il apparaît alors que la plupart des individus auront tendance à préférer A1 à A2 et B2 à B1, ce qui va à l'encontre de l'hypothèse d'un taux d'actualisation subjectif constant.

Ainsi, d'autres modèles, basés sur un taux d'actualisation qui est variable dans le temps, ont été développés. Nous évoquons ici les modèles les plus couramment mobilisés dans la littérature.

1.3. La fonction d'actualisation quasi-hyperbolique

Le modèle d'actualisation quasi-hyperbolique (Phelps et Pollack, 1968 ; Elster, 1979 ; Laibson, 1997) se présente sous la forme suivante :

$$D(t) = \begin{cases} \dfrac{\beta}{(1+\delta)^t} & \text{si } t > 0 \\ 1 \; si \; t = 0 \end{cases} \qquad (3)$$

Avec $0 \leq \beta < 1$[18].

Notons $d(t) \in \mathbb{R}_+$ le taux d'actualisation tel que :

$$D(t) = \frac{1}{\big(1 + d(t)\big)^t} \qquad (4)$$

La valeur du taux d'actualisation pour un modèle d'actualisation quasi-hyperbolique est (Andersen *et al*., 2014a) :

[18] Si $\beta = 1$, nous retrouvons la forme exponentielle avec un taux d'actualisation constant dans le temps.

$$d(t) = \left[\frac{\beta}{(1+\ \delta)^t}\right]^{\left(-\frac{1}{t}\right)} - 1 \qquad (5)$$

Le taux d'actualisation tend vers l'infini si t tend vers 0, et tend vers δ lorsque t tend vers l'infini. Ainsi, la fonction quasi-hyperbolique traduit une forte préférence pour le présent. Nous parlons aussi de « biais pour le présent » ou encore de « coûts fixes » lorsqu'une utilité est actualisée par rapport au présent.

Un modèle plus général au modèle d'actualisation quasi-hyperbolique, appelé modèle avec coûts fixes, a été développé (Benhabib *et al*., 2010). Ce modèle propose un facteur d'actualisation qui se présente sous la forme suivante :

$$D(t) = \begin{cases} \beta[1-(1-\ \theta)\delta t]^{1/1-\theta} - \dfrac{b}{y_t} & \text{si } t > 0 \\ 1\ si\ t = 0 \end{cases} \qquad (6)$$

Avec y_t la valeur du gain en t, et $b \in \mathbb{R}_+^*$ représentant les coûts fixes liés à l'actualisation par rapport au présent. θ est un paramètre qui permet à cette fonction de prendre plusieurs formes. Ainsi, si :

- θ = 1 (et b = 0 et β =1), nous retrouvons la forme exponentielle
- θ = 2 (et b = 0 et β =1), nous retrouvons la forme quasi-hyperbolique.

1.4. La fonction d'actualisation hyperbolique

Soit α et $K \in \mathbb{R}_+$. La forme hyperbolique, proposée pour la première fois par Ainslie (1975), se présente ainsi :

$$D(t) = \frac{\alpha}{1+Kt} \qquad (7)$$

Le taux d'actualisation est alors :

$$d(t) = (1 + Kt)^{\left(\frac{1}{t}\right)} - 1 \quad (8)$$

La figure ci-dessous donne un exemple de l'actualisation d'une valeur au cours du temps en fonction de la forme du facteur d'actualisation (Laibson, 1997). Les valeurs des paramètres sont : $\delta = 0{,}97$ pour la forme exponentielle ; $\delta = 0{,}99$ et $\beta = 0{,}6$ pour la forme quasi-hyperbolique ; $\alpha = 10^5$ et $K = 5.10^3$:

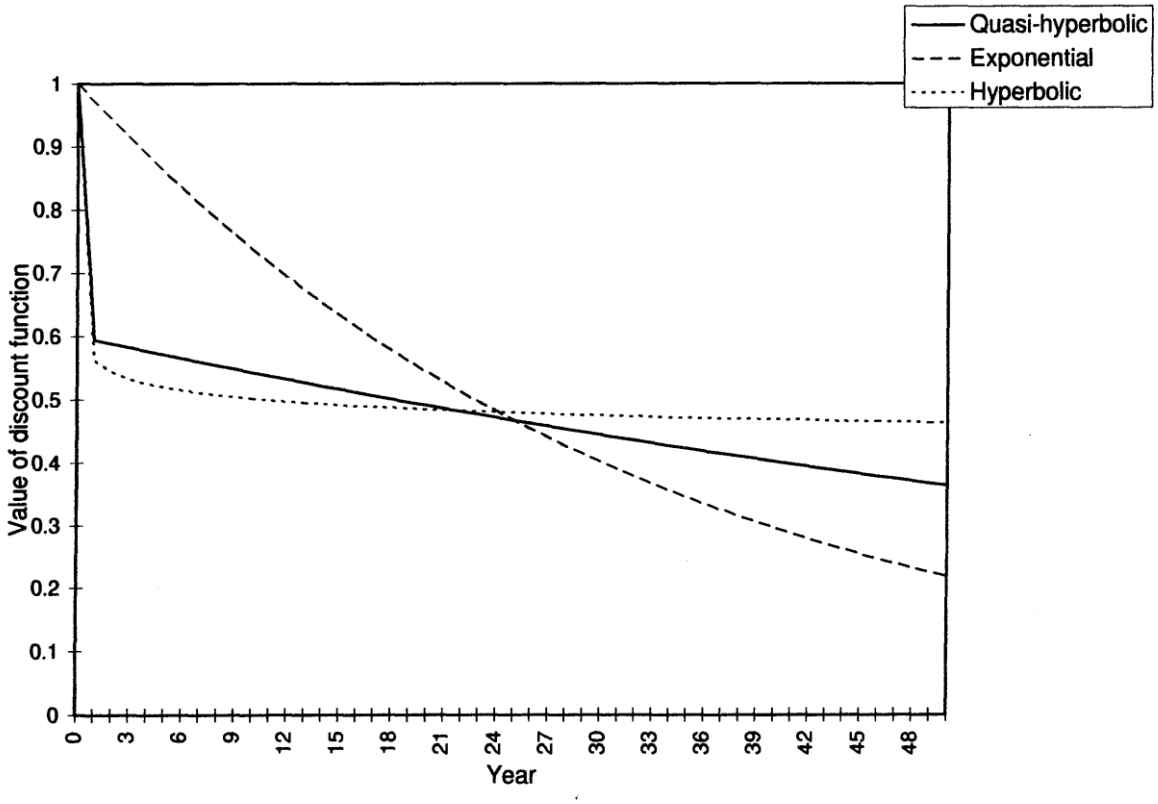


Figure 4: Fonctions d'actualisation (source : Laibson, 1997).

Nous observons que la différence majeure entre la forme exponentielle et les formes hyperbolique et quasi-hyperbolique réside dans l'existence d'un biais pour le présent chez ces dernières.

1.5. La fonction d'actualisation basée sur la distribution de Weibull

La fonction d'actualisation basée sur la distribution de Weibull se présente sous la forme suivante :

$$D(t) = \exp\left((-rt)^{\frac{1}{s}}\right) \tag{9}$$

Avec r et $s \in \mathbb{R}_+^*$.

Le paramètre s peut être vu comme la perception de l'écoulement du temps par l'individu (« *slowing down* » ou « *speeding up* »). Autrement dit, ce modèle ne propose pas un taux d'actualisation qui diffère avec le temps, mais une perception faussée (le temps subjectif) du temps futur (le temps objectif). Dans le cas où $s = 1$, le temps subjectif équivaut au temps objectif, on retrouve alors la fonction d'actualisation exponentielle, c'est-à-dire sans biais pour le présent. Si $s \neq 1$, le modèle implique l'existence d'un biais pour le présent, mais en proposant une explication alternative aux modèles hyperboliques et quasi-hyperboliques. Par exemple, la figure 5 ci-dessous nous montre une estimation expérimentale du temps subjectif des individus.

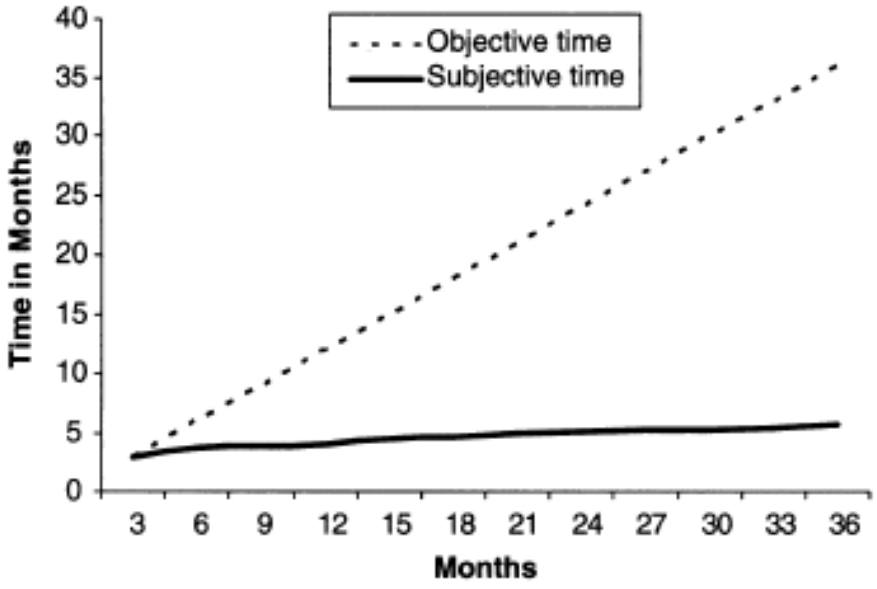


Figure 5 : Mesure expérimentale du temps subjectif (source : Zauberman *et al*., 2009).

2. Modèle de décision sans risque

L'objectif de notre modèle est d'étudier l'impact des préférences temporelles des agriculteurs sur l'efficacité des MAE, et d'étudier l'efficacité d'une mesure à paiement dégressif comparativement à celle d'une mesure à paiement fixe. Le critère d'efficacité qui sera utilisé ici est le paiement minimum permettant la souscription des agriculteurs. En usant d'un tel critère, nous pouvons alors comparer l'efficacité d'un dispositif de deux façons : soit en termes de budget nécessaire pour atteindre un certain objectif de taux de participation, soit en termes de taux de participation réalisable pour un certain objectif de budget. Nous nous mettons donc à la place du décideur public désireux d'atteindre ces objectifs.

Soit un agriculteur i qui prend la décision d'engager x_i hectares de son exploitation dans un contrat agro-environnemental, la période d'engagement allant de $t = 0$ à $t = 4$ ($t \in \mathbb{Z}_+$). En effet, nous faisons l'hypothèse que le temps est discret, car les gains et les coûts liés à la contractualisation d'une MAE sont perçus annuellement. De cette décision, l'agriculteur retire une utilité en t notée $U_i^t(x_i)$ et définie sur $\mathbb{R}$. L'utilité qu'il perçoit en t est actualisée, et le facteur d'actualisation suit une fonction d'actualisation subjective notée : $D_i(.)$ continue et dérivable sur $\mathbb{R}$. Ainsi, l'utilité totale $V_i(x_i)$ qu'il retire de cette décision est égale à la somme des valeurs actualisées de l'utilité qu'il en retire au temps t, soit :

$$V_i(x_i) = \sum_{t=0}^{4} D_i(t).U_i^t(x_i) \qquad (10)$$

2.1. La fonction d'actualisation

Une revue des estimations expérimentales effectuées montre que le facteur d'actualisation moyen des individus tend à croître fortement, dans un premier temps, lorsque l'horizon de temps augmente, mais qu'il se stabilise ensuite pour des horizons de temps supérieurs à un an (Frederick *et al*., 2002) (voir figure 6 ci-dessous).

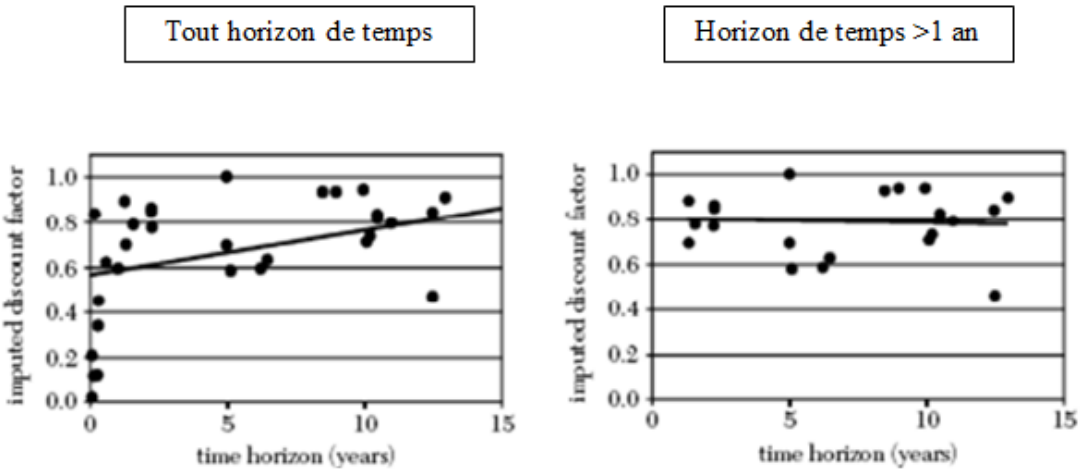


Figure 6 : Estimation expérimentale de la fonction d'actualisation (source : Frederick *et al.*, 2002).

Or, l'engagement dans une MAE se faisant sur 5 ans, et le premier montant étant perçu au bout de la première année, nous pouvons supposer que le taux d'actualisation de l'agriculteur, lorsqu'il prend la décision d'adopter une MAE, est stable dans le temps. C'est pourquoi nous faisons l'hypothèse que le facteur d'actualisation est une fonction d'actualisation exponentielle.

$$D_i(t) = \frac{1}{(1 + \delta_i)^t} \tag{11}$$

Avec $\delta_i \in \mathbb{R}_+$ le taux d'actualisation de l'agriculteur i, constant en tout t, et $D_i(.)$ définie et dérivable sur $\mathbb{R}_+$.

Nous faisons l'hypothèse que l'utilité que retire l'agriculteur en t est égale à son gain (ou sa perte) monétaire que nous notons $M_i^t(x_i)$.

$$U_i^t(x_i) = M_i^t(x_i) \tag{12}$$

Le gain (la perte) monétaire est égal(e) à la différence entre le paiement du contrat agro-environnemental $P^t(x_i)$ et les coûts liés à l'application de la mesure $C^t(x_i)$. Nous faisons ici l'hypothèse que les coûts d'application de la mesure sont homogènes : ils sont identiques pour chaque agriculteur et pour chaque hectare de l'exploitation de l'agriculteur. En outre, nous

ajoutons un revenu « extérieur » R que nous supposons fixe. Ce revenu « extérieur » correspond aux revenus de l'exploitation au temps initial. Les coûts estimés d'application des MAE intègrent, le cas échéant, le manque à gagner lié à l'application de la mesure. Cette diminution des revenus agricoles apparaît, dans notre modèle, dans la fonction $C^t(x_i)$.

$$M_i^t(x_i) = R + P^t(x_i) - C^t(x_i) \quad (13)$$

Ainsi, en remplaçant(11), (12) et (13) dans (10), nous obtenons :

$$V_i(x_i) = \sum_{t=0}^{4} \frac{1}{(1+\delta_i)^t} \left(R + P^t(x_i) - C^t(x_i)\right) \quad (14)$$

2.2. La fonction de paiement

La fonction de paiement du contrat actuel est une fonction linéaire du nombre d'hectares engagés. Soit $P_c^t(x_i)$ le paiement total accordé à l'année t à l'agriculteur i qui a contractualisé une surface x_i :

$$P_c^t(x_i) = p_c x_i \quad (15)$$

Avec $p_c \in \mathbb{R}_+$ une constante qui ne dépend pas de t, le paiement mis en place actuellement étant constant dans le temps.

Nous proposons une fonction de paiement alternative, qui serait dégressive avec le temps. Soit $P_d^t(x_i)$ le paiement dégressif attribué en t à l'agriculteur i qui a contractualisé une surface x_i :

$$P_d^t(x_i) = (p_d - bt)x_i \quad (16)$$

Avec p_d ; $b \in \mathbb{R}_+$ des constantes. p_d représente le montant par hectare attribué en $t = 0$, et b représente le degré de dégressivité du paiement.

Par ailleurs, nous supposons que, pour tout t, $P^t(x_i) \geq 0$. Autrement dit, le décideur public ne peut pas proposer un paiement négatif, c'est-à-dire imposer à l'agriculteur de payer sur certaines années du contrat. Cette contrainte suppose que :

$$\begin{cases} p_c \geq 0 \\ p_d \geq 4b \end{cases} \quad (17)$$

2.3. Les fonctions de coût

Pour établir le montant du paiement de chaque MAE, une estimation des coûts de chaque mesure a été réalisée à partir de données apportées par divers organismes institutionnels (FNCUMA, MAAF, etc.) et de recherche (INRA, etc.) (voir annexe 1 pour le détail sur la construction de ces fonctions). Nous l'avons vu précédemment, l'évolution du coût en fonction du temps diffère selon la mesure appliquée. L'objectif de notre travail étant d'étudier l'efficacité d'un paiement dégressif par rapport à un paiement fixe, en fonction du degré d'exigence de la mesure, nous avons étudié les estimations de coûts et sélectionné 4 mesures caractéristiques.

2.3.1. Fonction de coûts constante

Les mesures ayant pour objectif explicite de maintenir des pratiques existantes, telles que la mesure SHP, peuvent être caractérisées par le fait que le seul coût supporté par l'agriculteur est un éventuel manque à gagner sur le produit brut de l'exploitation. Les investissements nécessaires étant nuls, nous faisons l'hypothèse que les coûts sont constants d'une année à l'autre. Soit $C_1^t(x_i)$ le coût, en l'année t, que subit l'agriculteur i qui engage x_i hectares :

$$C_1^t(x_i) = c_1 x_i \quad (18)$$

Avec c_1 une constante strictement positive, représentant le coût estimé de l'engagement par hectare et par an à la mesure SHP.

2.3.2. Fonction de coûts décroissante

Certaines mesures sont caractérisées par des coûts qui diminuent d'une année à l'autre. Par exemple, la mesure « Linea_07 » engage les agriculteurs qui y souscrivent à réaliser l'entretien de mares et de plans d'eau situés sur leurs parcelles. Plus précisément, les agriculteurs s'engagent à faire établir, par une structure agréée, un plan de gestion dès la 1ère année, puis à mettre en place ce plan de gestion une fois durant les 5 années de la souscription. Faire établir le plan de gestion est plus coûteux que sa mise en place.

Ainsi, si nous supposons que l'agriculteur met en place le plan de gestion en $t = 0$, le sujet subira un coût décroissant. Soit $C_2^t(x_i)$ le coût, en l'année t, que subit l'agriculteur i qui engage x_i hectares :

$$C_2^t(x_i) = (c_2 - dt)x_i \tag{19}$$

Avec c_2 et d deux constantes strictement positives ; c_2 représente le coût par hectare en $t = 0$, et d représente le degré de dégressivité de la fonction de coûts. Nous supposons $4d \leq c_2$, ce qui implique que le coût d'application de la mesure par hectare en $t = 0$ soit non négatif.

2.3.3. Fonction de coûts avec coûts plus importants la 1ère année

Un certain nombre de mesures impliquent des coûts qui sont supérieurs la première année. Par exemple, la mesure « Couver_08 », qui vise à inciter les agriculteurs à améliorer la gestion des jachères, est caractérisée par des coûts de main-d'œuvre et d'achat de matériel liés à la mise en place du couvert herbacé la 1ère année, puis à un manque à gagner les années suivantes. Le coût estimé que subit l'agriculteur est légèrement supérieur la 1ère année (225,84€/ha) par rapport aux années suivantes (135,25€/ha). Soit $C_3^t(x_i)$ le coût, en l'année t, que subit l'agriculteur i qui engage x_i hectares :

$$C_3^t(x_i) = \begin{cases} ac_3x_i \; si \; t = 0 \\ c_3x_i \; si \; t > 0 \end{cases} \tag{20}$$

Avec : $1 < a < 2$, qui représente le coût supplémentaire lié à la mise en place du couvert herbacé, et c_3 une constante strictement positive représentant le coût d'entretien, par hectare, de ce couvert de $t = 1$ à $t = 4$.

2.3.4. Fonction de coûts se répercutant essentiellement la 1ère année

Certaines mesures impliquent des coûts qui se répercutent essentiellement la 1ère année. Par exemple, la mesure « Ouvert_01 », qui vise d'abord l'ouverture des milieux en déprise puis leur entretien. Dès la première année, un établissement du diagnostic et du programme des travaux doit être effectué par une structure agréée. Les travaux d'ouverture du milieu, exigent 29 heures de travail de main d'œuvre et l'achat d'un matériel spécifique. Tandis que les coûts sont très faibles les années suivantes grâce à un entretien du milieu moins coûteux et contrebalancé par les gains de fourrage réalisés. Dans un souci de simplification, nous supposerons que les coûts sont strictement nuls lorsque $t > 0$. Soit $C_4^t(x_i)$ le coût, en l'année t, que subit l'agriculteur i qui engage x_i hectares :

$$C_4^t(x_i) = \begin{cases} c_4 x_i \; si \; t = 0 \\ 0 \; si \; t > 0 \end{cases} \qquad (21)$$

Avec c_4 une constante strictement positive représentant les coûts de travaux d'ouverture, par hectare, qui ne sont effectifs que la 1ère année de la contractualisation.

2.4. Décision de l'agriculteur

L'agriculteur choisit de souscrire au contrat si l'utilité qu'il retire de cette décision est positive, c'est-à-dire, si :

$$W(x_i) = \sum_{t=0}^{4} \frac{1}{(1 + \delta_i)^t} \left(P^t(x_i) - C^t(x_i)\right) \geq 0 \qquad (22)$$

Dans l'équation (22) ci-dessus, nous avons soustrait R à $V_i(x_i)$, puisque ce montant est indépendant de la décision de souscrire.

Soit $y_i(x)$ la décision de souscrire qui est égale à 1 si cette décision est positive, et égale à 0 sinon :

$$y_i(x) = \begin{cases} 1 \; si \; W_i(x_i) \geq 0 \\ 0 \; si \; W_i(x_i) < 0 \end{cases} \quad (23)$$

Nous faisons l'hypothèse que les coûts de mise en application d'une mesure sont parfaitement homogènes sur l'ensemble des parcelles d'un même agriculteur. Ainsi, si l'utilité de l'agriculteur est positive pour la souscription d'une de ses parcelles, alors elle est positive pour la souscription de l'ensemble de ses parcelles. Donc, la décision de souscrire à une mesure implique la souscription de la mesure à l'ensemble de la surface d'exploitation de l'agriculteur[19].

2.5. Calcul de valeurs optimales des paiements en fonction du taux d'actualisation

L'objectif du décideur public est de proposer le paiement minimum permettant la souscription des agriculteurs. Un type de paiement est alors plus efficace qu'un autre si le paiement minimum permettant la souscription de tous les agriculteurs est plus faible. En effet, dans ce cas, le budget mobilisé pour un même taux de souscription est plus faible, donc l'efficacité est plus importante.

L'objectif du décideur public s'écrit :

$$Min \sum_{t=0}^{4} P^t(x_i) \quad (24)$$

Sous contrainte que :

(25)

[19] Nous supposons ici qu'il n'existe pas de restrictions, en termes de nombre d'hectares, sur l'engagement de l'agriculteur à une mesure. Nous supposons aussi qu'il n'existe pas de « concurrence » entre chaque mesure, c'est-à-dire que la souscription d'une parcelle à une mesure n'empêche pas la souscription de cette même parcelle à une autre mesure.

$$\sum_{t=0}^{4} \frac{1}{(1+\delta_i)^t} \left(P^t(x_i) - C^t(x_i)\right)$$

Nous faisons l'hypothèse que les agriculteurs ont des préférences temporelles homogènes. Nous avons :

$$\delta_i = \delta, \forall i$$

Ainsi, la décision de souscrire $y_i(x)$ prend une valeur identique pour tous les agriculteurs.

Afin de faciliter la lecture des résultats de notre modèle, nous prenons un exemple pour lequel les coûts totaux, sur les 5 années de la contractualisation, de toutes les fonctions de coûts, sont égaux à 50€ par hectare. Cette valeur arbitraire n'est pas réaliste mais nous permettra de comparer plus facilement les montants minimum nécessaires des paiements pour chaque fonction de coût.

Nous supposons ainsi :

$$C_1^t(x_i) = 10x_i$$

$$C_2^t(x_i) = (20 - 5t)x_i$$

$$C_3^t(x_i) = \begin{cases} 16{,}67x_i \; si \; t = 0 \\ 8{,}33x_i \; si \; t > 0 \end{cases}$$

$$C_4^t(x_i) = \begin{cases} 50x_i \; si \; t = 0 \\ 0 \; si \; t > 0 \end{cases}$$

Les figures 7 à 10 ci-dessous nous donnent ainsi le coût optimal de la mesure – c'est-à-dire le coût minimum permettant la contractualisation de l'agriculteur – en fonction de la valeur du taux d'actualisation (voir annexe 2 pour la résolution)[20].

[20] La résolution a été réalisée avec le logiciel de calcul mathématique SageMath.

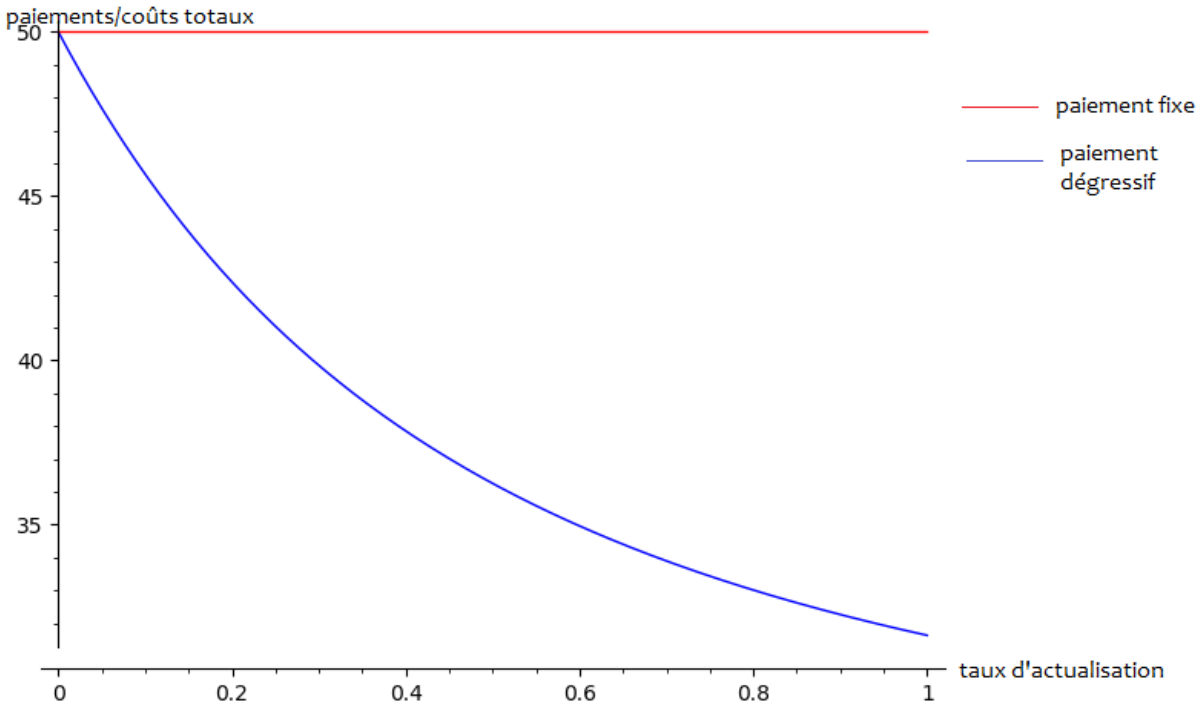


Figure 7 : Valeur optimale des paiements totaux en fonction du taux d'actualisation pour la mesure C_1

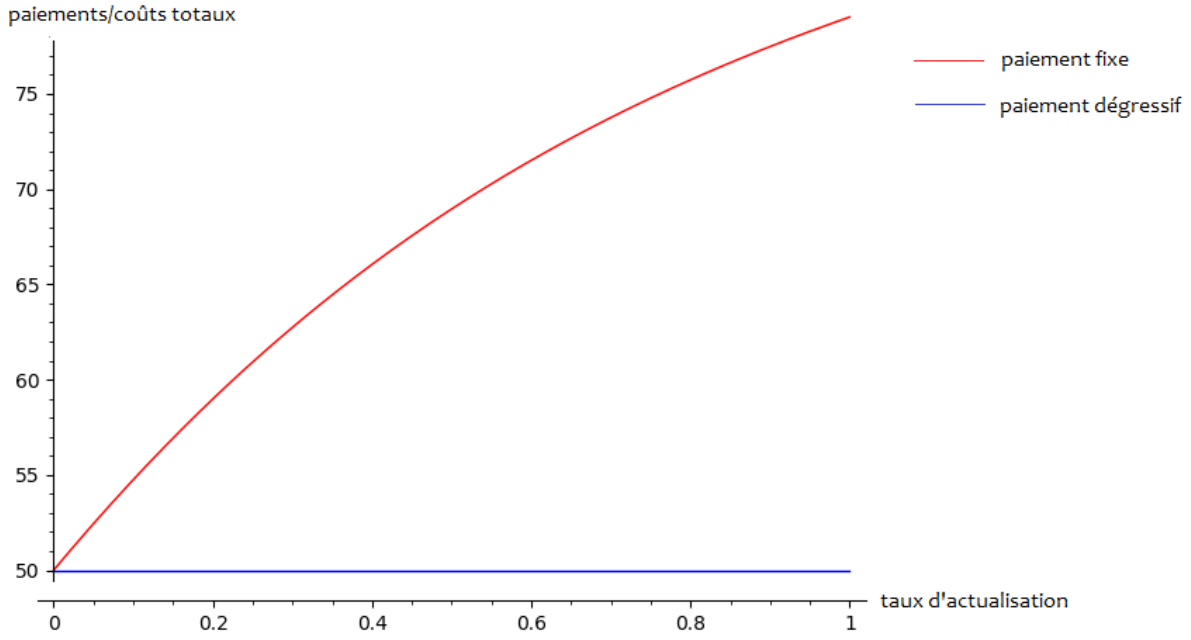


Figure 8 : Valeur optimale des paiements totaux en fonction du taux d'actualisation pour la mesure C_2

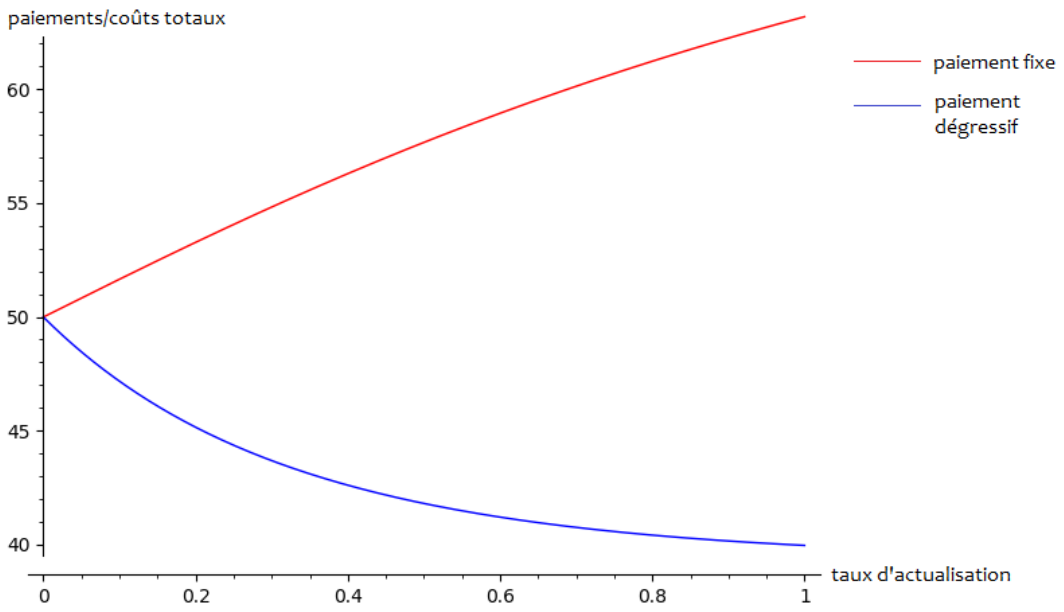


Figure 9 : Valeur optimale des paiements totaux en fonction du taux d'actualisation pour la mesure C_3

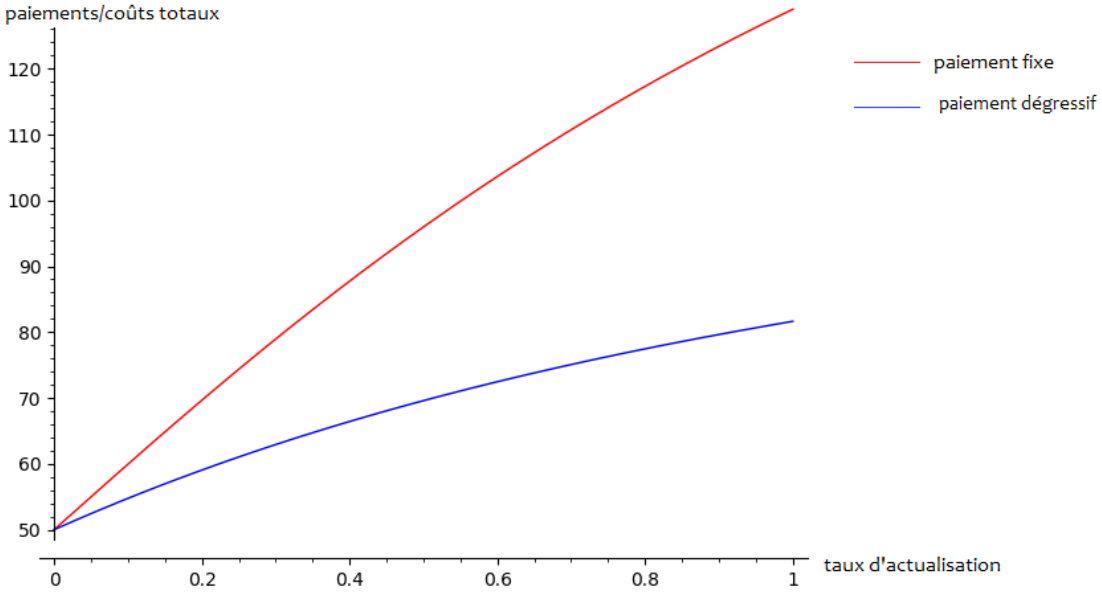


Figure 10 : Valeur optimale des paiements totaux en fonction du taux d'actualisation pour la mesure C_4

Au travers de ces quatre figures, nous pouvons tirer un certain nombre de conclusions de notre modèle sur l'efficacité respective des paiements fixes et dégressifs en fonction de la valeur du taux d'actualisation :

- Le paiement dégressif est aussi efficace qu'un paiement fixe dans le cas où les agriculteurs ont un taux d'actualisation nul, quelle que soit la mesure proposée. En effet, nous observons que, lorsque $\delta = 0$, la valeur du paiement fixe total est égale à la valeur du paiement dégressif total, pour toutes les mesures. Par ailleurs, pour un taux d'actualisation nul, la valeur minimale du paiement requis pour inciter les agriculteurs à souscrire est égale au total des coûts qu'ils subissent.

- Le paiement dégressif est plus efficace que le paiement fixe si le taux d'actualisation des agriculteurs est strictement positif, quelle que soit la mesure proposée. Effectivement, nous observons que le paiement minimum nécessaire pour qu'il y ait souscription des agriculteurs est inférieur lorsque la forme du paiement est dégressive.

- Lorsque le paiement est fixe et que les coûts ne sont pas fixes, un montant de paiement total équivalent au montant des coûts totaux ne permet pas de motiver la souscription de l'agriculteur si le taux d'actualisation de l'agriculteur est strictement positif.

- Plus le taux d'actualisation des agriculteurs est élevé, plus le paiement dégressif gagne en efficacité comparativement au paiement fixe.

Ainsi, le modèle que nous avons développé montre que la prise en compte du taux d'actualisation est nécessaire lorsque sont mis en place des contrats de type MAE. En effet, si l'actualisation des agriculteurs n'est pas nulle et que les coûts ne sont pas fixes, alors un paiement fixe, dont le montant correspond aux coûts estimés, ne permet pas la contractualisation des agriculteurs. Notre modèle permet ainsi d'expliquer la faible souscription des agriculteurs dans des mesures impliquant des investissements ponctuels à réaliser. Par ailleurs, nous observons que le paiement dégressif est plus efficace que le paiement fixe lorsque les coûts de mise en application de la mesure ne sont pas fixes.

Cependant, ce modèle repose sur l'hypothèse que les agriculteurs sont neutres face aux risques. Or, plusieurs études ont montré, d'une part que les agriculteurs présentent une aversion au risque (Bocqueho *et al.*, 2014 ; Bougherara *et al.*, 2017) et, d'autre part que le

niveau d'aversion au risque des agriculteurs influence leurs décisions, que ce soit dans le choix de pratiques agricoles (Liu et Huang, 2013 ; Serra *et al*., 2009), dans la décision d'adopter de nouvelles technologies (Barham *et al*., 2015) ou encore dans le choix de contrats de vente (Hu *et al*., 2015).

Il est donc nécessaire de ne pas éluder la question du risque induit par la contractualisation de MAE et de son impact dans la décision de l'agriculteur. C'est pourquoi, dans la partie suivante, nous reprenons le modèle développé dans cette partie, en y intégrant le facteur risque.

3. Le modèle de décision avec aversion au risque

Dans cette partie, nous définirons, dans un premier temps, les termes propres à l'analyse du risque dans le champ de l'économie. Ensuite, nous ferons une brève revue de littérature sur les diverses situations de risques auxquelles doivent faire face les agriculteurs, et les stratégies que ceux-ci adoptent afin de réduire les risques ou de se prémunir contre ces situations de risques. Enfin, nous présenterons les principales fonctions d'utilité intégrant le risque, avant de reformuler notre modèle de décision en y intégrant l'attitude des agriculteurs face au risque.

3.1. Définitions

Le risque peut être défini comme étant le produit entre une probabilité et une conséquence (Zinn, 2009), et dont les deux sont quantifiables. Une situation de risque doit être distinguée d'une situation d'ambiguïté, qui a lieu lorsque l'individu n'a pas une connaissance exacte des probabilités et/ou des conséquences sur son utilité. Par exemple, si nous proposons à un individu de piocher une boule dans un sac, et qu'il gagne 100€ s'il pioche une boule rouge :

– La situation est certaine si l'individu sait qu'il n'y a que des boules rouges dans le sac.
– La situation est risquée si l'individu sait exactement combien de boules sont rouges, et combien ne le sont pas.
– La situation est ambiguë si l'individu sait qu'il y a des boules rouges, et des boules non rouges, mais n'a pas une connaissance de la proportion exacte de boules de chaque couleur.

En situation de risque, l'individu dispose de l'information nécessaire pour estimer les probabilités d'occurrence. Cependant, il peut avoir une perception faussée de ces probabilités. Nous parlons alors de probabilités subjectives. Nous verrons plus tard dans quelles situations un individu peut avoir tendance à surestimer ou sous-estimer une probabilité d'occurrence.

L'attitude d'un individu envers le risque est définie comme étant la volonté qu'a cet individu de prendre des risques. Nous employons le terme d'aversion au risque si l'individu souhaite réduire le risque.

Ainsi, pour résumer, la décision d'un individu en situation risquée dépend à la fois de la situation de risque, de la capacité de l'individu à estimer correctement les probabilités de chaque occurrence, et de son attitude face au risque.

3.2. La gestion des risques en agriculture

Les agriculteurs font couramment face à des situations de risque. Quatre sources majeures de risque ont été définies (Moschiny et Hennessy, 2001) :

- L'incertitude sur la production, que ce soit en matière de quantité ou de qualité.
- L'incertitude sur le prix de la production.
- L'incertitude technologique : en fonction de l'avancement technologique, certains investissements réalisés peuvent rapidement devenir obsolètes.
- L'incertitude institutionnelle et sur les politiques mises en place.

Les agriculteurs, en particulier ceux qui ont une forte aversion au risque, peuvent alors faire appel à plusieurs techniques afin de réduire le risque auquel ils sont confrontés, que nous pouvons classer en trois catégories (OCDE, 2009) :

- <u>Réduire la probabilité d'occurrence de ces aléas.</u>

Le choix du niveau de consommation de pesticides par les agriculteurs peut être vu comme la résultante d'une stratégie visant à réduire la probabilité d'occurrence des aléas sur la quantité et la qualité de la production. En effet, il a été montré que les pesticides font diminuer le risque sur la production, et que les agriculteurs ayant une petite surface d'exploitation ont

tendance à utiliser plus intensivement les pesticides que les agriculteurs ayant une grande surface d'exploitation, car ces derniers peuvent compenser une mauvaise productivité sur une parcelle par une bonne productivité sur d'autres parcelles (Just et Zilberman, 1983). Une autre étude suggère que les agriculteurs, particulièrement ceux pratiquant une agriculture de subsistance, font un arbitrage entre le revenu espéré et le risque sur le revenu, l'un et l'autre diminuant si la consommation de pesticides augmente (Knight *et al*., 2003). Ainsi, plus l'aversion au risque d'un agriculteur est forte, plus sa consommation de pesticides est élevée (Liu et Huang, 2013 ; Gong *et al*., 2016). Néanmoins, cette relation entre aversion au risque et consommation de pesticides n'est observée que chez les agriculteurs pratiquant une agriculture de subsistance (*ibid*., 2016).

- Réduire l'impact des aléas.

De nombreuses études analysent la diversification et la rotation des cultures comme une stratégie visant à réduire le risque. En effet, la diversification des cultures permet de réduire l'impact, sur les revenus de l'exploitation, d'un aléa négatif sur la production d'un certain type de culture. Une autre méthode pour réduire l'impact des aléas sur les revenus est de réduire la part des revenus du foyer soumis à des aléas, donc en accroissant la part de revenus extra-agricoles. Ainsi, il a été montré que la décision de part de revenus extra-agricoles est liée à l'attitude face au risque des agriculteurs (Djurfeldt, 2012).

- Adopter des stratégies permettant de contrebalancer l'impact négatif des aléas.

Afin de se prémunir d'impacts négatifs liés à des aléas, l'agriculteur peut souscrire à une assurance sur sa production. Plusieurs études ont observé le lien entre aversion au risque et souscription d'assurances couvrant les agriculteurs en cas d'aléas climatiques (Cole et Xiong, 2017 ; Lyu et Barré, 2017). Par exemple, plus l'aversion au risque d'un agriculteur est élevée, plus sa propension à payer pour une assurance est élevée (Lyu et Barré, 2017). Par ailleurs, il a été montré que les agriculteurs spécialisés dans un type de production souscrivent plus ces contrats d'assurances que les agriculteurs en production mixte (Meuwissen *et al*., 2001). En effet, pour reprendre notre typologie d'actions possibles, un agriculteur en production mixte réduit l'impact du risque tandis qu'un agriculteur spécialisé, ne pouvant réduire cet impact, a un besoin plus important de souscrire à un contrat d'assurance afin de contrebalancer les dommages causés par le risque.

Ainsi, les décisions d'agriculteurs en matière de stratégies pour se prémunir du risque dépendent à la fois du type de risque auquel les agriculteurs font face, de leur perception du risque, et de leur attitude face au risque. Il est donc nécessaire de définir plus précisément le risque auquel l'agriculteur peut être confronté lorsqu'il prend la décision de contractualiser une MAE. Pour cela il faut, dans un premier temps, passer en revue les principaux modèles économiques de comportement des individus face au risque.

3.3. Modélisation du risque

Dans cette partie, nous passons en revue les deux principales théories faisant consensus dans le domaine de modélisation des décisions des individus en situation risquée : le modèle d'Utilité Espérée (ou *Expected Utility* (EU)) et le modèle de la Théorie des Perspectives (ou *Prospect Theory* (PT)).

3.3.1. Le modèle d'Utilité Espérée et ses variantes

Soit un ensemble fini de conséquences possibles : $X = x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x$ associé à un ensemble fini de probabilités d'occurrences : $P = p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p$. P est l'ensemble des fonctions $p : X \to [0,1]$ telles que $\sum_{x \in X} p(x) = 1$.

Le modèle de l'Utilité Espérée, développé par von Neumann et Morgenstern (1947) se présente ainsi :

$$EU(P) = \sum_{x \in X} p(x)u(x)\,, \forall p \in P \tag{26}$$

Soit :

$$EU(x) = p(x)u(x) \tag{27}$$

La fonction d'utilité $u(.)$ est définie et doublement dérivable sur $\mathbb{R}$ et elle est supposée concave. La concavité de la fonction d'utilité implique :

$$u\big(E(P)\big) > E\big(u(P)\big) \tag{28}$$

Par exemple, pour une loterie $X = \{x_1, p_1 x_2, p_2\}$:

$$u(p_1 x_1 + p_2 x_2) > p_1 u(x_1) + p_2 u(x_2) \tag{29}$$

Cela signifie que l'utilité associée à la moyenne des gains de la loterie est supérieure à la moyenne des utilités de chaque gain. Dit autrement, pour un gain moyen équivalent, l'individu préfère la situation certaine à la situation risquée. En ce cas, la fonction d'utilité $u(.)$ traduit une aversion au risque de l'individu. Des fonctions d'utilité linéaires et convexes traduisent, respectivement, une neutralité et un goût pour le risque. Ainsi, dans le chapitre précédent, en supposant $u(x) = x$, nous faisions l'hypothèse implicite que les sujets sont neutres devant le risque.

Les deux mesures de référence de l'aversion au risque sont les coefficients absolu et relatif d'aversion au risque (Pratt, 1964).

Notons $A(x)$ le coefficient absolu d'aversion au risque pour un évènement x :

$$A(x) = -\frac{u''(x)}{u'(x)}$$

Avec u' et u'' respectivement les dérivées premières et secondes de la fonction d'utilité.

Notons $R(x)$ le coefficient relatif d'aversion au risque pour un évènement x :

$$R(x) = -\frac{u''(x)x}{u'(x)}$$

Nous supposons un coefficient relatif d'aversion au risque constant. En effet, un coefficient relatif d'aversion au risque constant implique un coefficient absolu d'aversion au risque décroissant, ce qui est cohérent avec la littérature rejetant un coefficient absolu qui serait

croissant ou constant (Chavas et Holt, 1996). Nous parlons alors de fonction *Constant Relative Risk Aversion* (CRRA). Un exemple de fonction CRRA est :

$$u(x) = x^{1-r} \tag{30}$$

Avec $R(x) = r, \forall x$

Le modèle EU a rapidement été l'objet de critiques, notamment avec le paradoxe d'Allais (1953) qui a montré que l'axiome de transitivité des préférences, sur lequel repose le modèle EU, n'est, en pratique, quasiment jamais vérifié. Ainsi, d'autres modèles alternatifs ont été proposés par la suite, afin de mieux rendre compte de la réalité des comportements (Starmer, 2000). Le principal modèle alternatif proposé est le modèle de la Théorie des Perspectives.

3.3.2. Le modèle de la Théorie des Perspectives

Développée par Kahneman et Tversky (1972), la PT se différencie de l'EU sur deux domaines :

- Les probabilités d'évènements sont distordues : les individus ne prennent pas leurs décisions sur la base de probabilités objectives, mais sur des probabilités subjectives. Ils ont, en effet, une vision faussée des probabilités réelles.

- Le niveau d'aversion au risque diffère selon que l'évènement est un gain ou une perte. L'individu ne définit pas le gain et la perte de façon absolue, mais par rapport à un point de référence.

Ainsi, nous pouvons noter la fonction d'utilité associée à un évènement x de la façon suivante :

$$u(x) = \begin{cases} x^{\alpha} \; si \; x - x_0 \geq 0 \\ -\lambda(-x)^{\alpha} \; si \; x - x_0 < 0 \end{cases} \tag{31}$$

Avec x_0 la valeur de référence définie par l'individu, $\alpha \in \mathbb{R}_+$ le paramètre de concavité de la fonction d'utilité, et $\lambda \in \mathbb{R}_+$ le paramètre d'aversion aux pertes.

Notons aussi $\Psi : p \to [0,1]$ la fonction de distorsion des probabilités :

$$\Psi(p) = \begin{cases} \dfrac{p^{\gamma^+}}{\left[p^{\gamma^+} + (1-p)^{\gamma^+}\right]^{1/\gamma^+}} \; si \; x - x_0 \geq 0 \\ \dfrac{p^{\gamma^-}}{[p^{\gamma^-} + (1-p)^{\gamma^-}]^{1/\gamma^-}} \; si \; x - x_0 < 0 \end{cases} \quad (32)$$

Les paramètres $\gamma \in \mathbb{R}_+$ représentent la forme de distorsion des probabilités. γ^+ concerne les gains et γ^- concerne les pertes. $\gamma < 1$ implique que l'individu surestime les faibles probabilités et sous-estime les fortes probabilités, et inversement si $\gamma > 1$.

Notons que si $\lambda = \gamma^+ = \gamma^- = 1$, alors nous retrouvons la fonction d'espérance d'utilité. La figure ci-dessous représente l'estimation des probabilités subjectives des individus pour le domaine des gains par Tversky et Kahneman (1992). Les auteurs trouvent ainsi que les sujets ont tendance à surestimer les faibles probabilités et sous-estimer les fortes probabilités[21].

[21] Les auteurs obtiennent un résultat semblable pour le domaine des pertes.

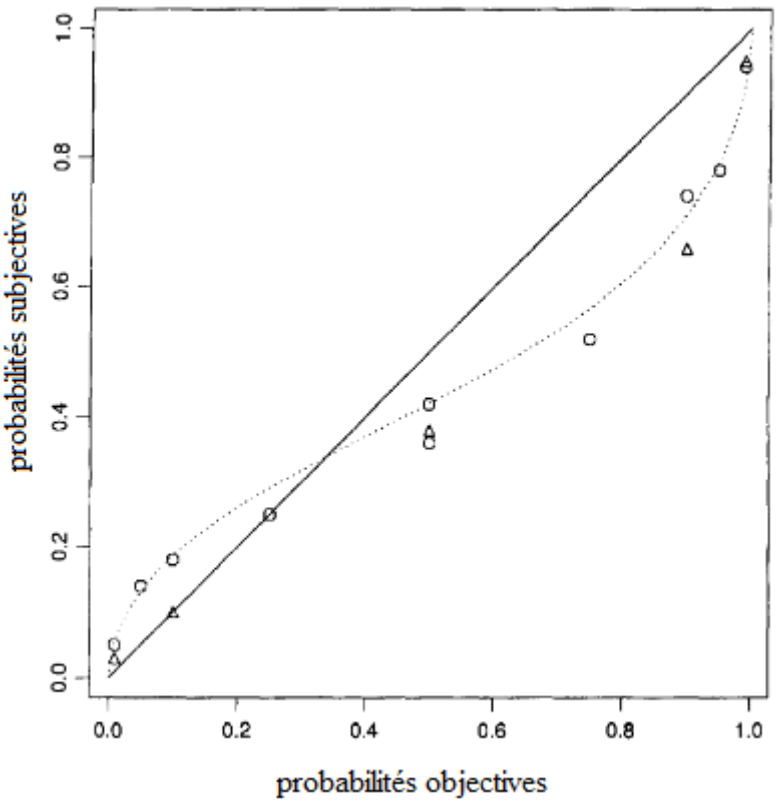


Figure 11 : Représentation des probabilités subjectives des sujets (en pointillés) par rapport aux probabilités objectives, dans le domaine des gains (source : Tversky et Kahneman, 1992).

En associant (31) et (32), nous obtenons la fonction de décision suivante :

$$PT(x) = \begin{cases} \Psi(p)x^{\alpha} \; si \; x \; - \; x_0 \geq 0 \\ \Psi(p)(-\lambda(-x)^{\alpha}) \; si \; x \; - \; x_0 < 0 \end{cases} \qquad (33)$$

3.3.3. Estimation de l'attitude face au risque des agriculteurs

De nombreuses recherches ont étudié quel type de modèle d'aversion au risque est le plus proche du comportement réel des agriculteurs. Ainsi, il a été montré que la théorie de l'EU ne permet pas d'expliquer la décision des agriculteurs sur la part de leur production couverte par assurance (Du *et al*., 2014), tandis que la PT montre des résultats bien plus satisfaisants (Babcock, 2015). En effet, bien que les revenus futurs potentiels soient positifs avec

souscription de l'assurance, si ceux-ci sont plus faibles qu'un revenu de référence[22], alors les revenus sont vus par l'agriculteur comme une perte. Or, son attitude face à cette perte potentielle diffère de son attitude face à un gain potentiel, ce qui correspond à l'hypothèse de la PT (Eckles et Wise, 2013).

L'existence d'un revenu qui sert de référence pour déterminer si le revenu potentiel en situation risquée est un gain ou une perte est établie aussi dans le cas des contrats de vente. Prenons deux types de contrats différents : un contrat consistant en un prix de base faible, auquel s'ajoutent des bonus si les performances de production sont bonnes, et un contrat avec un prix de base élevé, mais avec une exigence de production très élevée et des malus s'appliquant si l'agriculteur ne satisfait pas cette exigence. Pour un même niveau de production et même niveau de prix final, l'agriculteur préfère le premier contrat. En effet, le prix de référence pour l'agriculteur est le prix de base. Les malus sont alors perçus comme des pertes, et les bonus comme des gains. Or, l'aversion au risque de l'agriculteur est plus élevée si cela s'applique à des pertes (Just et Wu, 2005). En outre, d'autres études montrent que les agriculteurs donnent un poids jusqu'à deux fois plus important aux pertes qu'aux gains, ce qui va dans le sens de la PT (Bocqueho *et al*., 2014 ; Bougherara *et al*., 2017).

Par ailleurs, il a été montré que les agriculteurs ont tendance à distordre les probabilités réelles (Harrison *et al*., 2010 dans Bocqueho 2014). Ainsi, dans une étude ne considérant que des gains, 70% des sujets distordent les probabilités et leurs décisions se rapprochent ainsi plus des prédictions de la PT, tandis que les 30% restant voient leurs décisions expliquées par la EU (Galarza, 2009). Cependant, il a été observé que l'égalité des coefficients de distorsion des probabilités (*i.e.* l'hypothèse $\gamma^+ = \gamma^-$) ne peut être rejetée qu'à un seuil de confiance de 0,1 pour une population d'agriculteurs (Bougherara *et al*., 2017). Dans un souci de simplification, nous considérerons alors que : $\gamma = \gamma^+ = \gamma^-$.

3.4. Le modèle de décision avec intégration du risque

Reprenons le modèle développé précédemment dans ce chapitre. Soit un agriculteur i qui prend la décision d'engager x_i hectares de son exploitation dans un contrat agro-environnemental, la période d'engagement allant de $t = 0$ à $t = 4$.

[22] Voir Babcock (2015) pour une discussion sur la détermination de ce revenu de référence.

De cette décision, l'agriculteur en retire une utilité en t notée : $U'^{t}_{i}(x_i)$. L'utilité qu'il perçoit en t est actualisée, et le facteur d'actualisation suit une fonction d'actualisation subjective notée : $D_i(.)$, continue et dérivable sur $\mathbb{R}$.

Ainsi, l'utilité totale $V'_i(x_i)$ qu'il retire de cette décision est égale à la somme des valeurs actualisées de l'utilité qu'il en retire au temps t, soit :

$$V'_i(x_i) = \sum_{t=0}^{4} D_i(t) U'^{t}_{i}(x_i) \tag{34}$$

3.4.1. La fonction d'utilité

Nous supposons que le changement de pratiques implique un risque dans les revenus de l'agriculteur, qui se traduit par une incertitude sur le montant des coûts d'application de la mesure et/ou du manque à gagner sur la production, donc sur la valeur de $C'^{t}(x_i)$.

Nous supposons que, pour toute mesure, les coûts peuvent prendre deux valeurs différentes : une valeur « basse » $C^{Bt}(x_i)$ et une valeur « haute » $C^{Ht}(x_i)$, chaque valeur étant associée à une probabilité, respectivement p^B et p^H, avec $p^H = 1 - p^B$. En outre, la valeur est haute (basse) sur les cinq années de la contractualisation.

Soit $M'^{t}_{i}(x_i)$ la fonction correspondant au gain (perte) monétaire égal(e) à la différence entre le paiement du contrat agro-environnemental $P^t(x_i)$ et les coûts liés à l'application de la mesure $C'^{t}(x_i)$. Nous avons alors :

$$M'^{t}_{i}(x_i) = \begin{cases} P^t(x_i) - C^{Bt}(x_i) \; avec \; une \; probabilité \; de \; p^B \\ P^t(x_i) - C^{Ht}(x_i) \; avec \; une \; probabilité \; de \; p^H \end{cases} \tag{35}$$

Suivant les conclusions qui se dégagent de notre revue de littérature, nous faisons l'hypothèse que l'agriculteur possède une aversion au risque et que le modèle PT est le modèle actuel qui convient le mieux pour représenter l'attitude des agriculteurs en situation de risque (Babcock, 2015).

Nous supposons donc que la fonction d'utilité ${U'}_i^t(x_i)$ est de la forme suivante :

$$ {U'}_i^t(x_i) = \sum_p \Psi(p) u\left({M'}_i^t(x_i)\right) \tag{36} $$

Avec $u(.)$ la fonction d'utilité associée à la valeur du gain/perte monétaire et $\Psi(p)$ la fonction de probabilités subjectives.

Nous supposons que la fonction d'utilité $u(.)$ est concave et que le poids accordé aux pertes dans l'utilité de l'agriculteur est plus important (Bougherara *et al.*, 2017). Il existe un vaste débat sur la définition du revenu de référence à partir duquel sont définis les pertes et les gains (Babcock, 2015). Ici, nous considérons que le revenu de référence est le revenu que l'agriculteur reçoit s'il ne modifie pas ses pratiques, *i.e.* s'il ne s'engage pas dans une MAE. Ainsi, il y a perte si, en t :

$$ P^t(x_i) < C^t(x_i) $$

Nous avons donc la fonction d'utilité suivante :

$$ u\left({M'}_i^t(x_i)\right) = \begin{cases} {M'}_i^t(x_i)^\alpha \ si\ P^t(x_i) \geq C'^t(x_i) \\ -\lambda\left(-{M'}_i^t(x_i)^\alpha\right) si\ P^t(x_i) < C'^t(x_i) \end{cases} \tag{37} $$

Avec α le coefficient d'aversion au risque de l'agriculteur et $\lambda > 0$ le poids accordé aux pertes.

Nous l'avons vu précédemment, d'après la PT sur laquelle se base notre modèle de décision, les agriculteurs ont une vision déformée des probabilités objectives des évènements. Nous avons ainsi :

$$ \Psi(p) = \frac{p^\gamma}{[p^\gamma + (1-p)^\gamma]^{1/\gamma}} \tag{38} $$

Nous fixons la valeur de γ à 0,8. Pour cela, nous nous appuyons sur les estimations d'études précédentes réalisées sur des populations d'agriculteurs en France (Bocqueho *et al.*, 2014 ;

Bougherara *et al*. 2017). La figure 12 ci-dessous nous donne la valeur des probabilités subjectives des agriculteurs en fonction des probabilités objectives.

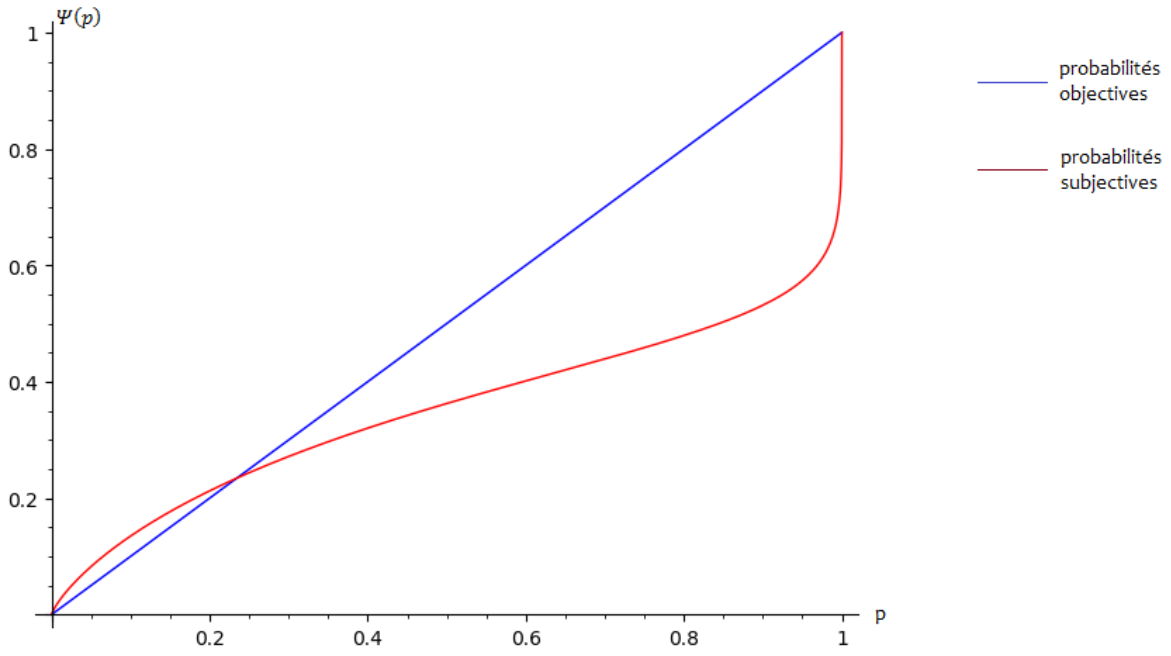


Figure 12 : Valeurs des probabilités subjectives en fonction des probabilités objectives pour $\gamma = 0{,}8$.

Comme sur la figure 11, nous retrouvons que les agriculteurs surestiment les faibles probabilités et sous-estiment les fortes probabilités.

Nous avons ainsi :

$$U'^{t}_{i}(x_i) = \begin{cases} \sum_{p} \frac{p^{\gamma}}{[p^{\gamma} + (1-p)^{\gamma}]^{1/\gamma}} M'^{t}_{i}(x_i)^{\alpha} \ si\ P^{t}(x_i) \geq C'^{t}(x_i) \\ \sum_{p} \frac{p^{\gamma}}{[p^{\gamma} + (1-p)^{\gamma}]^{1/\gamma}} (-\lambda)\left(-M'^{t}_{i}(x_i)^{\alpha}\right) si\ P^{t}(x_i) < C'^{t}(x_i) \end{cases}$$

3.4.2. Les fonctions de coûts

Nous avons vu que, dans cette nouvelle version du modèle, les coûts induits par un changement de pratiques peuvent prendre deux valeurs. Nous devons redéfinir chaque fonction de coûts.

3.4.2.1. Fonction de coûts constante

Les mesures ayant pour objectif explicite de maintenir des pratiques existantes, telles que la mesure SHP, peuvent être caractérisées par le fait que le seul coût supporté par l'agriculteur est un éventuel manque à gagner sur le produit brut de l'exploitation. Il n'y a pas d'investissements à réaliser et pas de changement sur la production, donc pas de risque sur les revenus induit par l'adoption de ce type de mesure. Ainsi, nous avons :

$$C'^{t}_{1}(x_i) = c_1 x_i$$

Avec c_1 une constante strictement positive.

3.4.2.2. Fonction de coûts décroissante

Certaines mesures sont caractérisées par des coûts qui diminuent d'une année à l'autre. Par exemple, la mesure « Linea_07 » engage les agriculteurs qui y souscrivent à réaliser l'entretien de mares et de plans d'eau situés sur leurs parcelles. Plus précisément, les agriculteurs s'engagent à faire établir, par une structure agréée, un plan de gestion dès la 1ère année, puis à mettre en place ce plan de gestion une fois durant les 5 années de la souscription. Le contenu du plan de gestion est donc variable d'une exploitation à une autre. Notamment, il peut inclure ou non la nécessité de créer ou agrandir une pente douce, de mettre en place une lutte naturelle contre de potentielles espèces envahissantes, ou encore de réaliser une végétalisation des berges.

Ainsi, nous émettons l'hypothèse qu'il existe un risque, pour l'agriculteur, que les coûts de mise en place de la mesure soient plus élevés ou plus faibles que les coûts estimés par le décideur public.

Nous avons :

$$C'^{t}_{2}(x_i) = \begin{cases} (c_2^H - d^H t)x_i \; avec \; une \; probabilité \; p_2^H \\ (c_2^B - d^B t)x_i \; avec \; une \; probabilité \; p_2^B \end{cases} \quad (39)$$

Avec c_2^H, c_2^B et d trois constantes strictement positives ; $c_2^H > c_2^B$; $4d^H \leq c_2^H$ et $4d^B \leq c_2^B$.

Nous faisons l'hypothèse qu'en moyenne les coûts réels sont égaux aux coûts estimés. Ainsi :

$$p_2^H C'^{Ht}_2(x_i) + p_2^B C'^{Bt}_2(x_i) = C^t(x_i) \quad (40)$$

3.4.2.3. Fonction de coûts avec coûts plus importants la 1ère année

Un certain nombre de mesures impliquent des coûts qui sont supérieurs la première année. Par exemple, la mesure « Couver_08 », qui vise à inciter les agriculteurs à améliorer la gestion des jachères, est caractérisée par des coûts de main d'œuvre et d'achat de matériel liés à la mise en place du couvert herbacé la 1ère année, puis à un manque à gagner les années suivantes. Le coût estimé que subit l'agriculteur est légèrement supérieur la 1ère année (225,84€/ha) par rapport aux années suivantes (135,25€/ha). Ce coût est estimé sur la base d'une perte de production sur un assolement moyen régional pour les parcelles les moins productives. En outre, la nature du couvert est variable d'une exploitation à une autre (cultures annuelles, mélanges graminées, légumineuses, etc.). La perte de production et le coût d'entretien sont donc variables d'une exploitation à une autre. Nous supposons que l'agriculteur n'est pas en mesure de déterminer précisément, à l'avance, le coût réel qu'implique son engagement dans cette mesure, et qu'il existe donc un risque sur le montant de ce coût. Nous pouvons alors représenter la fonction de coûts ainsi :

$$C'^{t}_3(x_i) = \begin{cases} ac_3^H x_i \; si \; t = 0 \\ c_3^H x_i \; si \; t > 0 \end{cases} \quad avec \; une \; probabilité \; p_3^H \quad (41)$$

$$C'^{t}_3(x_i) = \begin{cases} ac_3^B x_i \; si \; t = 0 \\ c_3^B x_i \; si \; t > 0 \end{cases} \quad avec \; une \; probabilité \; p_3^B \quad (42)$$

Avec : $1 < a < 2$, c_3^H et c_3^B deux constantes strictement positives.

Nous faisons l'hypothèse qu'en moyenne les coûts réels sont égaux aux coûts estimés. Ainsi :

$$p_3^H C'^{Ht}_3(x_i) + p_3^B C'^{Bt}_3(x_i) = C^t(x_i) \quad (43)$$

3.4.2.4. Fonction de coûts se répercutant essentiellement la 1ère année

Certaines mesures impliquent des coûts qui se répercutent essentiellement la 1ère année. Par exemple, la mesure « Ouvert_01 », qui vise d'abord l'ouverture des milieux en déprise puis leur entretien. Dès la première année, un établissement du diagnostic et du programme des travaux doit être effectué par une structure agréée. Or, le programme des travaux d'ouverture à effectuer la première année est variable d'une exploitation à une autre. Les variations concernent aussi bien le taux d'ouverture minimum à atteindre sur la parcelle que les techniques à employer pour l'ouverture (broyage au sol ou débroussaillage manuel). Il existe donc un risque, pour l'agriculteur, concernant les coûts de mise en œuvre de ce programme sur la première année de la contractualisation. Les années suivantes, les coûts sont très faibles grâce à un entretien du milieu moins coûteux et contrebalancé par les gains de fourrage réalisés. Dans un souci de simplification, nous supposerons que les coûts sont strictement nuls lorsque $t > 0$. Ainsi nous avons :

$$C'^{t}_4(x_i) = \begin{cases} c_4^H x_i \; si \; t = 0, avec \; une \; probabilité \; p_4^H \\ c_4^B x_i \; si \; t = 0, avec \; une \; probabilité \; p_4^B \\ 0 \; si \; t > 0 \end{cases} \quad (44)$$

Avec c_4^H et c_4^B deux constantes strictement positives, $c_4^H > c_4^B$.

Nous faisons l'hypothèse qu'en moyenne les coûts réels sont égaux aux coûts estimés. Ainsi :

$$p_4^H C'^{Ht}_4(x_i) + p_4^B C'^{Bt}_4(x_i) = C^t(x_i) \quad (45)$$

3.4.3. Décision de l'agriculteur

L'agriculteur choisit de souscrire au contrat si l'utilité qu'il retire de cette décision est strictement positive.

Son utilité est :

$$V'_i(x_i) = \sum_{t=0}^{4} D_i(t).\, U'^{t}_i(x_i) \tag{46}$$

Soit :

$$V'_i(x_i) = \sum_{t=0}^{4} \sum_{p} D_i(t) \Psi(p) u\left(M'^{t}_i(x_i)\right) \tag{47}$$

Soit $y_i(x)$ la décision de souscrire qui est égale à 1 si cette décision est positive, et égale à 0 sinon :

$$y_i(x) = \begin{cases} 1 \; si \; V'_i(x) \geq 0 \\ 0 \; si \; V'_i(x) < 0 \end{cases}$$

Les coûts de mise en application d'une mesure étant supposément homogènes, la décision de souscrire à une mesure implique la souscription de la mesure à l'ensemble de la surface d'exploitation de l'agriculteur.

3.4.4. Calcul de valeurs optimales des paiements en fonction du taux d'actualisation

Comme dans la partie 2.5, l'objectif du modèle est d'estimer le paiement minimum qui permet la souscription d'un maximum d'agriculteurs.

Nous faisons l'hypothèse que les agriculteurs ont des préférences temporelles homogènes. Nous avons :

$$\delta_i = \delta, \forall i$$

Ainsi, la décision de souscrire $y_i(x)$ prend une valeur identique pour tous les agriculteurs.

Afin de faciliter la lecture des résultats de notre modèle, nous établissons les valeurs de p^H à 1/3 et de p^B à 2/3 pour toutes les fonctions de coûts. Ce postulat peut se justifier par le fait que Afin de respecter les égalités $p^H C'^{Ht}(x_i) + p^B C'^{Bt}(x_i) = C^t(x_i)$, nous établissons :

$$\sum_{t=0}^{4} C'^{Ht}(x_i) = 2\sum_{t=0}^{4} C^t(x_i)$$

Et :

$$\sum_{t=0}^{4} C'^{Bt}(x_i) = \frac{1}{2}\sum_{t=0}^{4} C^t(x_i)$$

Nous avons ainsi :

$$C_1^t(x_i) = 10x_i$$

$$C'^t_2(x_i) = \begin{cases} (40 - 10t)x_i \; avec\ une\ probabilité\ de\ 0{,}33 \\ (10 - 2{,}5t)x_i \; avec\ une\ probabilité\ de\ 0{,}67 \end{cases}$$

$$C'^t_3(x_i) = \begin{cases} 33{,}33x_i \; si\ t = 0 \\ 16{,}67x_i \; si\ t > 0 \end{cases} \quad avec\ une\ probabilité\ de\ 0{,}33$$

$$C'^t_3(x_i) = \begin{cases} 8{,}33x_i \; si\ t = 0 \\ 4{,}17x_i \; si\ t > 0 \end{cases} \quad avec\ une\ probabilité\ 0{,}6$$

$$C'^t_4(x_i) = \begin{cases} 100x_i \; si\ t = 0, avec\ une\ probabilité\ de\ 0{,}33 \\ 25x_i \; si\ t = 0, avec\ une\ probabilité\ de\ 0{,}67 \\ 0 \; si\ t > 0 \end{cases}$$

Les figures 13 à 16 ci-dessous nous donnent ainsi le coût optimal de la mesure — c'est-à-dire le paiement minimum permettant la contractualisation de l'agriculteur — en fonction des valeurs du taux d'actualisation, de α et de λ :

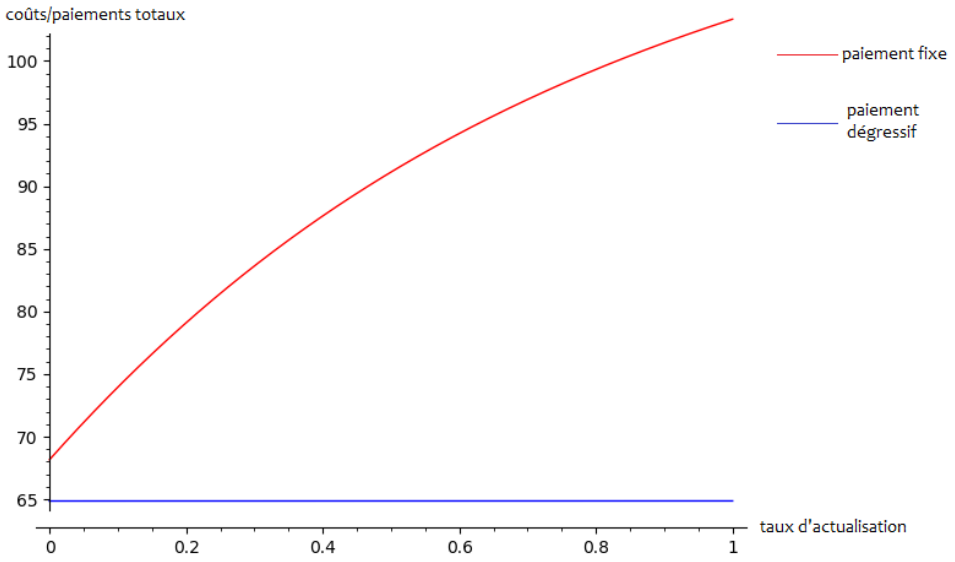


Figure 13 : Valeur optimale des paiements totaux en fonction du taux d'actualisation pour la mesure $\boldsymbol{C_2}$, avec λ = 2 ; α = 1

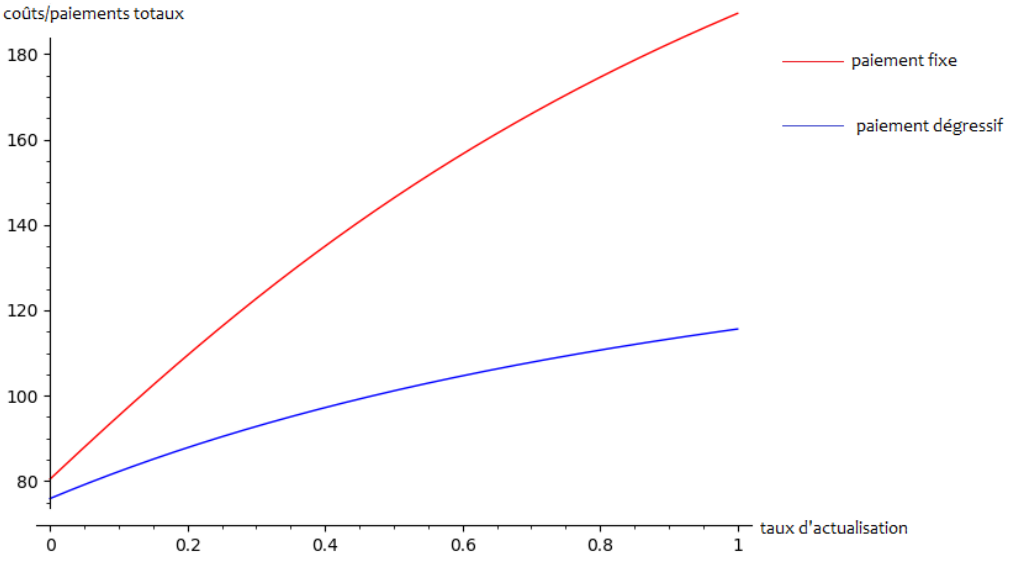


Figure 14 : Valeur optimale des paiements totaux en fonction du taux d'actualisation pour la mesure $\boldsymbol{C_4}$, avec λ = 2 ; α = 1

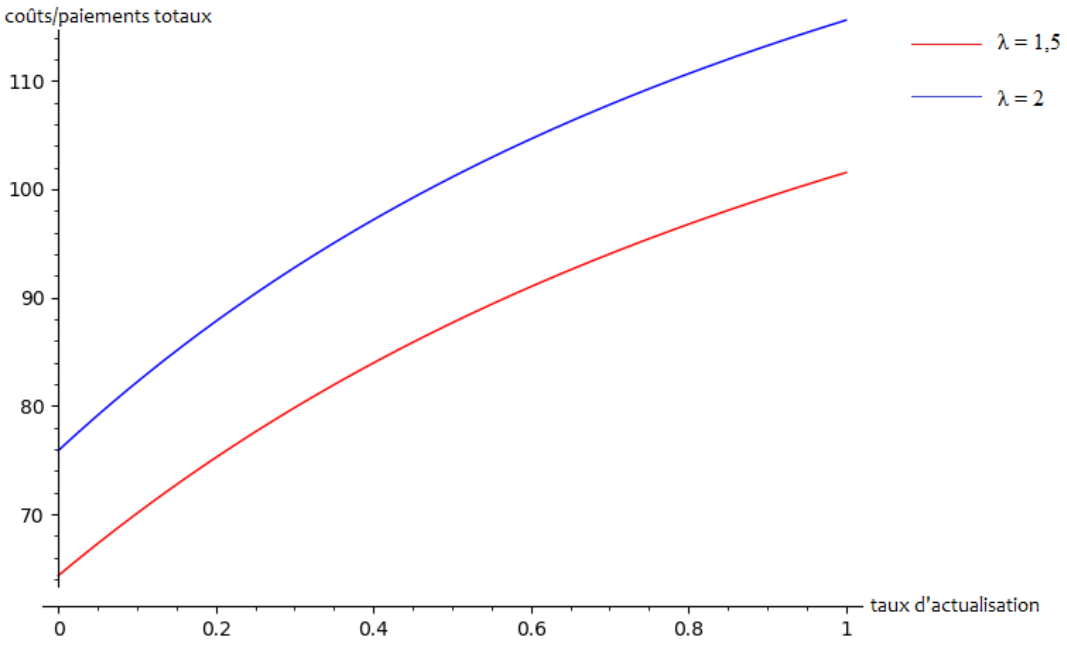


Figure 15 : Valeur optimale des paiements totaux dégressifs en fonction du taux d'actualisation et du poids accordé aux pertes pour la mesure $\boldsymbol{C_4}$, avec α = 1.

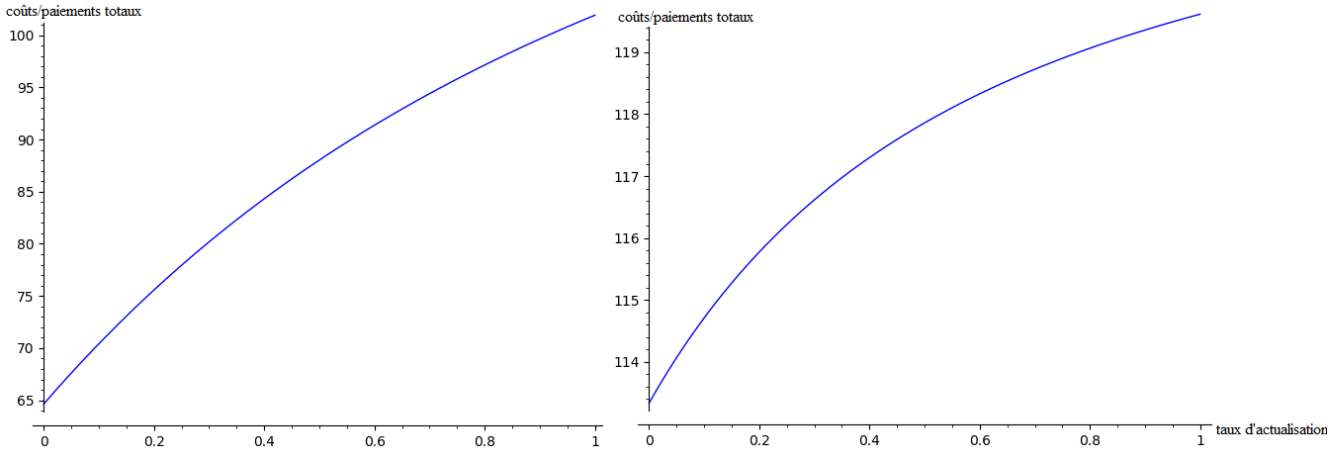


Figure 16 : Valeur optimale des paiements totaux dégressifs en fonction du taux d'actualisation et du poids accordé aux pertes pour la mesure $\boldsymbol{C_4}$, avec λ = 1 ; α = 1 (à gauche) ; α = 2 (à droite).

Nous pouvons tirer plusieurs constats de ces figures :

- À travers les figures 13 et 14, nous remarquons que la prise en compte d'un risque dans le changement de pratiques des agriculteurs augmente le paiement total minimum permettant la contractualisation des agriculteurs, et ce quelle que soit la mesure.

- Par ailleurs, nous remarquons que la prise en compte du risque accroît l'efficacité du paiement dégressif relativement au paiement fixe. En effet, la différence entre les deux paiements est plus importante après prise en compte du risque qu'avant sa prise en compte, toutes choses étant égales par ailleurs.

- À travers la figure 15, nous constatons que plus λ est élevé, c'est-à-dire plus le poids accordé par l'agriculteur aux pertes est important, plus le paiement total minimum permettant la contractualisation est élevé, quelle que soit la mesure et quelle que soit la forme de paiement.

- Enfin, nous pouvons observer que plus α est élevé, c'est-à-dire plus l'aversion au risque de l'agriculteur est importante, plus le paiement minimum permettant sa contractualisation est élevé, quelle que soit la mesure et quelle que soit la forme de paiement.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons modélisé le processus de décision des agriculteurs dans le cadre des MAE, en nous focalisant sur leurs préférences temporelles puis en intégrant l'aversion au risque.

Le modèle que nous avons construit permet d'expliquer, à travers les différences de fonctions de coûts, l'engagement moindre des agriculteurs pour des mesures dites plus exigeantes, alors même que le paiement fixe proposé actuellement est supposé couvrir l'ensemble des coûts que subit l'agriculteur. Les mesures exigeantes sont des mesures à changements de pratiques impliquant des investissements à réaliser dès la première année de la contractualisation de la MAE. Nous avons vu que, bien que les investissements soient compensés sur l'ensemble de la période d'engagement du contrat, la forme du paiement — fixe et basé sur une moyenne annuelle des coûts — ne permet pas de compenser ponctuellement les surcoûts de l'agriculteur. Les agriculteurs ayant une préférence pour le présent accordent un poids plus important aux pertes actuelles ou situées dans un futur proche qu'aux bénéfices qui auront lieu dans plusieurs années. Nous montrons ainsi que la proportion d'agriculteurs souscrivant à des mesures exigeantes dépend de la distribution du taux d'actualisation dans la population d'agriculteurs.

Plus précisément, nous montrons que le paiement, tel qu'il est proposé et calculé actuellement, ne permet la contractualisation de l'agriculteur qu'à deux conditions : si la mesure est à maintien de pratiques, ou si l'agriculteur a un taux d'actualisation nul et qu'il ne perçoit pas de risque dans les coûts induits par le changement de pratiques. Autrement, le paiement proposé n'est pas suffisamment élevé pour inciter l'agriculteur à souscrire au contrat agro-environnemental.

Ainsi, afin d'améliorer l'efficacité du dispositif agro-environnemental, nous proposons de mettre en place un paiement dégressif, c'est-à-dire un paiement dont le montant est plus important la 1ère année et déclinant au fil des années. Nous observons, à travers notre modèle, que ce type de paiement est en effet plus incitatif pour les agriculteurs. À paiement total équivalent, il permet un taux de souscription plus important à condition que les agriculteurs aient une préférence pour le présent.

Nous montrons aussi qu'il est nécessaire d'étudier les risques induits par la contractualisation d'une MAE à changements de pratiques. En effet, si les agriculteurs considèrent qu'il existe un risque sur les coûts inhérents au changement de pratiques, alors ce risque représente un frein supplémentaire à la contractualisation. En outre, plus les agriculteurs sont aversifs au risque et plus le poids qu'ils accordent aux pertes est important, plus la compensation nécessaire pour qu'ils souscrivent à la MAE est élevée. Dans le cas de l'existence d'un risque, un paiement total à la hauteur des coûts totaux n'est pas suffisamment incitatif pour l'agriculteur, même lorsque ce paiement est dégressif.

Cependant, les conclusions de ce modèle théorique nécessitent d'être vérifiées, à la fois sur le lien entre préférences temporelles, aversion au risque, et décision des individus, et à la fois sur l'attrait que constitue un paiement dégressif pour les agriculteurs dans le cadre des MAE. En premier lieu, nous nous focaliserons sur l'influence des préférences temporelles des individus sur leurs décisions. Pour cela, nous mobiliserons l'économie expérimentale, qui permet d'avoir le meilleur contrôle possible sur les variables extérieures à notre modèle.

Chapitre 3
Préférence pour un contrat à paiement dégressif : étude expérimentale

Introduction

Nous avons montré dans le chapitre précédent, par un modèle théorique, que le taux d'actualisation des agriculteurs est une variable déterminante dans leur décision de souscription de MAE. La prise en compte de cette variable implique que la forme du paiement doit être adaptée à la forme des coûts induits par la contractualisation de la mesure. En effet, notre modèle montre que le décideur, en adaptant le paiement aux investissements que doit réaliser l'agriculteur, peut accroître la participation des agriculteurs tout en conservant le même montant de paiement, voire en le diminuant selon la mesure proposée. La mise en place d'un paiement dégressif permettrait ainsi d'augmenter l'efficacité du dispositif agro-environnemental.

Néanmoins, les résultats de ce modèle théorique nécessitent d'être vérifiés sur le terrain. Dans un premier temps, avant d'étudier l'importance des préférences temporelles des agriculteurs dans leurs décisions ainsi que leur intérêt pour un paiement de type dégressif, nous étudierons la validité du modèle théorique à travers la mobilisation de la méthode expérimentale (Eber et Willinger, 2005). L'économie expérimentale est une méthode consistant à reproduire des situations réelles en conditions de laboratoire. Cette méthode a pour intérêt principal d'avoir un meilleur contrôle sur les facteurs externes qui peuvent produire des biais sur les décisions des individus (Croson, 2002). Dit autrement, cette méthode est théoriquement caractérisée par un haut degré de validité interne des résultats. Elle permet, notamment, de tester la théorie, elle-même construite principalement à partir de déductions et de méthodes d'observations, puis de proposer des modèles alternatifs prenant en compte les divers biais qui influencent les décisions des agents (Croson et Gächter, 2010). Elle a ainsi progressivement remis en question le modèle de l'*Homo Economicus*, notamment la consistance temporelle des individus — c'est-à-dire le fait que les individus ont un taux d'actualisation qui ne varie pas à travers le temps — et le modèle d'utilité espérée (Gintis, 2000).

Les méthodes expérimentales peuvent aussi tester la pertinence et l'efficacité de politiques innovantes. Pour cela, il est nécessaire de gagner en validité externe, par le biais d'une contextualisation de l'expérience et en prenant les sujets parmi la population d'agents amenés à être directement concernés par la politique étudiée.

Ici, il s'agit, dans un premier temps, de tester les conclusions de notre modèle théorique. C'est pourquoi nous réaliserons une expérience qui est décontextualisée. En effet, le contexte joue un rôle significatif dans les choix des individus, mais nous ne pouvons pas avoir un contrôle sur la façon dont le contexte est perçu par les individus, ni la manière dont ce contexte influence les choix (Eber et Willinger, 2005). Ainsi, dans un premier temps, afin de nous concentrer sur le lien entre préférences temporelles et décision de s'engager dans un projet intertemporel, il est nécessaire d'avoir le meilleur contrôle possible sur les variables extérieures et donc sur le contexte. C'est pourquoi nous ferons appel à des termes les plus neutres possibles, tels que « gains », « projets », « coûts », etc.

Nous souhaitons tester trois hypothèses principales :

- H1 : il existe un lien entre les préférences temporelles des individus et leur décision de souscrire à un contrat les engageant sur une certaine durée.

- H2 : la forme des coûts a un impact sur la participation des individus.

- H3 : toutes choses égales par ailleurs, les individus préfèrent un paiement de type dégressif à un paiement fixe, si la mesure implique un changement de pratiques.

Ce chapitre se présente de la façon suivante : dans un premier temps, nous étudierons les mesures expérimentales des préférences temporelles des individus. Dans un second temps, nous décrirons le protocole expérimental utilisé afin de tester l'existence d'un lien entre les préférences temporelles des individus et leur niveau de contribution dans des projets intertemporels à paiement fixe ou à paiement dégressif. Enfin, nous présenterons l'ensemble des résultats attendus.

1. Méthodes expérimentales d'estimation des préférences temporelles et de l'aversion au risque

Depuis la première expérience réalisée en 1981 par Thaler (voir chap.2 – partie 1.2), d'autres méthodes d'élicitation des préférences temporelles, comportant moins de biais, ont été construites. Nous présenterons dans cette partie plusieurs de ces méthodes expérimentales.

1.1. Estimation expérimentale des préférences temporelles avec neutralité au risque

La méthode la plus courante est la suivante : il est demandé au sujet d'effectuer une série de décisions ($k = 1, \dots, n$) entre une certaine somme X qu'il reçoit en $t = t_1$ et une somme $X + \Delta$ qu'il reçoit dans un horizon de temps plus lointain :$t = t_2$, avec $t_2 > t_1$[23] (voir tableau 3 ci-dessous). x_k est tel que :

$$x_k > x_{k-1}, \forall\, k \in \{2, \dots, n\}$$

Et k est fixé suffisamment petit relativement à X de telle sorte que la plupart des sujets préfèrent recevoir X en t_1 plutôt que $X + \Delta$ en t_2. Puis, Δ augmentant au fil des décisions que doit prendre le sujet, il existe $\Delta = \tilde{x}$ à partir duquel le sujet préfère prendre $X + \Delta$. La valeur de $\tilde{x}$ permet ainsi d'établir une estimation du facteur d'actualisation subjectif du sujet.

[23] t_1 peut correspondre au jour-même de l'expérience ou à un futur proche.

	Option A (recevoir le paiement suivant dans 1 mois) [24]	Option B (recevoir le paiement suivant dans 7 mois)	Décision		Taux d'actualisation individuel si décision = B
			A	B	
1	3000	3075			5
2	3000	3152			10
3	3000	3229			15
4	3000	3308			20
5	3000	3387			25
6	3000	3467			30
7	3000	3548			35
8	3000	3630			40
9	3000	3713			45
10	3000	3797			50

Tableau 3 : Table de paiement utilisée pour mesurer les préférences temporelles (Harrison *et al*., 2002).

Cependant, des études plus récentes ont remis en cause cette façon de mesurer les préférences temporelles. En effet, une hypothèse sous-jacente dans cette mesure des préférences temporelles est que l'individu est neutre au risque. Cette hypothèse a été émise afin de simplifier l'estimation du taux d'actualisation subjectif, et se justifie par le fait que l'attitude face au risque n'a pas un impact significatif sur le taux d'actualisation lorsque les sommes en jeu sont faibles, ce qui est généralement le cas dans les expériences en laboratoire (Harrison *et al*., 2002). Néanmoins, cela pose problème pour la validité externe des résultats, ceux-ci n'étant alors pas généralisables sur le terrain où, nous l'avons vu dans le chapitre précédent, les individus ont tendance à avoir une aversion au risque et se heurtent à des sommes bien plus élevées. Il est donc nécessaire d'estimer conjointement l'aversion au risque des individus et leurs préférences temporelles (Andersen *et al*., 2008). Deux techniques différentes ont été développées pour cela : la *Double Multiple Price List* et la *Convex Time Budget* (Andreoni *et al*., 2015).

[24] Sommes en couronnes danoises.

1.2. Estimation conjointe des préférences temporelles et de l'aversion au risque

1.2.1. La Double Multiple Price List

La *Double Multiple Price List* (DMPL) (Andersen *et al.*, 2008) consiste à compléter la mesure des préférences temporelles de l'individu par une mesure de son aversion au risque selon un protocole introduit par Holt et Laury (2002) (voir tableau 4 ci-dessous). Les deux facteurs (actualisation et aversion au risque) sont donc estimés séparément puis confondus afin d'obtenir une estimation des préférences temporelles de l'individu tout en prenant en compte son aversion au risque.

La procédure d'élicitation d'aversion au risque développée par Holt et Laury (2002) fonctionne de la manière suivante : à chaque tour, il est proposé aux sujets de choisir entre deux loteries A et B. Chaque loterie aboutit à deux gains, un gain « haut » et un gain « bas », chacun associé à une probabilité, les probabilités étant identiques pour les deux loteries. La loterie B est plus risquée car son gain « bas » est plus faible que le gain « bas » de la loterie A. Les gains des deux loteries n'évoluent pas d'un tour à un autre. Seules les probabilités évoluent, de telle sorte que, au fil des tours, l'utilité espérée de la loterie B devient plus élevée comparativement à l'utilité espérée de la loterie A. Ainsi, l'intérêt du sujet pour la loterie B relativement à son intérêt pour la loterie A s'accroît de tour en tour. Le tour pour lequel le sujet préfère la loterie B à la loterie A permet ainsi de définir un intervalle pour le paramètre d'aversion au risque estimé.

Tour	Loterie A		Loterie B		$\nabla EU = EU(A) - EU(B)$	r
	Probas	Gains	Probas	Gains		
1	5% 95%	800 640	5% 95%	1540 40	533	< - 2,476
2	10% 90%	800 640	10% 90%	1540 40	466	-2,476 < r < -1,713
3	15% 85%	800 640	15% 85%	1540 40	399	-1,713 < r < -1,266
4	20% 80%	800 640	20% 80%	1540 40	332	-1,266 < r < -0,947
…	…	…	…	…	…	…
19	95% 5%	800 640	95% 5%	1540 40	-673	1,368 < r < 1,700
20	100% 0%	800 640	100% 0%	1540 40	-740	+ inf.

Tableau 4 : Table de paiement pour éliciter l'aversion au risque (Holt et Laury, 2002).

1.2.2. La Convex Time Budget

La *Convex Time Budget* (CTB) (Andreoni et Sprenger, 2012) a été construite à partir du postulat suivant : si l'individu a une aversion au risque, alors la DMPL ne permet pas de prendre en compte les réelles préférences temporelles des individus car elle ne présente que des solutions en coins. En effet, l'individu doit systématiquement choisir entre $(X\ ;\ 0)$ et $(0\ ;\ X + x_k)$ en $(t_1\ ;\ t_2)$ ce qui ne permet pas d'avoir une estimation correcte des préférences temporelles. Avec un tel protocole, il n'est pas possible de déterminer si le sujet choisit la somme X en t_1 parce que cela correspond à ses préférences temporelles, ou parce qu'il considère qu'il existe une incertitude sur le futur, et qu'il préfère donc avoir le gain le plus tôt possible afin d'éviter au mieux cette composante d'incertitude. La CTB permet de différencier la part des préférences temporelles et la part de l'aversion au risque dans la prise de décision des sujets. Effectivement, les sujets ont une dotation initiale de 100 jetons et ils doivent choisir combien ils déposent en t_1, sachant que les jetons non déposés en t_1 sont

automatiquement déposés en t_2, et sachant que la valeur du jeton évolue selon qu'il est déposé en t_1 ou en t_2 (voir tableau 5 ci-dessous). Entre chaque prise de décision, les valeurs de t_1, de t_2, et les valeurs des jetons en t_1 et t_2 évoluent, de façon à ce qu'il soit possible de distinguer les préférences temporelles de l'aversion au risque.

t_1	t_2	**Valeur du jeton en t_1**	**Valeur du jeton en t_2**	**Décision (nombre de jetons à placer en t_1)**
0	35	0,19	0,2	
0	35	0,18	0,2	
0	35	0,16	0,2	
0	35	0,14	0,2	
0	35	0,2	0,25	
0	70	0,19	0,2	
0	70	0,18	0,2	
0	70	0,16	0,2	
0	70	0,14	0,2	
0	70	0,2	0,25	
7	35	0,19	0,2	
7	35	0,18	0,2	
7	35	0,16	0,2	
7	35	0,14	0,2	
7	35	0,2	0,25	
Etc.	Etc.	Etc.	Etc.	Etc.

Tableau 5 : Table de paiement *Convex Time Budget* (Andreoni et Sprenger, 2012).

Les estimations diffèrent selon la méthode utilisée, aussi bien pour le paramètre d'aversion au risque que pour le taux d'actualisation (Andreoni *et al*., 2015). Selon les auteurs, la CTB est plus pertinente lorsqu'il s'agit de prédire la décision de l'individu dans un contexte de choix probabiliste, tandis que la DMPL a un plus grand pouvoir prédictif pour des décisions risquées.

2. Test expérimental du modèle

2.1. Description du protocole expérimental

Le protocole est composé de 3 séquences (voir figure 7 ci-après). Le sujet doit déterminer son niveau d'engagement pour un contrat à paiement fixe lors de la séquence 1, puis de son niveau d'engagement pour un contrat à paiement dégressif lors de la séquence 2[25] (voir instructions annexe 4). Il s'agit donc d'un protocole *within subjetcs*.

À la dernière séquence, nous élicitons les préférences temporelles de l'individu. S'ensuit un questionnaire pour connaître les caractéristiques individuelles du sujet. À la suite de ces 3 séquences, un petit questionnaire est réalisé afin d'avoir quelques informations sur le profil du sujet, qui serviront de variables de contrôles (voir tableau 6).

Question	**Réponses et, entre parenthèses, le codage de la réponse**
Quel est votre sexe ?	Homme (1) ; Femme (0)
Avez-vous obtenu le baccalauréat ?	Oui (1) ; Non (0)
Quelle est votre discipline de formation ?	Economie-Gestion (1) ; Autre (0)
Avez-vous déjà participé à des expériences ?	Oui (1) ; Non (0)

Tableau 6: Questionnaire de caractéristiques individuelles.

À la fin de l'expérience, un tirage au sort est effectué pour déterminer la décision pour laquelle le sujet sera rémunéré. Ainsi, le sujet prend chacune de ces décisions comme si celle-ci avait un impact direct sur ses gains.

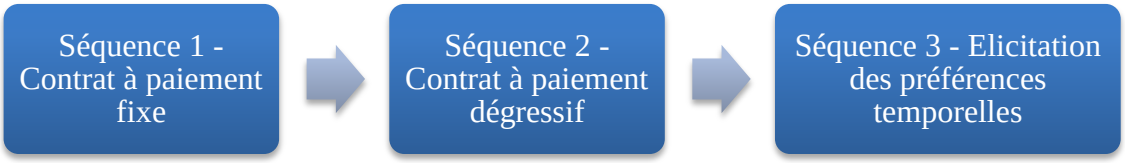


Figure 17 : Résumé du protocole.

[25] L'ordre des séquences 1 et 2 est inversé pour la moitié des sujets, afin d'éviter un effet d'ordre. Nous appelons O1 l'ordre pour lequel la séquence 1 précède la séquence 2, et O2 l'ordre de séquences inversé.

2.1.1. Séquences 1 et 2

Durant les séquences 1 et 2, le sujet dispose d'une dotation initiale de 5 jetons et 870 ECU. Nous proposons au sujet de placer des jetons dans un projet. Ce projet est coûteux, et le coût total du projet, qui dépend du nombre de jetons que place le sujet, est divisé en 3 parties que le sujet devra payer à 3 dates différentes : une première partie immédiatement après l'expérience ($t = 0$), une seconde partie 30 jours après l'expérience ($t = 1$) et une dernière partie 60 jours après l'expérience ($t = 2$). En contrepartie, le sujet recevra une prime dont le montant dépend du nombre de jetons qu'il place dans le projet. Le montant total de la prime est aussi divisé en 3 parties que le sujet reçoit aux mêmes dates qu'il doit payer le coût du projet. Ainsi, à chaque date le sujet ne reçoit ou ne paie que la différence entre la prime et le coût du projet. Par ailleurs, à chaque date, le sujet perçoit un revenu fixe égal à 85 ECU.

L'expérience est décontextualisée, c'est-à-dire que nous parlons seulement de « jetons » et de « projets » aux sujets. En effet, l'objectif de cette expérience est d'étudier le lien entre les préférences temporelles des sujets et leur décision de souscrire à un contrat en fonction de la forme du paiement. Or, la décontextualisation permet de contrôler tout biais éventuel lié aux problématiques agricoles et environnementales. Cependant, les décisions que doivent prendre les sujets correspondent à la décision d'un agriculteur de s'engager dans une MAE. Ainsi, les 5 jetons dont dispose le sujet correspondent, dans notre modèle, aux hectares (ou aux parcelles) que l'agriculteur possède. Le nombre de jetons que le sujet i place dans le projet correspond donc, dans notre modèle, à x_i. Le coût du projet reflète le coût du changement des pratiques et des investissements à réaliser, et la prime que le sujet reçoit s'il place des jetons dans le projet correspond à la compensation financière de la MAE. Dans notre expérience, dans un souci de simplification, nous n'avons conservé que 3 temps de paiement, qui correspondent aux 1ère, 3ème, et 5ème années de la contractualisation de la MAE. La dotation initiale de 870 ECU correspond à des ressources financières dont dispose l'agriculteur et qui peuvent lui permettre, entre autres, de réaliser les investissements liés à la souscription de la mesure. Le revenu fixe égal à 85 ECU, indépendant des gains ou pertes liés aux jetons placés dans le projet, reflète les revenus de la production agricole, c'est-à-dire à R dans notre modèle du chapitre précédent. En réalité, les revenus de la production agricole sont influencés par les changements de pratiques liés à la contractualisation de MAE, mais les manques à gagner sont directement pris en compte dans les pertes éventuelles.

2.1.2. Séquence 3

La séquence 3 consiste en une expérience permettant d'éliciter les préférences temporelles des individus.

Nous reprenons ici la méthode d'élicitation des préférences individuelles qui a été développée par Coller et Williams (1999) puis par Harrison *et al.* (2002) (voir tableau 7). Cette méthode consiste à proposer au sujet de faire une série de choix entre une somme X qu'il reçoit en t_1 et une somme $X + \Delta$ qu'il reçoit en $t_2 = t_1 + \tau$; τ étant l'horizon de temps. Lorsque t_1 se situe à une date ultérieure au jour de l'expérience, on dit qu'il y a un *Front End Delay* (FED).

Nous avons décidé de reprendre cette méthode pour deux raisons :

- Dans un souci de simplification, les projets qui sont proposés dans les séquences 1 et 2 ne comportent pas de risque. En effet, nous reprenons ici la 1ère partie de notre modèle développé dans le chapitre précédent, où nous considérons que les individus ont une certitude sur les coûts induits par la contractualisation de la mesure, que celle-ci soit à maintien ou à changement de pratiques. Nous supposons donc que l'aversion au risque des sujets ne joue pas dans leur décision de s'engager dans les projets proposés. Nous pouvons alors émettre l'hypothèse que les sujets sont neutres au risque, et éliciter leurs préférences temporelles en tenant compte de cette hypothèse, donc par le biais de cette méthode d'élicitation. Cependant, afin de s'assurer de l'absence d'influence de l'aversion au risque sur les décisions des individus, nous avons par ailleurs réalisé une élicitation de l'aversion au risque des sujets.

- Cette méthode d'élicitation a conduit à rejeter les modèles d'actualisation alternatifs au modèle d'actualisation exponentielle (Andersen *et al.*, 2014b). Notre modèle de décision étant basé sur un facteur d'actualisation exponentiel, cette méthode d'élicitation est donc la plus appropriée.

L'estimation du taux d'actualisation se fait sur un horizon de temps de 1 mois uniquement, afin de rester sur un horizon de temps correspondant à celui sur lequel les sujets prennent leurs décisions en séquences 1 et 2. Il est en effet important de conserver le même horizon de temps puisque, nous l'avions vu en figure 6, la valeur du taux d'actualisation peut varier en fonction de l'horizon de temps choisi pour son estimation.

Nous fixons t_1 à 1 jour après le déroulement de l'expérience afin d'éviter la présence d'un biais pour le présent (Harrison *et al*., 2002). En effet, si un paiement en t_1 correspondait à un paiement le jour même de l'expérience, alors la décision du sujet ne dépendrait pas uniquement de ses préférences temporelles, mais aussi de l'incertitude d'être payé dans le futur. D'autres paramètres tels que l'aversion au risque du sujet et sa confiance envers l'organisme payeur influenceraient alors sa décision.

Enfin, les valeurs des options en ECU ont été sélectionnées de façon à ce que les montants des gains associés soient équivalents aux gains des séquences 1 et 2.

Décision	**Option A (Paiement dans 1 jour)**	**Option B (Paiement dans 31 jours)**	**Taux d'actualisation si décision = B (en %)**[26]
1	1000	1004	$\delta_i \leq 0{,}05$
2	1000	1008	$0{,}05 < \delta_i \leq 0{,}10$
3	1000	1011	$0{,}10 < \delta_i \leq 0{,}15$
4	1000	1014	$0{,}15 < \delta_i \leq 0{,}20$
5	1000	1018	$0{,}20 < \delta_i \leq 0{,}25$
…	…	…	…
19	1000	1054	$0{,}90 < \delta_i \leq 0{,}95$
20	1000	1056	$0{,}95 < \delta_i \leq 1$

Tableau 7 : Série de décisions pour la séquence 3.

Rappelons que nous supposons que la fonction d'utilité suit une fonction d'actualisation exponentielle. Soit :

$$V_i(x_i) = \sum_{t=0}^{T} U_i(t;\, x_i) = \sum_{t=0}^{T} D_i(t).\, U_i(x_i) \qquad (48)$$

Avec :

[26] La valeur individuelle retenue est celle correspondant à la borne supérieure de l'intervalle correspondant au point de passage de l'option A à l'option B.

$$\begin{cases} D_i(t) = 1 & si\ t = 0 \\ D_i(t) = \dfrac{1}{(1 + \delta_i)^t} & si\ t > 0 \end{cases}$$

Avec δ_i le taux d'actualisation propre à l'individu i.

Ainsi, l'utilité d'un individu i associée à l'option j est :

$$V_i^{\,j} = \frac{U_i(x^j)}{(1 + \delta_i)^{t^j}} \tag{49}$$

Nous définissons la différence d'utilité espérée pour un individu i : $\nabla V_i = V_i^B - V_i^A$

Soit la variable de choix z^* telle que :

$$z^* = \nabla V_i + \varepsilon\ ; avec\ \varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$$

Nous ne pouvons pas observer z^* mais seulement les choix individuels y tels que :

$$\begin{cases} z = 1\ si\ z^* > 0 \\ z = 0\ si\ z^* \leq 0 \end{cases}$$

La probabilité de choisir l'option B est :

$$\Pr(z = 1) = \Pr\left(\frac{1}{\sigma}\nabla V + \varepsilon > 0\right) = \Pr\left(\varepsilon > -\frac{\nabla V}{\sigma}\right) = \Phi\left(\frac{\nabla V}{\sigma}\right) \tag{50}$$

Avec $\Phi(.)$ la fonction de distribution normale.

Nous estimons alors le taux d'actualisation ainsi que la variance σ via un maximum de vraisemblance :

$$\begin{aligned} lnLL(r : z, X) = \sum_i \Bigg[& \left(ln\Phi\left(\frac{\nabla V}{\sigma}\right) \times \boldsymbol{I}(z_i = 1) \right) \\ & + \left(ln\left(1 - \Phi\left(\frac{\nabla V}{\sigma}\right)\right) \times \boldsymbol{I}(z_i = 0) \right) \Bigg] \end{aligned} \tag{51}$$

Avec $\boldsymbol{I}(.)$ la fonction indicatrice ; $z_i = 1$ si l'option B est choisie et $z_i = 0$ si l'option A est choisie, et X le vecteur des caractéristiques individuelles.

Enfin, toujours en séquence 3, nous avons, dans un dernier temps, élicité le paramètre d'aversion au risque des sujets. Cette estimation nous permettra de vérifier que l'aversion au risque des sujets n'intervient pas dans leur décision de s'engager dans les projets proposés.

Le tableau 8 ci-après indique le protocole utilisé afin d'estimer le paramètre d'aversion au risque des sujets, protocole qui est directement repris de Holt et Laury (2002). Précisons que, si le sujet choisit à nouveau la loterie A lors des tours suivant, alors il contredit les hypothèses de notre fonction d'utilité, ce qui l'exclut de notre analyse de données[27].

Tour	**Loterie A**		**Loterie B**		$\nabla EU = EU(A) - EU(B)$	**r**
	Probas	**Gains**	**Probas**	**Gains**		
1	5% 95%	800 640	5% 95%	1540 40	533	< - 2,476
2	10% 90%	800 640	10% 90%	1540 40	466	-2,476 < r < -1,713
3	15% 85%	800 640	15% 85%	1540 40	399	-1,713 < r < -1,266
4	20% 80%	800 640	20% 80%	1540 40	332	-1,266 < r < -0,947
5	25% 75%	800 640	25% 75%	1540 40	265	-0,947 < r < -0,696
…	…	…	…	…	…	…
19	95% 5%	800 640	95% 5%	1540 40	-673	1,368 < r < 1,700
20	100% 0%	800 640	100% 0%	1540 40	-740	+ inf.

Tableau 8 : Loteries présentées aux sujets[28].

[27] Les sujets concernés avaient déjà été préalablement exclus de l'analyse de données lors du chapitre précédent.

[28] Les sujets n'ont pas connaissance, ni des différences d'utilités espérées entre les loteries A et B, ni des valeurs de r associées à leurs décisions.

Notons r le paramètre d'aversion au risque. Pour l'expérience, afin de simplifier le protocole, nous avons fait l'hypothèse d'une fonction d'utilité *Constant Relative Risk Aversion* (CRRA). Ainsi, pour un individu i, la fonction d'utilité associée à un gain x, est :

$$U_i(x) = x^{1-r} \; ; r \neq 1 \tag{52}$$

Selon cette fonction, $r > 0$ indique que l'individu est « risque averse » ; $r = 0$ si l'individu est neutre au risque ; et l'individu a une préférence pour le risque si $r < 0$.
Ainsi, suivant notre fonction d'utilité CRRA, l'utilité espérée d'un individu i pour une loterie j est :

$$EU_i^j = p_j \times U_i(x_H^j) + (1 - p_j) \times U_i(x_L^j) \tag{53}$$

Avec p_j la probabilité associée au gain le plus élevé de la loterie j noté x_H^j et $(1 - p_j)$ la probabilité associée au gain le plus bas de la loterie j noté x_L^j.
Nous définissons la différence d'utilité espérée entre la loterie B et la loterie A pour un individu i : $\nabla EU_i = EU_i^B - EU_i^A$
Soit la variable de choix y^* telle que :

$$y^* = \nabla EU + \varepsilon \; ; avec \; \varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$$

Nous ne pouvons pas observer y^* mais seulement les choix individuels y tels que :

$$\begin{cases} y = 1 \; si \; y^* > 0 \\ y = 0 \; si \; y^* \leq 0 \end{cases}$$

La probabilité de choisir la loterie B est :

$$\Pr(y = 1) = \Pr\left(\frac{1}{\sigma}\nabla EU + \varepsilon > 0\right) = \Pr\left(\varepsilon > -\frac{\nabla EU}{\sigma}\right) = \Phi\left(\frac{\nabla EU}{\sigma}\right) \tag{54}$$

Avec $\Phi(.)$ la fonction de distribution normale.
Nous estimons alors le paramètre d'aversion au risque ainsi que la variance σ via un maximum de vraisemblance :

$$lnLL(r : y, X) = \sum_i \left[\left(ln\Phi\left(\frac{\nabla EU}{\sigma}\right) \times \boldsymbol{I}(y_i = 1) \right) + \left(ln\left(1 - \Phi\left(\frac{\nabla EU}{\sigma}\right)\right) \times \boldsymbol{I}(y_i = 0) \right) \right] \quad (55)$$

Avec $\boldsymbol{I}(.)$ la fonction indicatrice ; $y_i = 1$ si la loterie B est choisie et $y_i = 0$ si la loterie A est choisie, et X le vecteur des caractéristiques individuelles.

2.1.3. Les fonctions de coût et de paiement

Le modèle repose sur plusieurs paramètres (p_c, p_d, b, c_1, c_2, d, c_3, a, c_4) auxquels nous devons attribuer une valeur pour l'expérience. L'ensemble des valeurs sélectionnées doit répondre à un certain nombre de critères :

- Le montant total du paiement doit être identique pour les deux types de contratS, afin que la seule différence entre les deux contrats se répercute uniquement sur la forme du paiement, et non sur le montant. Ainsi :

$$\sum_{t=0}^{2} P_c^t(x_i) = \sum_{t=0}^{2} P_d^t(x_i)$$

  Soit :

$$3p_c = 3p_d - 3b$$

- Le montant total des coûts estimés doit être identique selon la MAE proposée. Bien que cela ne corresponde pas à la réalité, ce critère permet de proposer exactement le même montant de paiement d'un traitement à un autre, et ainsi éviter un biais lié au montant proposé. Ainsi :

$$\sum_{t=0}^{2} C_1^t(x_i) = \sum_{t=0}^{2} C_2^t(x_i) = \sum_{t=0}^{2} C_3^t(x_i) = \sum_{t=0}^{2} C_4^t(x_i)$$

Soit :

$$3c_1 = 3c_2 - 3d \ = (a+2)c_3 = \ c_4$$

- Le montant total du paiement doit être légèrement supérieur au montant total des coûts. En effet, il doit y avoir une incitation à adopter le contrat, mais celle-ci doit rester faible, les agriculteurs ne devant pas être surcompensés. Cette hypothèse est réaliste puisque les Etats ont la possibilité d'attribuer un surplus de paiement afin de compenser les éventuels coûts liés à la recherche d'information des agriculteurs, sous réserve que ce surplus soit inférieur ou égal à 20% du paiement total (Règlement n° 1305/2013). Soit :

$$\sum_{t=0}^{2} C^t(x_i) < \sum_{t=0}^{2} P^t(x_i) < 1{,}2 \sum_{t=0}^{2} C^t(x_i)$$

Ainsi, les valeurs retenues sont les suivantes :

Type de contrat	**Type de fonction de coût**	**Fonctions de gains marginales**		
		$t = 0$	$t = 1$	$t = 2$
Contrat à paiement fixe	C_1	100 – 97	100 – 97	100 – 97
	C_2	100 – 171	100 – 60	100 – 60
	C_3	100 – 194	100 – 97	100 – 0
	C_4	100 – 291	100 – 0	100 – 0
Contrat à paiement dégressif	C_1	120 – 97	100 – 97	80 – 97
	C_2	120 – 171	100 – 60	80 – 60
	C_3	120 – 194	100 – 97	80 – 0
	C_4	120 – 291	100 – 0	80 – 0

Tableau 9: Fonctions de gains marginaux par type de contrat.

Nous pouvons voir, dans le tableau ci-dessus, que les sujets peuvent avoir des gains négatifs (autrement dit, des pertes) à des périodes spécifiques, bien que leur gain final soit positif si l'on prend en compte l'ensemble des périodes. Cependant, les sujets ne doivent pas verser de

l'argent à l'expérimentateur, puisque les valeurs ont été sélectionnées de telle sorte que toute perte potentielle soit nécessairement compensée par la dotation initiale de 870 ECU et le revenu fixe de 85 ECU.

Par ailleurs, l'existence de ce revenu fixe de 85 ECU permet d'éliminer la composante d'incertitude dans la prise de décision du sujet. En effet, avec cette dotation, le sujet a un gain en $t = 1$ et $t = 2$ quelle que soit sa décision, même s'il ne contribue pas aux projets. Sans cette dotation, le sujet pourrait choisir de ne s'engager dans aucun contrat, et ainsi avoir uniquement un paiement immédiat, seulement par peur de ne pas recevoir la somme due aux dates indiquées, ou parce que les coûts de déplacements jusqu'au laboratoire sont trop élevés par rapport à la compensation financière.

Pour des raisons techniques, $t = 1$ et $t = 2$ ont été placés respectivement à 30 jours et 60 jours après le jour où se déroule l'expérience. Ces laps de temps sont équivalents à l'horizon de temps (1 mois) sélectionné pour mesurer le taux d'actualisation lors de la séquence 3. Le taux d'actualisation individuel qui est mesuré en séquence 3 est donc théoriquement le taux d'actualisation pris en compte par les sujets pour prendre leurs décisions dans les séquences 1 et 2.

2.2. Résultats attendus

Pour rappel, le modèle théorique de décision est le suivant :

$$V_i(x_i) = \sum_{t=0}^{2} \frac{1}{(1 + \delta_i)^t} \left(R + P^t(x_i) - C^t(x_i)\right)$$

Pour chaque contrat, le sujet choisit son niveau de contribution de façon à optimiser son niveau d'utilité V_i. Ainsi, le niveau de contribution x_i est tel que :

$$\frac{\partial V_i(x_i)}{\partial x_i} = 0 \qquad (56)$$

Soit :

$$\frac{\partial V_i}{\partial x_i} = \frac{\partial P^0}{\partial x_i} - \frac{\partial C^0}{\partial x_i} + \frac{1}{(1 + \delta_i)^{\frac{1}{12}}}\left(\frac{\partial P^1}{\partial x_i} - \frac{\partial C^1}{\partial x_i}\right) + \frac{1}{(1 + \delta_i)^{\frac{1}{6}}}\left(\frac{\partial P^2}{\partial x_i} - \frac{\partial C^2}{\partial x_i}\right) = 0 \quad (57)$$

Donc :

$$(1 + \delta_i)^{\frac{1}{6}}\left(\frac{\partial P^0}{\partial x_i} - \frac{\partial C^0}{\partial x_i}\right) + (1 + \delta_i)^{\frac{1}{12}}\left(\frac{\partial P^1}{\partial x_i} - \frac{\partial C^1}{\partial x_i}\right) + \left(\frac{\partial P^2}{\partial x_i} - \frac{\partial C^2}{\partial x_i}\right) = 0 \quad (58)$$

Nous obtenons ainsi une équation dont la résolution permet de déterminer la valeur de δ^* telle que :

$$\begin{cases} x_i = 0 & si\ \delta_i > \delta^* \\ x_i = 5 & si\ \delta_i \leq \delta^* \end{cases}$$

Les solutions théoriques sont donc en coin : soit le sujet possède un taux d'actualisation supérieur à δ^* et n'a pas intérêt à contribuer au contrat, soit son taux d'actualisation y est inférieur, auquel cas il a intérêt à engager la totalité de ses jetons.

Nous étudierons aussi le taux de participation des sujets. Soit y_i la participation du sujet i, telle que :

$$\begin{cases} y_i = 0\ si\ x_i = 0 \\ y_i = 1\ si\ x_i > 0 \end{cases}$$

La valeur de δ^* dépend de la fonction de coûts et du paiement proposé :

Type de contrat	Type de fonction de coût	δ^*
Contrat à paiement fixe	C_1	-
	C_2	1,934
	C_3	0,745
	C_4	0,509
Contrat à paiement dégressif	C_1	-
	C_2	4,258
	C_3	1,017
	C_4	0,610

Tableau 10 : Valeur maximale théorique de $\boldsymbol{\delta_i}$ pour que i souscrive au contrat (le signe - indique que le sujet a intérêt à souscrire au contrat quelle que soit la valeur de son taux d'actualisation subjectif).

Ainsi, selon la distribution de δ dans la population, et si nous supposons que $\delta_i < 1 \; \forall i$**,** nous aurons les résultats suivants :

- Une contribution totale dans la mesure à coûts constants (C_1), quel que soit le paiement proposé.

- Une contribution totale dans la mesure dont les coûts sont plus importants la 1ère année (C_2), quel que soit le paiement proposé.

- Une contribution partielle dans la mesure à coûts dégressifs (C_3) lorsque le paiement proposé est constant, et une contribution totale lorsque le paiement proposé est dégressif.

- Une contribution partielle dans la mesure dont les coûts se répercutent essentiellement la 1ère année (C_4), quel que soit le paiement, mais avec un accroissement de la contribution lorsqu'il s'agit d'un paiement dégressif.

2.3. Résultats

2.3.1. Statistiques descriptives

Les expériences se sont déroulées au sein du LEEM (Laboratoire d'Economie Expérimental Montpelliérain) les 11 et 12 décembre 2017. Quatre sessions ont été conduites. Les sessions S1 et S2 suivent l'ordre 1 (O1) : la séquence 1 précède la séquence 2 ; tandis que pour les sessions S3 et S4, l'ordre des séquences est inversé (O2). Un total de 77 sujets ont participé à l'expérience : 37 en O1 et 40 en O2 (voir tableau ci-dessous).

Session	Ordre des séquences	Date	Nombre de sujets
S1	O1	11/12/17	18
S2	O1	11/12/17	19
S3	O2	11/12/17	20
S4	O2	12/12/17	20

Tableau 11 : Descriptif des sessions organisées.

La durée moyenne d'une session est de 1h36 et le gain moyen des sujets (hors forfaits de déplacements) est de 9,06€.

Pour la suite de l'analyse, nous avons décidé d'exclure 13 sujets. Ces sujets ont pris des décisions, dans la séquence 3, qui ne sont pas interprétables. En effet, ils choisissent l'option A pour les premières décisions, puis l'option B pour les décisions suivantes, et à nouveau l'option A pour les dernières décisions, ce qui est contraire aux hypothèses de notre modèle, pour lequel l'utilité est fonction croissante du paiement.

Le tableau 12 ci-dessous résume les caractéristiques principales de l'échantillon total :

Caractéristique		**Moyenne**
Sexe	Homme	53,8%
	Femme	46,2%
Baccalauréat	Oui	86,2%
	Non	13,8%
Discipline	Economie-Gestion	24,6%
	Autre	75,4%
Expérience	Oui	78,5%
	Non	22,5%
Taux d'actualisation moyen (variance)		0,489 (0,017)
Paramètre d'aversion au risque (variance)		1,202 (0,002)

Tableau 12 : Caractéristiques de l'échantillon total.

Le taux d'actualisation individuel moyen est donc de 0,489. Cependant cette moyenne ne traduit pas la dispersion du taux d'actualisation estimé des sujets. Nous observons ainsi, dans la figure 18 ci-dessous, que 20% des sujets ont un taux d'actualisation inférieur ou égal à 0,1, tandis que 15% ont un taux d'actualisation égal ou supérieur à 1. Nous pouvons alors supposer que les comportements des sujets, en matière de contributions et de participation aux différents projets, seront très hétérogènes.

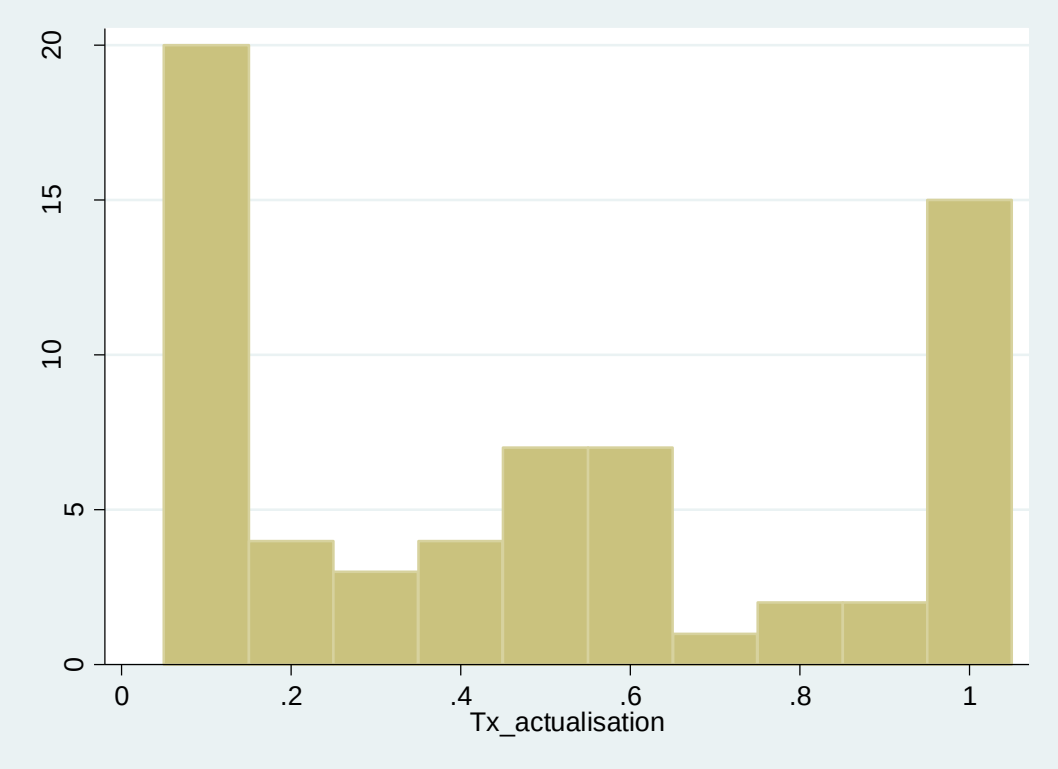


Figure 18 : Dispersion du taux d'actualisation individuel estimé.

Nous estimons le paramètre d'aversion au risque moyen à $r = 1{,}202$ pour un écart-type de 0,002. Nous observons donc que, en moyenne, les sujets présentent une aversion au risque. Cette moyenne cache de fortes disparités dans l'attitude des sujets face au risque. En effet, nous observons une forte dispersion du paramètre d'aversion au risque. Ainsi, 3 sujets (4,6%) présentent un goût très élevé pour le risque, tandis que 11 sujets (16,92%) sont relativement neutres face au risque ($-0{,}09 < r < 0{,}22$). Il y a donc 78,48% des sujets qui ont une aversion au risque, mais cette aversion est elle-même très dispersée (voir figure 19 ci-dessous).

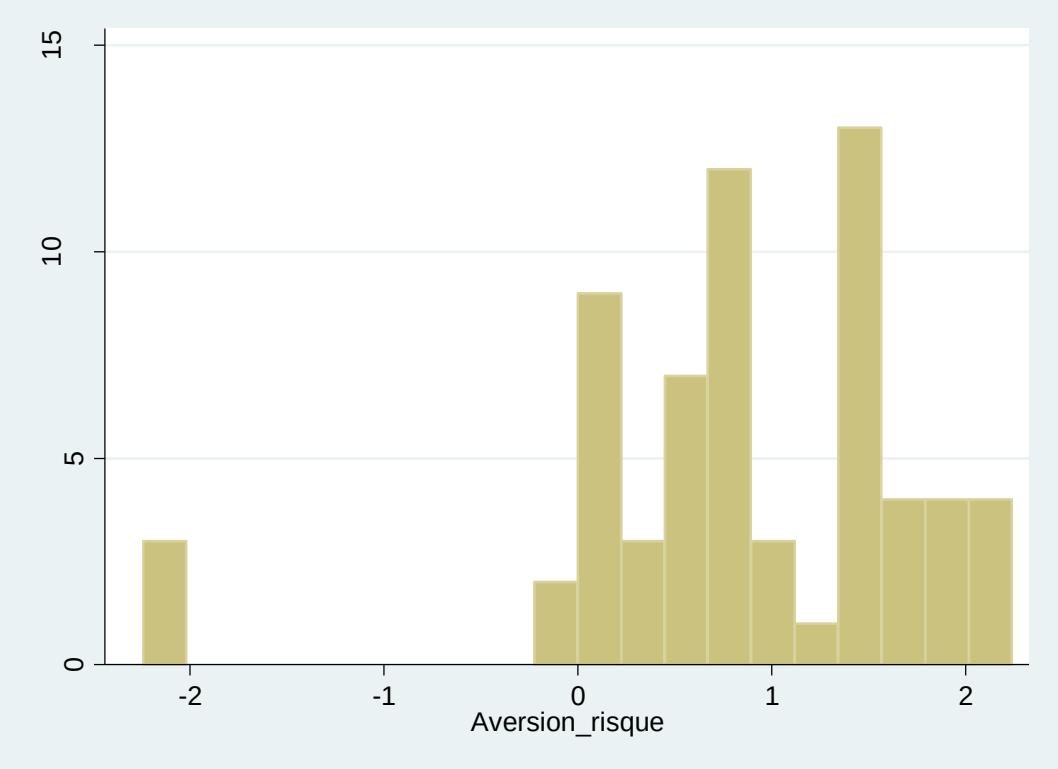


Figure 19 : Dispersion du paramètre d'aversion au risque estimé

2.3.2. Impact du paiement dégressif dans la contribution des sujets

Nous avons vu précédemment que les prédictions, en termes de participation aux projets, de notre modèle de décision, dépendent du taux d'actualisation des sujets. Ayant estimé leur taux d'actualisation, nous pouvons donc prédire leur participation — et donc leur niveau de contribution — à chaque type de contrat. Les deux tableaux ci-dessous résument la participation et la contribution moyenne prédites pour chaque contrat et chaque type de paiement.

Coûts	Paiement Fixe	Paiement Dégressif	Test de Wilcoxon
C_1	5 (0)	5 (0)	NS
C_2	5 (0)	5 (0)	NS
C_3	3,538 (0,284)	3,846 (0,263)	NS
C_4	2,923 (0,308)	3,462 (0,288)	NS

Tableau 13 : Contributions moyennes théoriques des sujets (NS : différence de distribution non significative).

Coûts	Paiement Fixe	Paiement Dégressif	Test de Chi2
C_1	1 (0)	1 (0)	NS
C_2	1 (0)	1 (0)	NS
C_3	0,708 (0,057)	0,769 (0,053)	NS
C_4	0,585 (0,062)	0,692 (0,058)	NS

Tableau 14 : Participations moyennes théoriques des sujets (NS : différence de distribution non significative).

Tout d'abord, nous constatons que le modèle prédit une contribution totale, et donc une participation totale, pour les deux mesures les moins exigeantes, et ce quel que soit le mode de paiement. Ainsi, il n'existe pas de différence significative dans la distribution des contributions ni dans la distribution des décisions de participations, entre un contrat à paiement fixe et un contrat à paiement dégressif. Ensuite, nous observons que la contribution moyenne n'est pas maximale lorsque les coûts sont plus exigeants, quel que soit le mode de paiement proposé. La contribution moyenne, ainsi que la participation moyenne, s'accroissent lorsque le paiement dégressif est proposé à la place du paiement fixe. Cependant, nous observons, via un test de Wilcoxon, que cet accroissement n'est pas significatif. Il semblerait alors que le paiement dégressif proposé ne soit pas suffisamment « dégressif » au vu du taux d'actualisation moyen des sujets.

Les deux tableaux ci-dessous, qui représentent la contribution moyenne des sujets, et leur participation moyenne, confirment les conclusions de notre modèle.

Coûts	Paiement Fixe	Paiement Dégressif	Test de Wilcoxon
C_1	4,046 (0,172)	3,769 (0,191)	NS
C_2	3,462 (0,235)	3,585 (0,216)	NS
C_3	3,446 (0,229)	3,400 (0,241)	NS
C_4	3,077 (0,254)	2,908 (0,256)	NS

Tableau 15 : Contributions moyennes des sujets pour chaque mesure et chaque paiement (NS : différence de distribution non significative).

Coûts	Paiement Fixe	Paiement Dégressif	Test de Chi2
C_1	0,969 (0,022)	0,954 (0,026)	NS
C_2	0,831 (0,047)	0,908 (0,036)	NS
C_3	0,892 (0,039)	0,831 (0,047)	NS
C_4	0,815 (0,048)	0,769 (0,053)	NS

Tableau 16 : Taux de participation des sujets pour chaque mesure et chaque paiement (NS : différence de distribution non significative).

Dans un premier temps, nous constatons que, quel que soit le paiement proposé, la moyenne du niveau de contribution diminue si le niveau d'exigence en termes de coûts augmente. Ainsi, la forme des coûts a bien un impact sur le niveau de contribution, alors même que la somme des coûts est identique d'un contrat à un autre. En revanche, le pourcentage de participation des sujets ne suit pas cette même logique puisque nous observons que, lorsque le paiement proposé est fixe, le pourcentage de participation est plus important pour une fonction de coûts C_3 que pour une fonction de coûts C_2. Ensuite, nous pouvons remarquer qu'il n'existe pas de différence significative de la distribution du niveau de contribution, ni de la participation des sujets, entre un contrat à paiement fixe et un contrat à paiement dégressif. Nous ne pouvons donc pas rejeter l'hypothèse qu'un contrat à paiement dégressif n'accroît pas significativement la contribution ni la participation, par rapport à un contrat à paiement fixe. Les résultats de notre expérience ne sont donc pas différents des prédictions de notre modèle.

Les figures ci-après nous indiquent la répartition de la différence entre la contribution dans le contrat à paiement fixe et la contribution dans le contrat à paiement dégressif, pour chaque mesure :

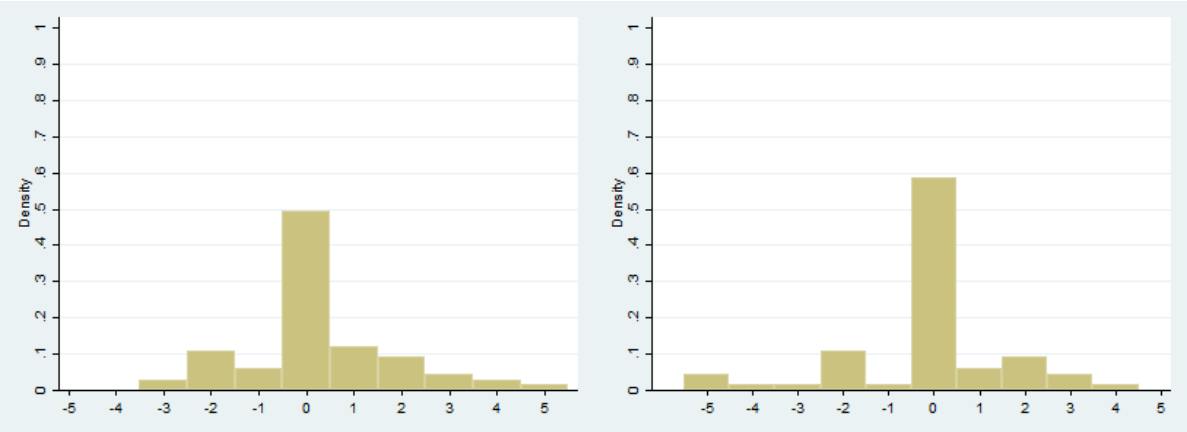


Figure 20 : Répartition de la différence entre la contribution des sujets dans un contrat à paiement fixe et un contrat à paiement dégressif pour la mesure $\boldsymbol{C_1}$ (à gauche) et la mesure $\boldsymbol{C_2}$ (à droite).

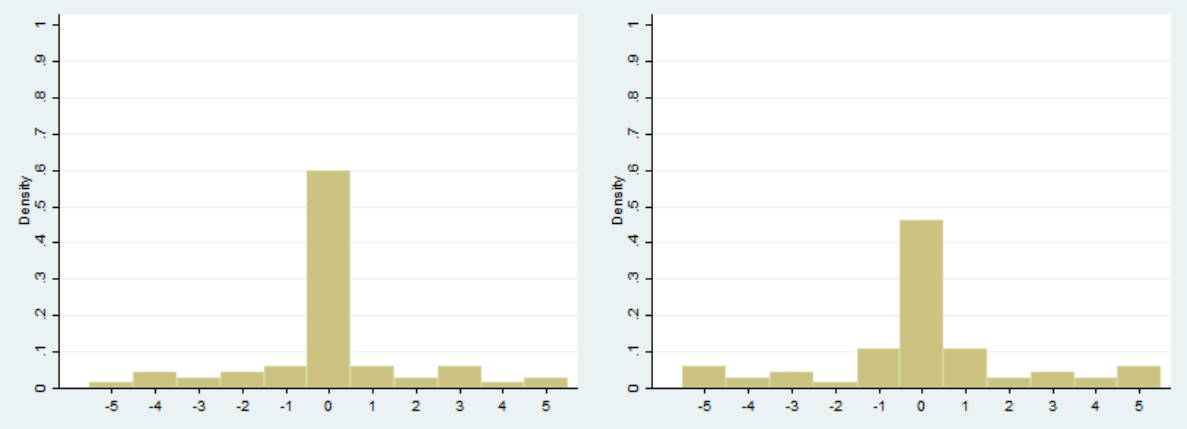


Figure 21 : Répartition de la différence entre la contribution des sujets dans un contrat à paiement fixe et un contrat à paiement dégressif pour la mesure $\boldsymbol{C_3}$ (à gauche) et la mesure $\boldsymbol{C_4}$ (à droite).

Nous constatons ainsi que, quel que soit le projet, entre 47% et 60% des sujets ne modifient pas leur niveau de contribution en fonction du paiement proposé. Ce résultat nous montre que la proximité des contributions moyennes d'un paiement à un autre ne cache pas une forte hétérogénéité dans les changements de comportements entre un projet à paiement fixe et un projet à paiement dégressif.

À présent, nous regardons si les prédictions de notre modèle théorique sont correctes en termes de contributions et de participations. Pour cela, nous comparons, avec des tests de Wilcoxon, les contributions réelles des sujets aux contributions théoriques obtenues par le biais de la valeur de leur taux d'actualisation. Les deux tableaux ci-dessous nous donnent les résultats de ces tests.

Projets		Contribution Réelle	Contribution Théorique	Test de Wilcoxon
C_1	Paiement fixe	4,046 (0,172)	5 (0)	***
	Paiement dégressif	3,769 (0,191)	5 (0)	***
C_2	Paiement fixe	3,462 (0,235)	5 (0)	***
	Paiement dégressif	3,585 (0,216)	5 (0)	***
C_3	Paiement fixe	3,446 (0,229)	3,538 (0,284)	NS
	Paiement dégressif	3,400 (0,241)	3,846 (0,263)	**
C_4	Paiement fixe	3,077 (0,254)	2,923 (0,308)	NS
	Paiement dégressif	2,908 (0,256)	3,462 (0,288)	*

Tableau 17 : Contributions réelles et théoriques aux différents projets (NS : non significatif ; * : significativité à 10% ; ** : significativité à 5% et *** : significativité à 1%).

Nous remarquons que, dans 6 cas sur 8, les prédictions de notre modèle ne correspondent pas aux contributions réelles des sujets. Dans toutes ces situations, la contribution moyenne prédite par notre modèle est significativement supérieure à la contribution moyenne réelle. Nous pouvons donc supposer que, bien que le taux d'actualisation influence le niveau de contribution des sujets, cette variable n'est pas la seule à entrer en compte dans le processus de décision des sujets. Une ou plusieurs autres variables, non prises en compte dans notre modèle, doivent influer négativement sur le niveau de contribution choisi par les sujets. C'est pourquoi, dans la partie suivante, nous étudions les facteurs de la contribution des sujets, en nous limitant aux différentes caractéristiques individuelles mesurées à travers le questionnaire final de notre expérience.

2.3.3. Les facteurs de la contribution des sujets

Une de nos hypothèses de recherche est que le taux d'actualisation des sujets influence négativement leur niveau de contribution et leur participation dans les projets. Nous effectuons des régressions MCO afin de déterminer si cette hypothèse et vérifiée, et s'il existe

d'autres variables, parmi les caractéristiques individuelles des sujets, qui influencent leurs décisions.[29]

	C_1	C_2	C_3	C_4
Paiement Dégressif	-0,276	0,125	-0,045	-0,168
	(0,247)	(0,288)	(0,316)	(0,340)
Taux Actualisation	-0,595*	-2,081***	-1,648***	-1,833***
	(0,343)	(0,386)	(0,451)	(0,447)
Sexe	-0,149	0,472	-0,039	0,269
	(0,249)	(0,291)	(0,320)	(0,341)
Expérience	0,936***	0,349	0,554	0,435
	(0,353)	(0,406)	(0,439)	(0,444)
Baccalauréat	0,722	0,435	0,521	0,603
	(0,443)	(0,387)	(0,447)	(0,425)
Eco-Gestion	0,017	0,109	-0,581	0,358
	(0,291)	(0,295)	(0,382)	(0,407)
Ordre Traitement	0,401	0,148	0,084	-0,364
	(0,270)	(0,304)	(0,341)	(0,353)
Constante	2,854***	3,457***	3,475***	3,217***
	(0,674)	(0,657)	(0,731)	(0,716)
	$R^2 = 0,1247$	$R^2 = 0,2218$	$R^2 = 0,1407$	$R^2 = 0,1568$

Tableau 18 : Régressions MCO sur le niveau de contribution des sujets à chaque projet (* : significativité à 10% ; ** : significativité à 5% et *** : significativité à 1%).

Nous observons, sans surprise, que le paiement dégressif n'influence pas significativement le niveau de contribution des sujets, quelle que soit la forme des coûts. Cela est cohérent avec les tests de Wilcoxon effectués précédemment. En revanche, nous constatons que la seule variable explicative qui est significative pour toutes les mesures est le taux d'actualisation du sujet, et que cette variable est négative quelle que soit la mesure considérée, ce qui va dans le sens de notre hypothèse de recherche H1. En effet, cela signifie que plus le sujet a une préférence pour le présent, moins il souhaite contribuer dans un projet l'engageant sur plusieurs années.

[29] Rappelons que, pour ces régressions, nous prenons comme valeur du taux d'actualisation individuel la borne supérieure de l'intervalle correspondant au point de passage de l'option A à l'option B (voir tableau 7).

Le taux d'actualisation individuel a cependant une significativité bien moins importante dans le cas du projet à coûts constants (C_1), ce qui est cohérent avec le modèle théorique. En effet, contribuer à ce projet n'implique pas, pour le sujet, de sacrifier une partie de son gain présent au profit de son gain futur. Il n'y a pas, ici, de dilemme pour le sujet, puisque chaque jeton investi dans le projet augmente à la fois son gain présent et son gain futur. Quelle que soit la valeur de son taux d'actualisation, le sujet a alors tout intérêt à contribuer pleinement à ce projet.

Nous regardons maintenant si la décision de participer dans le projet est aussi influencée par le taux d'actualisation des sujets. Pour cela, nous réalisons des régressions probits.

	C_1	C_2	C_3	C_4
Paiement Dégressif	-0,439	0,494	-0,399	-0,154
	(0,577)	(0,330)	(0,312)	(0,262)
Taux Actualisation	-0,701	-1,737***	-1,494***	-1,056***
	(0,692)	(0,467)	(0,423)	(0,350)
Sexe	-0,041	0,107	-0,132	0,220
	(0,581)	(0,340)	(0,316)	(0,271)
Expérience	1,221**	0,665*	0,505	0,348
	(0,616)	(0,382)	(0,381)	(0,329)
Baccalauréat	1,647**	-0,405	-0,148	-0,058
	(0,641)	(0,555)	(0,476)	(0,398)
Eco-Gestion	-[30]	0,064	-0,565	-0,493
		(0,445)	(0,351)	(0,313)
Ordre Traitement	0,911	0,383	0,041	0,134
	(0,600)	(0,342)	(0,322)	(0,277)
Constante	0,037	1,590**	2,142***	1,193**
	(0,836)	(0,731)	(0,710)	(0,561)
Pseudo R^2	0,3593	0,2330	0,1761	0,0955

Tableau 19 : Régressions probit sur la participation des sujets à chaque projet (* : significativité à 10% ; ** : significativité à 5% et *** : significativité à 1%).

[30] Variable omise, car la totalité des sujets qui n'ont pas participé à ces projets (paiement fixe et paiement dégressif) n'ont pas fait d'études en sciences économiques.

Nous observons que le paiement dégressif ne constitue pas, non plus, une variable explicative dans la décision des sujets de participer. En revanche, de même que pour le niveau moyen de contribution, le taux d'actualisation a un impact significatif et négatif dans la décision des sujets de participer aux trois projets les plus exigeants C_2, C_3 et C_4. Nous remarquons, sans surprise, que cela n'est pas le cas pour le projet aux coûts constants.

Nous avons ensuite réalisé une régression afin de connaître les déterminants de l'évolution de la contribution entre un projet avec paiement fixe et le même projet avec paiement dégressif. Soit ΔX_i la différence de contribution du sujet i entre un projet à paiement fixe et le même projet avec paiement dégressif.

$$\Delta X_i = \sum_{n=1}^{N} \beta_{ni} K_{ni} + \varepsilon_i$$

Le tableau ci-dessous nous indique le résultat de ces régressions pour chaque projet.

	C_1	C_2	C_3	C_4
Taux Actualisation	-0,487	-0,296	-0,539	0,350
	(0,380)	(0,635)	(0,555)	(0,630)
Sexe	0,173	0,250	0,453	-0,434
	(0,318)	(0,476)	(0,429)	(0,614)
Expérience	-0,869*	0,202	0,237	0,723
	(0,447)	(0,569)	(0,599)	(0,702)
Baccalauréat	0,331	-0,245	0,195	0,513
	(0,334)	(0,403)	(0,565)	(0,628)
Eco-Gestion	-0,057	0,145	-0,177	0,807
	(0,423)	(0,452)	(0,639)	(0,669)
Ordre Traitement	1,467***	0,822*	0,807	1,713***
	(0,356)	(0,442)	(0,506)	(0,545)
Constante	0,106	-0,504	-0,647	-1,816*
	(0,578)	(0,827)	(0,880)	(1,023)
Pseudo R^2	0,3286	0,0782	0,0753	0,2015

Tableau 20 : Régressions MCO sur la différence du niveau de contribution des sujets entre un projet avec paiement fixe et le même projet avec paiement dégressif (* : significativité à 10% ; ** : significativité à 5% et *** : significativité à 1%)

Nous observons que « Ordre Traitement » est la seule variable significative pour 3 des 4 projets. Rappelons que « Ordre Traitement » prend la valeur de 1 lorsque les projets à paiement fixe sont proposés avant les projets à paiement dégressif. Ainsi, la variable « Ordre Traitement » positive et significative signifie que la contribution au projet dégressif est plus élevée lorsque le paiement dégressif est proposé après le paiement fixe. Ce résultat est conforme à notre hypothèse de départ concernant l'impact de l'ordre des sessions sur la contribution des sujets.

Enfin, nous souhaitons vérifier que l'aversion au risque des sujets n'influence pas leur niveau de contribution aux projets. Pour cela, nous reprenons la régression MCO effectuée précédemment (voir tableau 20) en intégrant, cette fois-ci, le paramètre d'aversion au risque dans les variables explicatives (voir tableau 21 ci-dessous).

	C_1	C_2	C_3	C_4
Paiement Dégressif	-0,276 (0,247)	0,125 (0,287)	-0,045 (0,312)	-0,168 (0,340)
Paramètre d'aversion au risque	-0,088 (0,143)	0,264 (0,167)	0,356* (0,185)	0,169 (0,183)
Taux Actualisation	-0,581* (0,344)	-2,123*** (0,381)	-1,703*** (0,438)	-1,859*** (0,447)
Sexe	-0,190 (0,252)	0,593** (0,282)	0,124 (0,323)	0,346 (0,352)
Expérience	1,017*** (0,372)	0,106 (0,398)	0,227 (0,455)	0,280 (0,465)
Baccalauréat	0,717 (0,455)	0,450 (0,359)	0,541 (0,421)	0,612 (0,408)
Eco-Gestion	-0,003 (0,291)	0,168 (0,293)	-0,501 (0,386)	-0,320 (0,401)
Ordre Traitement	0,437 (0,274)	0,038 (0,310)	-0,064 (0,352)	-0,434 (0,373)
Constante	2,872*** (0,693)	3,404*** (0,626)	3,403*** (0,697)	3,183*** (0,693)
	R^2 = 0,1272	R^2 = 0,2365	R^2 = 0,1653	R^2 = 0,1568

Tableau 21 : Régressions MCO sur le niveau de contribution des sujets à chaque projet (* : significativité à 10% ; ** : significativité à 5% et *** : significativité à 1%).

Nous observons que le paramètre d'aversion au risque des sujets ne permet pas d'expliquer significativement leur niveau de contribution. Seul le niveau de contribution des sujets pour la mesure C_3 est significativement expliqué par le paramètre d'aversion au risque du sujet, et seulement avec un seuil de 10%. Ce résultat nous conforte dans notre décision de ne considérer que les préférences temporelles des sujets comme élément influençant dans leurs décisions lorsque les gains et pertes liés à l'engagement dans les projets sont certains.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons testé le modèle de décision développé dans le chapitre précédent par le biais d'une expérience décontextualisée, réalisée au sein d'un laboratoire d'économie expérimentale et avec une population de sujets en grande partie étudiante. L'expérience nous montre que la forme des coûts a bien une incidence sur la participation des sujets. Par ailleurs, plus le taux d'actualisation est élevé, moins les sujets contribuent aux projets proposés, ce qui est cohérent avec notre hypothèse de recherche. En revanche, nous n'observons pas de différence significative dans la contribution des sujets entre un projet à paiement fixe, et le même projet avec un paiement dégressif, ce qui est contraire à notre hypothèse. Néanmoins, notre modèle de décision prédit ce même résultat en se basant sur les taux d'actualisation estimés des sujets. En effet, il semblerait que cela soit dû à un mauvais paramétrage de notre paiement dégressif, qui n'est pas suffisamment incitatif comparé au paiement fixe. Par ailleurs, nous constatons que le taux d'actualisation a une incidence moindre sur le niveau de contribution des sujets, et nulle sur leur décision de participation, lorsque le projet est à coûts constants. Ce résultat est aussi prédit par notre modèle de décision.

La principale limite de notre expérience réside dans le fait qu'elle ne nous permet pas de montrer qu'un paiement dégressif est plus incitatif qu'un paiement fixe. Par ailleurs, elle ne nous permet pas de déterminer si l'aversion au risque est une variable déterminante dans le choix de souscrire à un contrat agro-environnemental. Une expérience supplémentaire, proposant un paiement dégressif avec un niveau de dégressivité plus important, et intégrant des risques dans les valeurs de coûts du projet, pourrait être réalisée afin de pallier ce manque.

Malgré les limites de cette expérience, nous observons que ses résultats confortent ceux obtenus par notre modèle théorique développé dans le chapitre précédent. Plus particulièrement, nous observons que le taux d'actualisation est une variable significative dans la prise de décision de contribuer. Ce résultat encourageant nous pousse à approfondir la piste du paiement dégressif comme solution à un défaut de participation des agriculteurs dans les MAE, en particulier lorsque des investissements ponctuels doivent être réalisés en début de contractualisation.

Chapitre 4
Préférence des agriculteurs pour un contrat à paiement dégressif

Introduction

Nous avons vu que les préférences temporelles et le paramètre d'aversion au risque influencent un individu dans sa décision de souscrire à un contrat. Cependant, il est nécessaire de tester la validité externe de ces résultats auprès d'une population d'agriculteurs. De nombreuses études ont montré que des facteurs, tels que le niveau d'éducation de l'agriculteur (Giannakopoulos et Damianos, 2002), sa confiance envers les institutions (Polman et Slangen, 2008) ou encore la part des revenus agricoles dans les revenus du foyer (Unay Gailhard et Bojnec, 2015) peuvent avoir un impact sur la décision de souscrire à une MAE. Mais à notre connaissance, seul un travail a étudié le lien entre préférences temporelles, aversion au risque et préférences pour un contrat (Fischer et Wollni, 2018). Cette étude montre que les agriculteurs ayant un fort taux d'actualisation préfèrent avoir un paiement immédiat que retardé. Cependant, les contrats étudiés ne sont pas des contrats agro-environnementaux et l'étude se déroule dans un pays en développement, ayant un contexte en termes de risques et de préférences temporelles différents que par rapport au territoire Européen dans lequel sont mises en place les MAE (Yesuf et Bluffstone, 2009 ; Liebenehm et Waibel, 2014). Dans ce chapitre, nous approfondissons cette piste afin d'améliorer le dispositif agro-environnemental en proposant une MAE avec paiement dégressif.

L'objectif de ce chapitre est de révéler les préférences des agriculteurs pour des MAE basées sur un paiement dégressif et d'étudier le lien entre ces préférences et leurs préférences en termes d'actualisation et d'aversion au risque. En effet, au vu de l'étude expérimentale précédente, ce type de paiement permettrait notamment de faire accepter des contrats plus exigeants, en prenant en compte les préférences des individus ainsi que les coûts de mise en œuvre que nécessitent les changements de pratiques.

Dans la littérature, plusieurs méthodes d'évaluations des préférences sont mobilisées, notamment les méthodes de préférences révélées et les méthodes de préférences déclarées.

Dans cette dernière catégorie, et afin de répondre à notre problématique, nous appliquerons la méthodologie du *choice experiment* (CE). Cette méthode permet d'évaluer le consentement à payer ou à recevoir des individus pour chaque caractéristique d'un même bien (Adamowicz *et al*., 1998) et d'étudier les arbitrages réalisés par les individus pour hiérarchiser leurs préférences et identifier les relations de choix entre les différentes caractéristiques. Cette dernière méthode est celle qui correspond le mieux à notre question de recherche.

À l'origine, utilisé en marketing et en économie des transports, le CE a, depuis, été mobilisé dans de nombreuses études d'évaluations de contrats agro-environnementaux. Ainsi, de nombreuses modalités du contrat ont été évaluées, que ce soit la durée du contrat (Christensen *et al*., 2011 ; Broch et Vedel, 2012), les contraintes administratives (Ruto et Garrod, 2009), diverses contraintes en termes de pratiques agricoles (Alló *et al*., 2015 ; Villanueva *et al*., 2015), la présence d'une assistance technique (Franzen *et al*., 2016) ou encore les modalités de contrôle (Greiner, 2016). Le mécanisme de paiement fait partie des caractéristiques évaluées dans les études de CE, notamment sur la valeur du montant total (Lienhoop et Brouwer, 2015), et sur la présence d'un bonus ou d'un engagement collectif (Kuhfuss *et al*., 2014 ; Villanueva *et al*., 2017). Cependant, peu d'études de CE se sont focalisées sur la forme du paiement. Pourtant, les résultats semblent indiquer qu'il est nécessaire d'étudier plus en profondeur cet aspect du contrat. Ainsi, il a été montré que les agriculteurs de Madagascar accordent de l'importance au choix du mois durant lequel ils reçoivent le paiement dans le cadre d'un PSE (Randrianarison *et al*., 2017). Par ailleurs, une autre étude a révélé que les agriculteurs ont une préférence pour le versement d'un paiement plus important la première année, bien que cet intérêt diffère grandement d'une région à une autre (Espinosa-Goded *et al*., 2010).

L'originalité de notre travail est d'étudier les préférences des agriculteurs pour des contrats à paiement dégressif tout en mesurant l'impact des préférences, en termes d'actualisation et de risques, sur les décisions des agriculteurs. Nous faisons l'hypothèse que plus la préférence pour le présent et l'aversion au risque d'un agriculteur sont élevées, plus sa préférence pour un paiement dégressif sera élevée. Par ailleurs, en nous basant sur les résultats obtenus dans le chapitre précédent, nous faisons aussi l'hypothèse que plus le niveau d'exigence d'une mesure est élevé, c'est-à-dire plus elle requiert des coûts de mise en œuvre importants et ponctuels, plus la préférence d'un agriculteur pour un paiement dégressif sera importante.

Ce chapitre est organisé de la manière suivante : dans un premier temps, nous présenterons le terrain d'étude, puis nous ferons un descriptif détaillé de notre protocole d'enquête. Enfin, nous présenterons l'ensemble des résultats, que nous discuterons avant de conclure.

1. Le terrain

Notre étude se focalise sur le territoire du Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne (PNR VA). Ce PNR est porteur de 6 Projets Agro-Environnementaux et Climatiques (PAEC), zones caractérisées par des enjeux environnementaux bien spécifiques, et dans lesquelles sont proposées les MAEC : « Tourbières et Zones Humides du Nord Cantal » (TZH Nord Cantal) en 2015-16 ; « Chaîne des Puys » (CDP) en 2016 ; « Monts Dore » en 2016-17 ; « Lacs et Tourbières du Cézallier » (LT Cézallier) en 2016-17 ; « Monts du Cantal » en 2016-17 et « Sources de la Dordogne, Sancy et Artense » (SDSA) en 2017 (voir figure 22 ci-après).

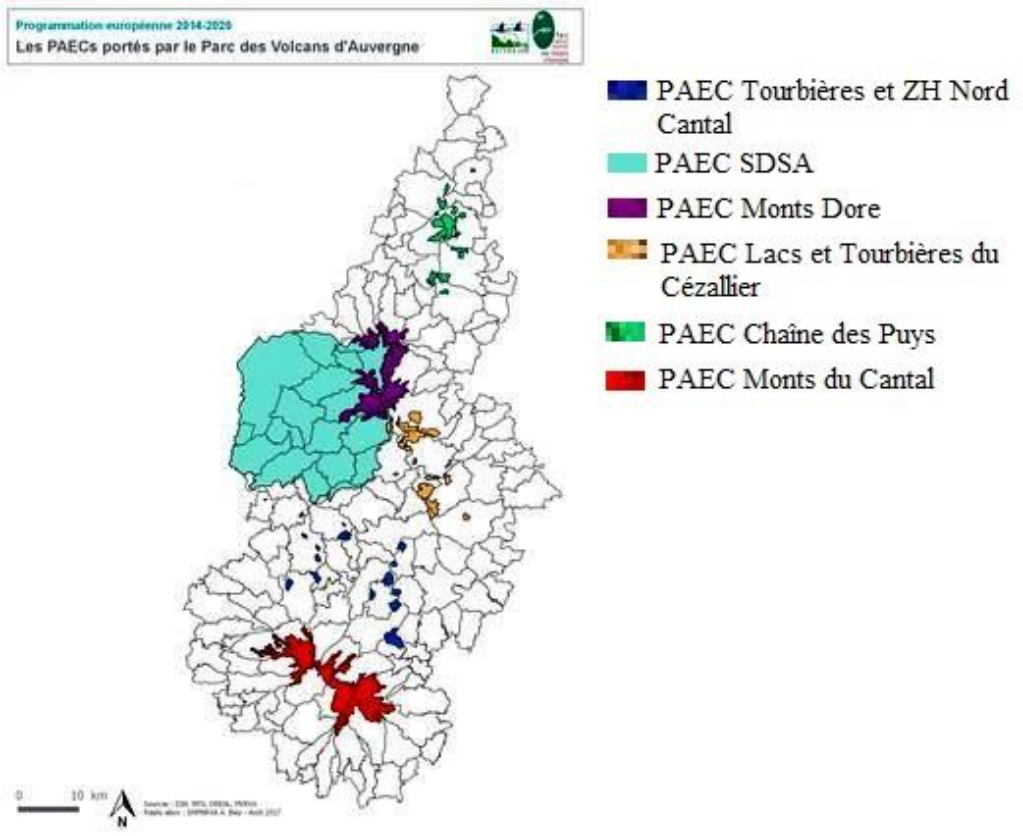


Figure 22 : Les PAEC portés par le PNR Volcans d'Auvergne (source : PNR VA).

Nous choisissons ce terrain d'études pour deux raisons pratiques :

- L'ensemble des PAEC animés par le PNR concerne un total de 583 exploitations, ce qui constitue un *pool* suffisamment élevé pour réaliser nos enquêtes. Or, les enquêtes doivent être réalisées au sein de PAEC portés par un unique opérateur agro-environnemental. En effet, il a été montré que le travail d'animation effectué par l'opérateur constitue une variable importante dans l'acceptabilité des MAEC par les agriculteurs (Decamps, 2011). Sélectionner un seul territoire permet d'avoir un contrôle sur cette variable qui n'est pas le sujet de notre étude.

- À l'heure actuelle, les mesures « Surfaces Herbagers et Pastoraux » (SHP) totalisent à elles seules plus de la moitié de la SAU placée sous contrat MAEC dans le territoire du PNR. Or, il s'agit de mesures peu exigeantes et explicitement à maintien de pratiques existantes. Ce terrain est donc pertinent pour tester un nouveau dispositif agro-environnemental permettant d'accroître l'acceptabilité de pratiques plus exigeantes.

1.1. Contexte agricole

L'agriculture de l'ensemble du territoire est tournée en grande partie vers de l'élevage extensif, près de 80% des exploitations étant orientées dans l'élevage de bovins en système allaitant (veau avec mère ou génisse), bovins mixtes et bovins laitiers (essentiellement transformateurs fromagers). De l'élevage ovin (environ 10% des exploitations du PNR) est aussi présent dans les PAEC CDP et Monts Dore. Certains PAEC sont situés en zone AOP : Saint-Nectaire pour les PAEC Monts Dore, LT Cézallier et SDSA ; Bleu d'Auvergne, Cantal et Salers pour les PAEC TZH Nord Cantal et Monts du Cantal. Ainsi, sur l'ensemble du territoire, près de 4 exploitations sur 10 sont en AOP ou certifiées Label Rouge. Le territoire est, par ailleurs, caractérisé par la présence importante d'estives collectives (de 25 à 82% de la SAU selon le PAEC). Le tableau ci-dessous résume l'ensemble des caractéristiques agricoles du territoire du PNR VA.

Chef d'exploitation homme		74,3%
SAU Moyenne		66,17ha
Statut juridique	Individuelle	74,75%
	GAEC	15,49%
	EARL	7,98%
	Total	100%
OTEX	Bovin viande	35,34%
	Bovin lait	27,51%
	Bovin mixte	16,03%
	Autres	21,12%
	Total	100%
Dispositif de valorisation collectif	AOP/Label Rouge	38,83%
	Bio/Autres[31]	9,76%

Tableau 22 : Principales caractéristiques du secteur agricole du PNR VA (source : Agreste – 2013).

La SAU est essentiellement constituée de prairies, que l'on peut distinguer selon deux catégories :

- Les prairies d'altitude, difficiles d'accès, qui sont des prairies de pâtures, naturelles et permanentes. Elles ne font pas — ou très peu — l'objet d'épandage de fumier ou de lisier et le mode d'exploitation y est extensif. Néanmoins, le libre pâturage des bêtes implique que, parfois, elles privilégient des parties à d'autres, ce qui entraîne le surpâturage de certaines prairies et le sous-pâturage d'autres prairies qui, à terme, peuvent se retrouver envahies.

- Les prairies de proximité, situées en basse altitude. Beaucoup plus faciles d'accès, il s'agit plus généralement de prairies de fauche qui peuvent subir des pratiques plus intensives (fertilisation, épandage de lisier ou de fumier).

[31] Il existe, notamment, plusieurs marques/labels implantés localement. Entre autres, nous pouvons citer la Marque Parc et la Marque Altitude 1886.

1.2. Contexte agro-environnemental

Les PAEC du PNR VA sont principalement concernés par l'enjeu biodiversité et, dans une moindre mesure, par l'enjeu eau.

- Enjeu biodiversité : les habitats d'intérêts communautaires de l'enjeu biodiversité correspondent en grande partie à des prairies et landes dites acidiphiles[32] situées en altitude (de 70% à 95% de la surface totale, selon les PAEC). Ces prairies, dont la subsistance dépend directement de l'agropastoralisme, présentent un grand intérêt en termes de diversité végétale et accueillent un grand nombre d'espèces d'oiseaux rares. Ainsi, pour ces prairies de pâtures situées en altitude, l'objectif principal est de maintenir les bonnes pratiques afin d'éviter une éventuelle fermeture des milieux. Pour les prairies de proximités généralement destinées à la fauche, il s'agit aussi de limiter les pratiques de fertilisation, qui dégradent la biodiversité locale. Enfin, les tourbières et zones humides ont un état de conservation qui est très variable d'un PAEC à un autre (de « mauvais » à « très bon »). Selon la qualité de l'état de conservation, l'objectif est alors soit de faire perdurer les bonnes pratiques agro-pastorales, soit de limiter la fertilisation et le chaulage qui fragilisent les sols et peuvent être source d'eutrophisation des eaux stagnantes.

- Enjeu eau : les territoires des PAEC sont situés sur le bassin versant de l'Allier, de la Dordogne et du Lot, et certains incluent par ailleurs des lacs. La plupart des cours d'eau et lacs ont été jugés en « bon état » en 2015, seul le Lac Pavin ayant été jugé en état « moyen ». Ces cours d'eau et lacs sont tous situés à proximité de parcelles agricoles et sont donc pleinement dépendants de l'activité agricole. L'objectif est donc de conserver les pratiques extensives et limiter la fertilisation des sols à proximité de ces cours d'eau.

1.3. Contexte politique

Ainsi, les mesures proposées dans l'ensemble de ces PAEC visent principalement le maintien de pratiques agricoles extensives, la préservation de la diversité floristique des prairies de fauche, la gestion des zones humides et des ripisylves et, localement, une absence de

[32] Se dit d'une prairie ou d'une lande au sol acide voire très acide.

fertilisation. Le tableau ci-dessous indique l'ensemble des MAEC proposées au sein des PAEC animés par le PNR VA.

Code Mesure	**Nom Mesure**	**PAEC**
Herbe_03	Absence totale de fertilisation minérale et organique azotée	SDSA – Cézallier – MtsCantal – MtsDore – TZH
Herbe_04	Ajustement de la pression de pâturage sur certaines périodes (chargement à la parcelle sur milieu remarquable)	SDSA — TZH
Herbe_06	Retard de fauche sur prairies et habitats remarquables	Cézallier — MtsCantal — MtsDore — TZH
Herbe_07	Maintien de la richesse floristique d'une prairie permanente	SDSA – Cézallier – MtsCantal – MtsDore – TZH
Herbe_09	Amélioration de la gestion pastorale	SDSA – Cézallier – CDP – MtsCantal – MtsDore – TZH
Herbe_13	Gestion des milieux humides	SDSA
Linea_03	Entretien des ripisylves	SDSA
Linea_08	Entretien de bandes refuges sur prairies	TZH
Milieu_01	Mise en défens temporaire de milieux remarquables	SDSA – Cézallier — MtsDore — TZH
Ouvert_01	Ouverture d'un milieu en déprise	SDSA
Ouvert_02	Maintien de l'ouverture par élimination mécanique ou manuelle des rejets ligneux et autres végétaux indésirables	CDP – MtsCantal — MtsDore — TZH
SHP_01	Systèmes herbagers et pastoraux (individuelle)	Cézallier — MtsCantal — MtsDore
SHP_02	Systèmes herbagers et pastoraux (collective)	Cézallier — CDP — MtsCantal — MtsDore

Tableau 23 : Description des MAEC mises en place au sein du territoire du PNR VA.

2. La méthode du choice experiment

2.1. Choix de la méthode

Nous souhaitons tester une mesure hypothétique, il n'existe donc pas de choix réels. Nous devons alors éliciter les préférences des individus par le biais de méthodes de préférences déclarées. Au sein de cette catégorie, nous pouvons distinguer deux principales méthodes : les méthodes d'évaluations contingentes et le Choice Experiment (CE). Les méthodes d'évaluations contingentes consistent à demander aux individus quel est leur consentement à payer ou à recevoir maximal pour un bien, tandis que le CE permet d'étudier les arbitrages entre les différentes caractéristiques d'un bien qui sont réalisés par les individus.

La principale limite des méthodes d'évaluations des préférences déclarées est qu'il existe un biais hypothétique sur lequel nous ne pouvons pas avoir de contrôle, et ce biais est particulièrement important dans le domaine de l'environnement, les enquêtés risquant de paraître plus pro-environnement qu'ils ne le sont réellement (Hanley *et al*., 2001). Cependant, la complexité des décisions à accomplir lors d'un CE, résultant de l'arbitrage entre plusieurs caractéristiques d'un bien, ainsi que des limites cognitives des individus, rendent plus difficile la manipulation par l'enquêté. Par ailleurs, l'objectif de notre étude est de tester la possibilité de proposer à des agriculteurs une MAE plus exigeante, et d'analyser sous quelles conditions, notamment en termes de forme de paiement, ces mesures sont acceptées par les agriculteurs. Le CE, qui permet d'étudier les arbitrages des enquêtés entre plusieurs caractéristiques d'un même bien, est donc la méthode d'évaluations des préférences qui correspond le plus à notre problématique.

2.2. Principe général

La méthode du CE se déroule de la manière suivante : le bien étudié est décomposé en plusieurs caractéristiques que l'on nomme attributs. Ces attributs varient selon plusieurs niveaux. Ainsi, pour prendre l'exemple ci-dessous, « Amendements Calcaires » est un attribut qui peut avoir deux niveaux différents : interdiction ou autorisation. Dans tout CE doit apparaître un attribut monétaire, ici « montant du paiement » (si l'on cherche à estimer une propension à recevoir) ou « montant du coût » (si l'on cherche à estimer une propension à payer). À chaque enquêté, nous proposons de faire plusieurs décisions. Chaque décision

consiste à choisir une alternative parmi plusieurs qui lui sont proposées, et qui diffèrent entre elles sur un ou plusieurs attributs. Le choix se fait généralement entre deux alternatives, auxquelles peut s'ajouter une alternative *opt out*/*statu quo* qui pourrait se traduire par l'alternative « ni l'une ni l'autre ». L'ensemble de ces alternatives présentées de façon décomposée en attributs se nomme une « carte de choix » (voir figure 2 ci-dessous). L'enquêté doit donc faire un choix dans chaque carte de choix, et nous lui en présentons plusieurs à la suite. Les choix de l'enquêté permettent alors d'estimer la propension à recevoir/à payer marginale pour chaque variation de niveau d'un attribut par rapport au niveau de référence.

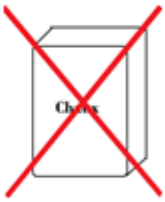
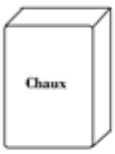
<table>
<tr><th></th><th colspan="2">Option A</th><th colspan="2">Option B</th><th>Option C</th></tr>
<tr><td>Paiement annuel moyen</td><td colspan="2">175€/ha/an</td><td colspan="2">75€/ha/an</td><td rowspan="7">Je ne m'engage dans aucun contrat</td></tr>
<tr><td>Amendements calcaires</td><td colspan="2">Interdiction
 
</td><td colspan="2">Autorisation
 
</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Type de paiement</td><td>Année 1</td><td>200%</td><td>Année 1</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 2</td><td>100%</td><td>Année 2</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 3</td><td>100%</td><td>Année 3</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 4</td><td>100%</td><td>Année 4</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 5</td><td>0%</td><td>Année 5</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Votre décision</td><td colspan="2">☐</td><td colspan="2">☐</td><td>☐</td></tr>
</table>

Figure 23 : Exemple de carte de choix.

2.3. La théorie

La méthode du CE se base sur la théorie des choix discrets, qui elle-même repose sur deux modèles :

- La *Random Utility Theory* (RUT) (McFadden, 1973 ; Manski, 1977) selon laquelle la fonction d'utilité des consommateurs est composée d'un terme déterministe et

observable ainsi que d'un terme d'erreur. Par exemple, pour un bien i, la fonction d'utilité U_i associée à sa consommation est :

$$U_i = V_i + \varepsilon_i \tag{59}$$

avec V_i la composante déterministe et observable, et ε_i le terme d'erreur, représentant l'ensemble des facteurs de choix non observables.

- Le modèle de Lancaster (Lancaster, 1966) décompose le bien en plusieurs caractéristiques et stipule que l'utilité qu'un bien i procure à un individu peut être vue comme la somme des utilités engendrées par chaque attribut x_{ik} qui compose ce bien. Ainsi, pour un bien i, composé de K attributs, l'utilité que retire l'individu de sa consommation est :

$$U_i = \sum_{k=1}^{K} U(x_{ik}) \tag{60}$$

Ainsi, si l'on considère que le bien i est caractérisé par un vecteur X_i de K attributs et que l'individu n est caractérisé par un vecteur Z_n de A caractéristiques observables, alors :

$$U_{in} = V(X_i, Z_n) + \varepsilon(X_i, Z_n) \tag{61}$$

avec :

$$V(X_i, Z_n) = \sum_{k=1}^{K} \beta_{ik} x_{ik} + \sum_{a=1}^{A} \alpha_{an} z_{an} \tag{62}$$

avec β_{ik} le poids de l'attribut x_{ik} dans l'utilité du bien i et α_{an} le poids de la caractéristique individuelle z_{an} dans l'utilité du bien i.

2.4. Le modèle économétrique

Pour un même individu, il existe autant de fonctions d'utilités qu'il existe d'options. L'individu n qui doit faire un choix entre I options compare l'utilité U_i associée à chaque option i (i = 1,…, I) et choisit l'option qui maximise l'utilité. Nous faisons l'hypothèse que les agriculteurs sont homogènes en préférences, c'est-à-dire que leurs caractéristiques individuelles n'entrent pas en compte dans le modèle. Nous pouvons alors définir l'utilité associée à un bien i de la manière suivante :

$$U_{in} = U_i = \sum_{k=1}^{K} \beta_{ik} x_{ik} + \varepsilon_i \tag{63}$$

Le modèle logit conditionnel définit la probabilité que l'individu n choisisse l'alternative i comme étant :

$$P_{in} = P\left[V_{in} + \varepsilon_{in} \geq V_{jn} + \varepsilon_{jn} \; \forall j, i \in I, j \neq i\right] \tag{64}$$

Autrement dit, la probabilité que l'individu n choisisse l'option i est égale à la probabilité que l'utilité de cette option i soit supérieure à l'utilité de chaque option j, quel que soit j différent de i.

L'équation (64) peut aussi s'écrire :

$$P_{in} = P\left[\left(\varepsilon_{in} - \varepsilon_{jn}\right) \leq \left(V_{in} - V_{jn}\right) \forall j \in I, j \neq i\right] \tag{65}$$

Ainsi, la probabilité que l'individu n opte pour i est égale à la probabilité que la différence des sources d'utilité non observables soit inférieure à la différence des utilités observées.

Ne disposant pas d'information sur les termes d'erreurs, nous faisons l'hypothèse qu'ils suivent la même loi de distribution et sont indépendants les uns des autres, il s'agit de l'hypothèse IID (Indépendants et Identiquement Distribués). Plus précisément, nous faisons ici l'hypothèse classique qu'ils suivent une loi de distribution de type *extrem value* de type EV1 (aussi appelée distribution de Weibull (Castillo *et al*., 2008)) :

$$P\left[\varepsilon_{jn} \leq \ \varepsilon\right] = \exp(-\exp(-\varepsilon)) \quad (66)$$

Ainsi (65) devient :

$$P_{in} = \frac{\exp(V_{in})}{\sum_{j=1}^{J} \exp(V_{jn})} \quad (67)$$

$$= \frac{\exp(\beta_i X_i)}{\sum_{j=1}^{J} \exp(\beta_j X_j)} \quad (68)$$

3. Présentation du protocole

La construction du *design* expérimental du CE doit suivre un certain nombre d'étapes (Hanley *et al*., 2001 ; Hensher *et al*., 2015). La figure ci-après résume les différentes étapes que nous avons suivies pour la construction du *design* et la réalisation de l'enquête.

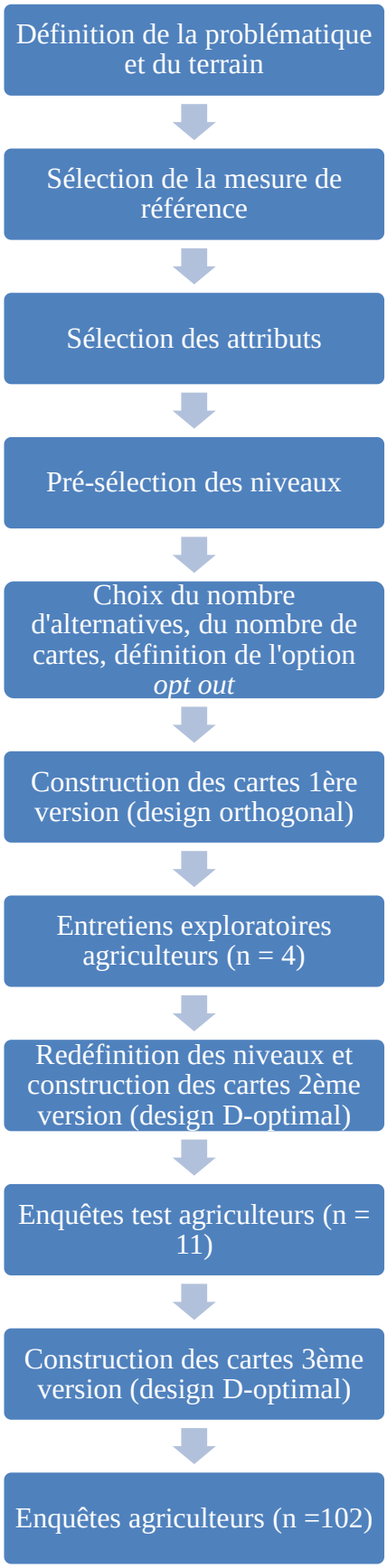


Figure 24 : Les différentes étapes de la construction du *design* expérimental.

3.1. La sélection de la mesure

Afin d'atteindre les objectifs agro-environnementaux du PNR, est mise en place, entre autres, la MAEC « Amélioration de la gestion pastorale » constituée de l'engagement unique Herbe_09. L'agriculteur contractualisant cette mesure doit tenir plusieurs engagements :

- Faire établir, par une structure agréée[33], un plan de gestion pastorale sur les parcelles engagées. Ce plan comprend un ensemble de préconisations sur :
    - Le chargement moyen des parcelles engagées[34].
    - La période prévisionnelle d'utilisation pastorale.
    - La pose et dépose de clôtures en cas de conduite en parcs tournants.
    - L'installation/le déplacement éventuel de points d'eau.
    - Conditions dans lesquelles l'affouragement (approvisionnement en fourrage) temporaire est autorisé.
    - Autres pratiques spécifiques pour cas particuliers.

- Mettre en œuvre le plan de gestion pastorale.
- Interdiction du retournement des surfaces engagées (un seul renouvellement par travail superficiel du sol sur les 5 ans est autorisé).
- Interdiction d'utilisation des produits phytosanitaires sur les surfaces engagées (sauf désherbage chimique par traitement localisé visant à lutter contre les chardons, les rumex et les plantes envahissantes).
- Enregistrement des interventions sur chacun des éléments engagés.

Cette MAEC fait partie des mesures dont les coûts peuvent ne pas être répartis de façon homogène sur les 5 années de la contractualisation. En effet, selon le plan de gestion pastorale qui est établi, l'agriculteur peut avoir, la première année, des coûts financiers et en temps de travail conséquents (pose des clôtures, installation ou déplacement de points d'eau). La mise en place d'un contrat à paiement dégressif est alors justifiée pour cette mesure. En outre :

[33] En l'occurrence, depuis 2016, le PNR Volcans d'Auvergne a décidé de prendre en charge l'établissement du plan de gestion pastorale.

[34] Le chargement est défini comme étant le rapport entre la surface utilisée et l'effectif moyen d'animaux présents sur les parcelles.

- Cette mesure vise explicitement « le maintien des zones à vocation pastorale ». Il existe donc un intérêt pour que les agriculteurs poursuivent leurs pratiques après la fin du contrat. La mise en place d'un paiement dégressif habituerait les agriculteurs à maintenir ces pratiques sans contrepartie financière.

- Cette mesure est proposée dans tous les PAEC conduits par le PNR VA. Nous disposons ainsi d'un nombre conséquent d'agriculteurs qui sont concernés par la mise en place de cette mesure. Or, il est important de n'enquêter que des agriculteurs qui peuvent réellement être amenés à contractualiser cette mesure, sans quoi cela pourrait biaiser les résultats. En effet, pour un agriculteur qui ne serait jamais amené à contractualiser la MAEC sur laquelle repose le CE, le biais hypothétique serait plus important. Par ailleurs, les préférences en termes de compensations à recevoir des enquêtés ne seraient pas représentatives de celles des agriculteurs qui sont réellement sollicités à contractualiser cette mesure.

- Pour certaines mesures mises en place au sein du PNR, le montant annuel du paiement dépend du diagnostic du territoire établi au préalable par l'opérateur. Le montant du paiement peut ainsi varier d'un PAEC à un autre en fonction du niveau des engagements estimés nécessaires et des pratiques de références. C'est le cas, par exemple, de la mesure Herbe_03 « Absence totale de fertilisation minérale et organique azotée » dont le montant proposé varie de 48,94€/ha/an (pour le PAEC TZH Nord Cantal) à 96,97€/ha/an (pour le PAEC SDSA). Ces différences en termes d'engagements et de paiements proposés posent problème dans le cadre d'une enquête de CE, puisqu'alors les niveaux de montants de paiement total proposés n'ont pas la même valeur d'un territoire à un autre. La mesure Herbe_09 a l'avantage d'avoir un montant proposé (75,44€/ha/an) et des engagements identiques dans tous les PAEC conduits par le PNR VA.

- Enfin, lors des campagnes de contractualisation 2015 et 2016, qui concernent l'ensemble des PAEC sauf le PAEC SDSA, un total de 67 exploitants ont contractualisé la MAEC Gestion Pastorale (hors estives collectives) pour une surface totale de 3288,15 hectares, ce qui représente un peu plus de 20% de la SAU concernée

par cette mesure. Il existe donc un réel besoin à faire accroître la participation des agriculteurs dans cette mesure.

3.2. La sélection des attributs et des niveaux

3.2.1. La sélection des attributs

Le découpage du contrat agro-environnemental en attributs doit répondre à 3 critères :

- Ils doivent être crédibles pour les agriculteurs enquêtés. Un agriculteur ne répondra pas sérieusement à l'enquête s'il juge que les contrats présentés sont irréalisables.

- Ils doivent avoir un lien avec la problématique : est-ce qu'un contrat à paiement dégressif est attractif pour les agriculteurs et, si oui, sous quelles conditions ? Autrement dit, est-ce qu'un contrat à paiement dégressif est préférable *ceteris paribus* ou est-ce qu'il existe des effets d'interaction entre la forme du paiement et d'autres attributs du contrat ?

- Ils doivent être pertinents pour le décideur public. L'objectif est de proposer une forme de contrat qui peut éventuellement être mise en œuvre par les politiques. Pour cela, il doit présenter un avantage par rapport au contrat actuel. Cet avantage peut être de plusieurs natures : soit accroître la participation des agriculteurs à budget total équivalent ; soit faire diminuer le budget total de la mesure à participation équivalente ; soit, enfin, accroître le bénéfice environnemental de la contractualisation de la mesure, sans faire diminuer la participation des agriculteurs ni accroître le budget total.

Lors d'une enquête de choix, il est conseillé de sélectionner moins de 6 attributs (montant du paiement inclus). Au-dessus de 6 attributs, l'enquêté doit prendre en compte un nombre trop important de paramètres pour réaliser son choix, ce qui risque de biaiser la décision (Blamey *et al*., 1999). Ici, pour des raisons statistiques, nous optons pour 3 attributs. En effet, la taille minimale de l'échantillon augmente avec le nombre de paramètres à estimer, c'est-à-dire avec le nombre d'attributs sélectionnés. Or, nous ne disposons que d'un *pool* de 583 agriculteurs (ensemble des agriculteurs situés dans les PAEC dans lesquels est mise en place la

mesure Herbe_09), ce qui limite ainsi fortement la taille de l'échantillon, et par conséquent le nombre d'attributs.

Les attributs doivent être sélectionnés parmi l'ensemble des caractéristiques du contrat agro-environnemental, décrites dans le tableau ci-après :

Caractéristiques	Contrat actuel
Aide	Par hectares engagés
	Annuelle
	Constante
	Fixe sur l'ensemble du territoire
Durée	5 ans
Montant de l'aide	75,44€/ha/an
Bénéficiaire	Personne physique ou morale exerçant une activité agricole
Admissibilité	Surfaces éligibles
Administratif	Réalisation du dossier avec l'aide du PNR
	Enregistrement des interventions (estimé 1h/an)
Engagements	Mise en œuvre du plan de gestion pastorale
	Non-retournement des surfaces engagées (sauf 1 retournement par travail superficiel sur les 5 ans)
	Interdiction d'utilisation de produits phytosanitaires (sauf traitements localisés contre rumex, chardons, plantes envahissantes)
Recommandations	Participation à la réalisation du diagnostic agro-environnemental et acceptation du suivi scientifique
	Absence totale de fertilisation (hors restitution par le pâturage)
	Absence d'amendements calcaire
	Limiter les traitements antiparasitaires des animaux pendant la mise à l'herbe
	Absence de semis ou apport de graines et végétaux
	Participation aux réunions d'information proposées
Contrôle	Un contrôle sur les 5 ans

Tableau 24 : Caractéristiques du contrat agro-environnemental Herbe_09

En plus du montant de l'aide, qui est un attribut nécessaire dans une enquête de choix, voici les attributs que nous avons sélectionnés, à partir des entretiens exploratoires réalisés auprès des animatrices PAEC du PNR VA :

- Forme de Paiement : le contrat actuel propose un paiement qui est fixe dans le temps. La problématique centrale de cette étude est de déterminer si les agriculteurs ont une préférence pour des contrats proposant un paiement qui serait dégressif dans le temps. En effet, cette forme de paiement pourrait présenter un avantage pour les agriculteurs en prenant en compte leurs préférences temporelles ainsi que les investissements (pose des clôtures, installation ou déplacement de points d'eau, etc.) induits par la mise en place du plan de gestion pastorale qui doit être réalisée lors de la 1ère année de la contractualisation. Si la préférence des agriculteurs pour un contrat proposant un paiement de forme dégressive est avérée, alors ce type de contrat possède aussi un intérêt pour les décideurs publics, puisque cela permettrait d'accroître la participation des agriculteurs — et donc le bénéfice environnemental — à budget total constant.

- Amendements Calcaires : le PNR VA recommande (mais n'interdit pas) aux agriculteurs qui contractualisent la MAEC Herbe_09, de ne pas réaliser d'amendements calcaires. Cette pratique consiste à épandre de la chaux ou des roches calcaires ou magnésiennes afin de redresser le pH du sol et ainsi le rendre plus productif. Cependant, cette pratique a aussi pour conséquence d'appauvrir le sol. Il est donc interdit en agriculture biologique. La recommandation de ne pas procéder à des amendements calcaires n'est pas suivie par les agriculteurs qui, sur certains territoires, font couramment appel à cette pratique. Sur le plan environnemental, il est donc souhaitable de passer à une interdiction formelle. Pour les agriculteurs, une MAEC Herbe_09 imposant à l'agriculteur une absence d'amendements calcaires peut être vue comme plus exigeante, car elle peut réduire la productivité des prairies (Mijangos *et al*., 2010). Toutes choses étant égales par ailleurs, la participation pour un tel contrat sera donc plus faible. Sélectionner cet attribut dans le CE permettra de déterminer si les agriculteurs sont prêts à accepter un contrat plus exigeant en contrepartie d'un paiement de forme dégressive.

3.2.2. La sélection des niveaux

Les attributs varient selon plusieurs niveaux. Les niveaux des attributs doivent être réalistes, espacés et doivent couvrir l'ensemble des préférences des individus. Pour sélectionner les niveaux, nous nous sommes basés sur la revue de littérature, les enquêtes exploratoires auprès des animatrices des PAEC au sein du PNR VA, puis d'une enquête exploratoire auprès d'agriculteurs volontaires[35]. Les niveaux retenus en définitive pour chaque attribut sont les suivants :

- Forme de Paiement (FP) : paiement fixe/paiement dégressif 1/paiement dégressif 2

Trois niveaux sont sélectionnés : le paiement fixe qui correspond au paiement tel qu'il est proposé actuellement, un paiement dégressif 1et un paiement dégressif 2.

Le paiement dégressif 1 est constitué de la façon suivante : par rapport au paiement fixe, le paiement est doublé la première année et nul la 5ème année (il est inchangé les autres années).

Le paiement dégressif 2 est constitué de la façon suivante : par rapport au paiement fixe, le paiement est triplé la 1ère année et nul les 4ème et 5ème années (il est inchangé les autres années).

Nous avons ainsi sélectionné des formes de paiements qui soient plus différenciées les unes des autres que les formes sélectionnées dans notre expérience en laboratoire. En outre, un doublement ou un triplement du paiement la première année permet d'obtenir un montant suffisamment élevé pour prendre en compte l'ensemble des éventuels investissements que doit réaliser un agriculteur en souscrivant à la mesure.

Le tableau ci-dessous donne un exemple pour chaque forme de paiement.

[35] Les animatrices et agriculteurs ont été interrogés individuellement, en mai 2018.

Année	Paiement fixe	Paiement dégressif 1	Paiement dégressif 2
1	100	200	300
2	100	100	100
3	100	100	100
4	100	100	0
5	100	0	0
Total	500	500	500

Tableau 25 : Exemple pour chaque forme de paiement à montant total équivalent.

- Amendements Calcaires (AC) : autorisation/interdiction

Actuellement, les agriculteurs sont autorisés à effectuer des apports en magnésiums et chaux sur leurs parcelles sous contrat, le PNR VA émettant seulement une recommandation de ne pas faire usage de ces apports. Cependant, il serait pertinent, sur le plan environnemental, de mettre en place une interdiction.

- Montant du Paiement Total (MPT) sur les 5 ans (en €/ha) : 125/375/625/875

Les niveaux de montants proposés doivent être suffisamment espacés pour couvrir les préférences d'un maximum d'agriculteurs. En effet, si les montants proposés sont trop faibles, il existe un risque qu'un nombre élevé d'agriculteurs choisissent systématiquement l'option « ni l'un ni l'autre ». Les entretiens exploratoires auprès d'agriculteurs nous ont permis de calibrer les niveaux du montant du paiement total afin de prendre en compte l'ensemble des préférences.

Les attributs et les niveaux sélectionnés pour cette enquête de choix sont récapitulés dans le tableau ci-dessous.

Attributs	Niveaux
Forme de Paiement (FP)	**Fixe** – Dégressif 1 – Dégressif 2
Amendements Calcaires (AC)	**Autorisation** — Interdiction
Paiement Total (en €/ha) (MPT)	125 – **375** – 625 – 875

Tableau 26 : Attributs et niveaux sélectionnés (en gras, les niveaux correspondants au contrat actuel).

3.3. Choix du nombre d'alternatives et définition de l'option *opt out*

Une revue de la littérature sur le *choice experiment* nous indique qu'il n'est généralement pas pertinent de proposer aux enquêtés plus de deux alternatives. Dans notre enquête, il est d'autant plus préférable de se limiter à deux alternatives que le nombre d'attributs et de niveaux sélectionnés est faible. Un grand nombre d'alternatives accroît les risques de colinéarité entre les niveaux des attributs.

Les MAE étant basées sur un principe de volontariat, nous ne pouvons pas obliger l'enquêté à choisir entre une des deux mesures, il est nécessaire d'ajouter une troisième alternative « ni l'un ni l'autre » appelée aussi *opt out*. Afin d'éviter un biais dans l'analyse des données lié à la présence de cette option, celle-ci doit être crédible et doit être interprétée de la même manière par tous les enquêtés (Kataria *et al*., 2012). Or, la situation d'origine diffère selon les enquêtés puisqu'une partie des agriculteurs sont déjà engagés en MAEC. Afin de remédier à cela, nous plaçons les agriculteurs dans la situation hypothétique d'un dispositif futur. Le contexte hypothétique que nous donnons aux enquêtés est le suivant :

> *Nous supposons que nous sommes en 2021 : le programme MAEC se termine et le nouveau programme agro-environnemental est lancé. Les MAE, dont la MAE Herbe_09 « Amélioration de la gestion pastorale » existent toujours, mais cette dernière est susceptible de varier sur une ou plusieurs caractéristiques par rapport à la MAEC actuelle.*

Ainsi, tous les enquêtés sont dans la même situation hypothétique puisque l'agriculteur doit prendre la décision de souscrire ou non, quelle que fût sa décision lors du dispositif MAEC.

3.4. Le choix du *design* expérimental

Afin de capturer le maximum d'informations, la construction du *design* doit respecter 4 principes (Huber et Zwerina, 1996) :

- L'orthogonalité : l'orthogonalité est atteinte lorsque l'occurrence jointe de deux niveaux d'attributs différents est égale au produit de la fréquence marginale de ces deux niveaux. Autrement dit, le niveau d'un attribut doit varier indépendamment de tout niveau des autres attributs. Afin de satisfaire l'orthogonalité, il est donc nécessaire de minimiser la matrice de multicolinéarité (Kuhfeld *et al*., 1994).

- L'équilibre des niveaux : chaque niveau d'un même attribut doit avoir la même fréquence d'occurrence. Cette condition permet d'assurer un poids égal à chaque niveau lorsque l'enquêté fait ses choix (Huber et Zwerina, 1996).

- Le *minimal overlap* (ou « écart minimal ») : un *design* a un *minimal overlap* lorsque la probabilité que le niveau d'un attribut soit proposé plusieurs fois dans une même carte de choix est la plus petite possible.

- L'équilibre en utilité : les différentes options d'une carte de choix doivent, a priori, proposer le même niveau d'utilité, afin que la probabilité de sélection entre chaque option soit identique. Le *design* gagne alors en efficacité, celui-ci donnant une meilleure information sur les paramètres estimés.

Le *design* factoriel complet consiste à présenter à chaque enquêté la totalité des cartes possibles. C'est la seule forme permettant de respecter l'ensemble des 4 principes. Cependant, un tel *design* serait bien trop lourd à mettre en œuvre. Ainsi, pour notre *design* constitué de 3 alternatives ayant 2, 3 et 4 niveaux, il existe : 2x3x4 = 24 alternatives possibles, ce qui implique de présenter : 24x23 = 552 cartes de choix à chaque enquêté. Il est donc nécessaire de présenter un nombre réduit de cartes de choix. Nous parlons alors de *design* factoriel partiel. Dans la littérature, il existe deux méthodes principales couramment utilisées afin de définir quelles cartes de choix doivent être sélectionnées parmi l'ensemble des possibles : le *design* orthogonal et le *design* efficace (ou D-optimal) :

- Le *design* orthogonal : est basé sur le critère de minimisation du déterminant de la matrice de multicolinéarité, tel que nous l'avons vu précédemment.

- Le *design* D-optimal : est basé sur le critère de minimisation des covariances des paramètres estimés, c'est-à-dire qu'il maximise l'information apportée par chaque choix que doit effectuer l'enquêté. La littérature nomme « D-erreur » le déterminant de la matrice de variance/covariance asymptotique (matrice VCA). La matrice VCA est une matrice symétrique de dimension égale au nombre de paramètres à estimer.

Il n'est pas possible de satisfaire à la fois les deux critères présentés ci-dessus. Il est donc nécessaire de sélectionner un des deux critères, et donc un des deux types de *design*. La littérature montre qu'un *design* D-optimal aboutit à une estimation plus précise des paramètres que le *design* orthogonal, notamment lorsque la taille de l'échantillon est relativement petite, ce qui est le cas dans notre étude (Greiner *et al*., 2014 ; Rose et Bliemer, 2013). Par ailleurs, un *design* orthogonal requerrait de présenter 24 cartes de choix à chaque enquêté, ce qui est un nombre bien trop élevé. Nous optons ainsi pour un *design* D-optimal, tout en respectant au mieux le critère d'orthogonalité et en présentant un nombre raisonnable de cartes de choix à chaque enquêté.

3.5. L'estimation des paramètres et la construction des cartes

La construction d'un *design* D-optimal repose sur la possibilité d'avoir une estimation, a priori, des paramètres (Bliemer et Rose, 2010). En effet, la matrice VCA, et donc son déterminant, ne peuvent être obtenus que lorsque nous avons les paramètres réels. Ceux-ci n'étant pas disponibles avant d'avoir réalisé l'étude, nous pouvons cependant avoir une approximation de la matrice par le biais d'une première estimation des paramètres.

En reprenant l'équation (63), nous pouvons définir l'utilité associée au choix d'un contrat i ainsi :

$$U_i = \beta_1 ASC_i + \beta_2 IAC_i + \beta_3 PD1_i + \beta_4 PD2_i + \beta_5 MPT_i + \varepsilon_i \qquad (69)$$

L'ASC, ou *Alternative Specific Constant* représente le paramètre associé à la préférence pour l'option *opt out*, qui prend donc la valeur 1 si l'alternative *opt out* est choisie, 0 sinon. Les enquêtes exploratoires auprès des agriculteurs et des animatrices du PAEC nous ont permis d'avoir une intuition sur les signes et l'importance de chaque paramètre du modèle logit conditionnel que nous cherchons à estimer (voir tableau 27 ci-dessous).

Paramètre	Attribut/Niveau	Signe supposé
β_1	ASC	positif
β_2	Interdiction Amendements Calcaires (IAC)	négatif
β_3	Paiement Dégressif 1 (PD1)	0
β_4	Paiement Dégressif 2 (PD2)	0
β_5	Montant Paiement Total (MPT)	positif

Tableau 27 : Signes supposés des paramètres du modèle logit conditionnel.

Nous supposons que, toutes choses étant égales par ailleurs, les agriculteurs ont une préférence pour renoncer à un contrat plutôt que d'y souscrire[36], ainsi l'ASC est supposée positive. L'interdiction d'amendements calcaires est perçue comme une mesure exigeante de la part des agriculteurs, donc le signe du paramètre est supposé négatif. Les premiers entretiens avec des agriculteurs nous indiquent que ceux-ci n'ont pas de préférence pour un paiement dégressif. Certains soulignent le fait qu'ils préfèrent recevoir un paiement constant afin de ne pas complexifier leur comptabilité. D'autres déclarent explicitement que la forme du paiement n'a pas de réelle importance. Nous supposons donc un coefficient nul. Enfin, le montant du paiement a un coefficient positif.

À partir de ces informations sur le signe supposé des coefficients, nous avons généré une première série de cartes de choix[37] (voir annexe 5). Une enquête test basée sur ces cartes a été réalisée auprès de 11 agriculteurs du territoire, du 6 au 17 juillet 2018. À partir des résultats de cette première enquête, nous pouvons avoir une estimation des paramètres de notre modèle et donc construire ensuite un *design* D-optimal pour notre enquête finale.

[36] L'aversion au changement par rapport à une situation de départ hypothétique est un résultat courant dans les études de CE (Espinosa-Goded *et al*., 2010).
[37] Toutes les séries de cartes ont été construites à l'aide du logiciel Ngene.

Rappelons que notre modèle économétrique est le suivant :

$$U_i = \beta_1 ASC_i + \beta_2 IAC_i + \beta_3 PD1_i + \beta_4 PD2_i + \beta_5 MPT_i + \varepsilon_i \quad (70)$$

Les résultats de cette enquête test sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Paramètre	Attribut/Niveau	Coefficient (écart-type)
β_1	ASC	1,5192 (0,6440) **
β_2	Interdiction Amendements Calcaires (IAC)	0,6143 (0,5380)
β_3	Paiement Dégressif 1 (PD1)	0,2011 (0,4763)
β_4	Paiement Dégressif 2 (PD2)	0,0692 (0,5960)
β_5	Montant Paiement Total (MPT)	0,0116 (0,0048) **

Tableau 28 : Coefficients estimés des paramètres du modèle logit conditionnel après enquête test (N = 11) (*** : significativité à 0,01 ; ** : significativité à 0,05 ; * : significativité à 0,1).

Bien que le coefficient du paramètre « interdiction d'amendements calcaires » ne soit pas significatif, son signe positif est contraire à l'intuition de départ. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que notre échantillon de 11 agriculteurs n'est pas représentatif de la population générale. En effet, afin de faciliter la réalisation de cette enquête test, nous avons sélectionné des agriculteurs sur deux PAEC seulement : TZH Nord Cantal et Monts Dore.

Cependant, parce qu'il nous est impossible de vérifier cette hypothèse de non-représentativité de l'échantillon test, nous nous appuyons sur ce coefficient positif, mais non significatif, pour générer la série définitive de 8 cartes de choix (voir tableau ci-dessous). Les propriétés du *design* en termes d'orthogonalité, d'équilibre des niveaux et de *minimum overlap* peuvent être consultées en annexe 6.

Carte	Alternative A			Alternative B		
	MPT	**AC**	**FP**	**MPT**	**AC**	**FP**
1	625	Autorisation	Fixe	125	Interdiction	Dégressif 2
2	875	Autorisation	Dégressif 2	375	Interdiction	Fixe
3	125	Interdiction	Dégressif 1	875	Autorisation	Fixe
4	375	Autorisation	Fixe	875	Interdiction	Dégressif 1
5	625	Interdiction	Dégressif 1	375	Autorisation	Fixe
6	125	Autorisation	Dégressif 1	125	Interdiction	Dégressif 2
7	375	Interdiction	Fixe	625	Autorisation	Dégressif 1
8	875	Interdiction	Dégressif 2	625	Autorisation	Dégressif 1

Tableau 29 : Cartes de choix de l'enquête.

3.6. Questionnaire

En complément du CE, nous avons réalisé un questionnaire constitué de trois parties : les caractéristiques individuelles de l'agriculteur, les caractéristiques de l'exploitation, et les pratiques des agriculteurs et leur perception de l'environnement. Nous pourrons ainsi déterminer si les variables sélectionnées ont une influence dans les préférences des agriculteurs en termes de contrats. Ces variables ont été sélectionnées, soit parce qu'il a été montré qu'elles influencent la participation des agriculteurs aux MAE (Lastra-Bravo *et al.*, 2015), soit parce qu'elles ont un lien avec la problématique de notre chapitre. Le tableau ci-dessous résume les informations que nous souhaitons acquérir pour chaque type de caractéristiques :

Type de caractéristiques	**Variables**
Caractéristiques individuelles	Genre (1 : homme ; 0 : femme)
	Âge
	Paramètre d'aversion au risque (voir partie 3.6.1.)
	Taux d'actualisation (voir partie 3.6.2.)
Caractéristiques de l'exploitation	Surface d'exploitation (en ha)
	Statut juridique (GAEC ; EARL ; Exploitation individuelle)
	Type d'élevage (bovins lait ; bovins viande ; bovins mixtes ; ovins ; autres)
	Prairies permanentes (en % de la SAU)
	Source de revenus supplémentaires (1 : oui ; 0 : non)
	Dispositif collectif de valorisation (voir ci-après)
Pratiques des agriculteurs et perception environnementale	Fréquence d'utilisation des amendements calcaires (voir ci-après)
	Perception de l'impact de l'environnement sur la production (voir ci-après)
	Perception de l'impact des pratiques sur l'environnement (voir ci-après)
	Adoption de MAEC (1 : oui ; 0 : non)

Tableau 30 : Ensemble des variables mesurées à travers le questionnaire.

- Dispositif collectif de valorisation : il existe de nombreux dispositifs collectifs de valorisation. En effet, 6 AOP différentes ont été mises en place au sein du territoire du PNR VA, auxquelles s'ajoutent les labels AB, Label Rouge plus d'autres labels locaux (« Marque Parc » par exemple). Chacun de ces dispositifs de valorisation donne lieu à une variable indicatrice prenant la valeur de 1 si l'agriculteur appartient à ce dispositif, 0 sinon. Avec cette variable, nous pourrons alors déterminer si ce type de dispositif de valorisation est complémentaire avec les MAE (de par des cahiers des charges qui peuvent être proches en termes de pratiques agricoles), ou si, au contraire, les agriculteurs engagés en AOP ou labels ne souhaitent pas s'engager en MAE afin d'éviter une charge administrative trop importante.

- Fréquence d'utilisation des amendements calcaires : afin d'évaluer le niveau d'exigence qu'imposerait une mesure interdisant l'utilisation des amendements calcaires à l'agriculteur, nous avons demandé quelle était sa fréquence habituelle de leur utilisation, entre « jamais » ; « tous les dix ans » ; « tous les cinq ans » et « tous les deux ans ».

- Perception de l'impact de l'environnement sur la production/Perception de l'impact des pratiques sur l'environnement : dans l'objectif de déterminer si la perception environnementale des agriculteurs joue dans leurs préférences pour des contrats plus exigeants, nous avons demandé à l'agriculteur de se prononcer sur deux assertions concernant sa perception de l'impact de l'environnement sur sa production et sa perception de l'impact des pratiques sur l'environnement, les réponses pouvant aller de « tout à fait d'accord » à « pas du tout d'accord »[38].

3.6.1. Mesure du paramètre d'aversion au risque

Afin d'obtenir une mesure du paramètre d'aversion au risque des agriculteurs, nous nous sommes appuyés sur les travaux de Holt et Laury (2002) qui se basent sur le modèle de l'utilité espérée. Suivant leur méthode, nous demandons aux enquêtés de choisir entre deux loteries A et B, l'une étant plus risquée que l'autre, et nous augmentons le gain moyen de B par rapport à A au fil des décisions à prendre. Le dispositif proposé par Holt et Laury est basé sur une série de 10 choix à faire. Dans notre enquête, afin de simplifier le questionnaire, nous avons seulement demandé aux agriculteurs de prendre 4 décisions :

[38] Plus précisément, les questions posées étaient :
- « Si je vous dis « Mes pratiques agricoles influencent la diversité de la faune et de la flore de mes prairies ». Diriez-vous :… »

- « Si je vous dis « Il y a un lien entre la diversité de la flore de mes prairies, et la qualité et la quantité de mes productions (la viande, le lait, le fromage) ». Diriez-vous :… »

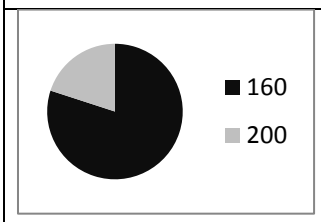
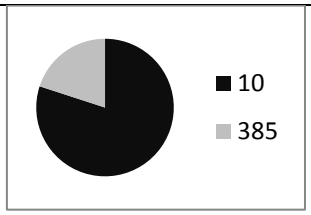
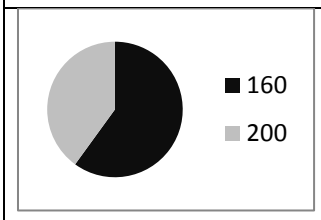
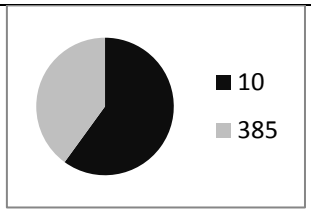
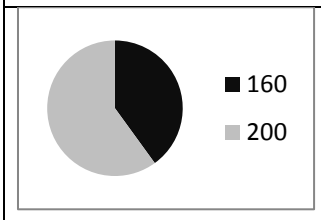
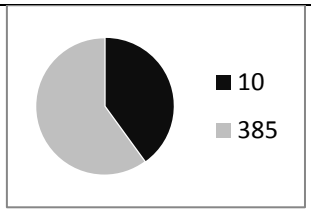
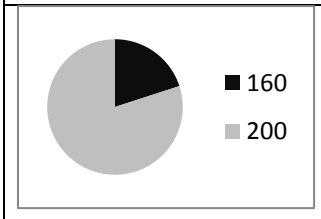
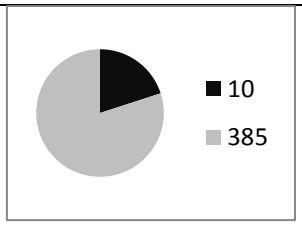
Loterie A	Loterie B	Différence gain moyen $x^B - x^A$	Paramètre d'aversion au risque si décision = B
		– 83	r < -0,94
		– 16	-0,94 ≤ r < -0,14
		51	-0,14 ≤ r < 0,41
		118	0,41 ≤ r < 0,97

Tableau 31 : Protocole utilisé pour la mesure du paramètre d'aversion au risque des agriculteurs.

Notons r le paramètre d'aversion au risque. Nous faisons l'hypothèse d'une fonction d'utilité *Constant Relative Risk Aversion* (CRRA)[39]. Ainsi, pour un individu i, la fonction d'utilité associée à un gain x, est :

$$U_i(x) = x^{1-r} \quad ; r \neq 1 \tag{71}$$

Selon cette fonction, $r > 0$ indique que l'individu est « risque averse » ; $r = 0$ si l'individu est neutre au risque ; et $r < 0$ si l'individu a une préférence pour le risque.

[39] Pour une fonction U(x), l'aversion relative au risque est : $-\frac{U''(x).x}{U'(x)}$

Ainsi, suivant notre fonction d'utilité CRRA, l'utilité espérée d'un individu i pour une loterie j est :

$$EU_i^j = p_j \times U_i(x_H^j) + (1 - p_j) \times U_i(x_L^j) \quad (72)$$

Avec p_j la probabilité associée au gain le plus élevé de la loterie j noté x_H^j et $(1 - p_j)$ la probabilité associée au gain le plus bas de la loterie j noté x_L^j.

Nous définissons la différence d'utilité espérée entre la loterie B et la loterie A pour un individu i : $\nabla EU_i = EU_i^B - EU_i^A$

Soit la variable de choix y^* telle que :

$$y^* = \nabla EU + \varepsilon \; ; avec \; \varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$$

Nous ne pouvons pas observer y^*, mais seulement les choix individuels y tels que :

$$\begin{cases} y = 1 \; si \; y^* > 0 \\ y = 0 \; si \; y^* \leq 0 \end{cases}$$

La probabilité de choisir la loterie B est :

$$\Pr(y = 1) = \Pr\left(\frac{1}{\sigma}\nabla EU + \varepsilon > 0\right) = \Pr\left(\varepsilon > -\frac{\nabla EU}{\sigma}\right) = \Phi\left(\frac{\nabla EU}{\sigma}\right) \quad (73)$$

Avec $\Phi(.)$ la fonction de distribution normale.

Nous estimons alors le paramètre d'aversion au risque ainsi que la variance σ via un maximum de vraisemblance :

$$lnLL(r : y, X) = \sum_i \left[\left(ln\Phi\left(\frac{\nabla EU}{\sigma}\right) \times \boldsymbol{I}(y_i = 1)\right) + \left(ln\left(1 - \Phi\left(\frac{\nabla EU}{\sigma}\right)\right) \times \boldsymbol{I}(y_i = 0)\right)\right] \quad (74)$$

Avec $\boldsymbol{I}(.)$ la fonction indicatrice ; $y_i = 1$ si la loterie est B est choisie et $y_i = 0$ si la loterie A est choisie, et X le vecteur des caractéristiques individuelles.

Notons ici que, pour des raisons financières, les choix des agriculteurs sont hypothétiques, ils n'ont pas été rémunérés durant l'enquête. Les résultats de cette mesure sont donc à prendre avec précaution, bien que des études aient montré que les incitations monétaires ont, en réalité des effets négligeables lorsqu'il s'agit de réaliser des tâches simples telles que le choix de loteries (Camerer et Hogarth, 1999).

3.6.2. Mesure du taux d'actualisation

Afin d'obtenir une mesure du taux d'actualisation individuel, nous avons repris le protocole proposé par Coller et Williams (1999). Les agriculteurs doivent choisir entre deux paiements : un paiement de 1000€ qui serait versé dans un mois, et un paiement plus élevé qui serait versé dans un an, et dont le montant varie au fil des décisions.

Option A (paiement dans un mois)	Option B (paiement dans un an)	Taux d'actualisation si décision = B
1000€	1180€	$\delta_i < 0{,}22$
1000€	1360€	$0{,}22 < \delta_i < 0{,}45$
1000€	1540€	$0{,}45 < \delta_i < 0{,}68$
1000€	1720€	$0{,}68 < \delta_i < 0{,}92$
1000€	1900€	$0{,}92 < \delta_i < 1{,}16$

Tableau 32 : Protocole utilisé pour la mesure du taux d'actualisation des agriculteurs.

Nous supposons la fonction d'utilité suivant une fonction d'actualisation exponentielle (voir chap. 2) :

$$V_i(x_i) = \sum_{t=0}^{T} U_i(t;\ x_i) = \sum_{t=0}^{T} D_i(t).\, U_i(x_i) \qquad (75)$$

Avec :

$$\begin{cases} D_i(t) = 1 & si\ t = 0 \\ D_i(t) = \dfrac{1}{(1 + \delta_i)^t} & si\ t > 0 \end{cases}$$

Avec δ_i le taux d'actualisation propre à l'individu i.

Ainsi, l'utilité d'un individu i associée à l'option j est :

$$V_i^{\,j} = \frac{U_i(x^j)}{(1 + \delta_i)^{t^j}} \tag{76}$$

Nous définissons la différence d'utilité espérée pour un individu i : $\nabla V_i = V_i^B - V_i^A$

Soit la variable de choix z^* telle que :

$$z^* = \nabla V_i + \varepsilon \,; avec\ \varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$$

Nous ne pouvons pas observer z^* mais seulement les choix individuels y tels que :

$$\begin{cases} z = 1\ si\ z^* > 0 \\ z = 0\ si\ z^* \leq 0 \end{cases}$$

La probabilité de choisir l'option B est :

$$\Pr(z = 1) = \Pr\left(\frac{1}{\sigma}\nabla V + \varepsilon > 0\right) = \Pr\left(\varepsilon > -\frac{\nabla V}{\sigma}\right) = \Phi\left(\frac{\nabla V}{\sigma}\right) \tag{77}$$

Avec $\Phi(.)$ la fonction de distribution normale.

Nous estimons alors le taux d'actualisation ainsi que la variance σ via un maximum de vraisemblance :

$$\begin{aligned} lnLL(r : z, X) = \sum_i \Bigg[& \left(ln\Phi\left(\frac{\nabla V}{\sigma}\right) \times \boldsymbol{I}(z_i = 1) \right) \\ & + \left(ln\left(1 - \Phi\left(\frac{\nabla V}{\sigma}\right)\right) \times \boldsymbol{I}(z_i = 0) \right) \Bigg] \end{aligned} \tag{78}$$

Avec $\boldsymbol{I}(.)$ la fonction indicatrice ; $z_i = 1$ si l'option B est choisie et $z_i = 0$ si l'option A est choisie, et X le vecteur des caractéristiques individuelles.

De même que pour la mesure du paramètre d'aversion au risque, les décisions sont purement hypothétiques et les agriculteurs n'ont reçu aucune rémunération liée à leurs décisions.

4. Réalisation de l'enquête

4.1. Echantillonnage

Nous disposons d'une base de données obtenue après croisement de deux bases de données mises à disposition par le PNR VA :

- Une liste des agriculteurs présents sur le territoire du PNR, datant de 2014, et indiquant la zone Natura 2000 dans laquelle se situe l'agriculteur, lorsque cela est le cas.
- La liste complète des agriculteurs ayant souscrit à une ou plusieurs MAEC, et classés par PAEC.

Cette base de données est donc incomplète. En effet, nous n'avons pas connaissance des agriculteurs s'étant installés sur le territoire du PNR après 2014. Par ailleurs, le PAEC SDSA est constitué de plusieurs sites Natura 2000 donc certains ne sont pas dans le territoire du PNR. Ainsi, nous ne disposons pas de la liste des agriculteurs présents dans ces sites Natura 2000 et n'ayant pas souscrit à une MAEC. Nous verrons plus tard si ce manque d'informations pose problème en termes de représentativité de notre échantillon.

Afin de réaliser notre échantillonnage, nous avons formulé deux hypothèses :

- Les préférences d'un agriculteur ayant déjà contractualisé une ou plusieurs MAEC diffèrent sensiblement de celles d'un agriculteur n'ayant jamais adopté de MAEC. En effet, un agriculteur ayant déjà contractualisé une MAEC a une meilleure connaissance des exigences en termes de maintiens ou changements de pratiques liées à une souscription de MAE. Par ailleurs, sa relation avec le PNR — et donc son niveau de confiance — diffère sensiblement d'un agriculteur n'ayant pas contractualisé de MAEC. Pour ces raisons, il nous semble nécessaire que l'une ou l'autre population ne soit pas surreprésentée dans l'échantillon.

- La position géographique de l'exploitation a une influence sur les décisions de l'agriculteur. Par exemple, un agriculteur, disposant de prairies de pâtures situées en altitude et non accessibles en tracteur, pourra plus facilement adopter la mesure Herbe_09 pour ces prairies qu'un agriculteur disposant uniquement de prairies en plaine. Il est donc nécessaire de prendre en compte ces spécificités géographiques et de ne pas avoir une population d'agriculteurs qui soit surreprésentée dans notre échantillon.

Afin de déterminer la taille minimale souhaitée de notre échantillon N*, nous utilisons la règle proposée par Johnson et Orme (2003) :

$$N^* = 500 \times \frac{Nombre\ maximum\ de\ niveaux}{(Nombre\ d'alternatives) \times (Nombre\ de\ cartes)}$$

Soit, ici :

$$N^* = 500 \times \frac{4}{2 \times 8} = 125$$

Le *pool* d'agriculteurs n'est pas important (583 agriculteurs sur l'ensemble du terrain d'étude) en comparaison de N^*. Procéder à un échantillonnage probabiliste simple entraînerait un risque trop important d'avoir une sur- ou sous-représentation de l'une ou l'autre des populations citées ci-dessus. C'est pourquoi nous avons décidé de réaliser un échantillonnage aléatoire stratifié. Afin de prendre en compte la situation géographique de l'agriculteur, nous répartissons les agriculteurs en fonction du PAEC dans lequel ils se situent. Nous constatons, en effet, que les caractéristiques moyennes des exploitations varient d'un PAEC à un autre. Par exemple, les exploitations du PAEC Monts du Cantal ont une SAU qui va de 66ha à 452ha et un taux de chargement – pour les exploitations en bovins – qui va de 0,3 à 0,6UGB/ha/an, alors que les exploitations situées dans le PAEC TZH Nord Cantal ont une surface allant de 10ha à 250ha et ont un chargement moyen de 0,99UGB/ha/an[40]. Cette stratification permet alors de prendre en compte, au moins en partie, les différences de pratiques agricoles de chaque site. Un tableau indiquant la taille de chaque strate de la

[40] Informations obtenues à partir des diagnostics agricoles effectués dans le cadre de la mise en place des PAEC.

population totale ainsi que le nombre d'enquêtés souhaité pour chaque strate de l'échantillon est disponible en annexe 7.

4.2. Réalisation de l'enquête

L'enquête a été réalisée du 31 juillet au 9 novembre 2018. Les agriculteurs étaient contactés, dans un premier temps, par téléphone, puis les enquêtes ont été effectuées en face à face au domicile des agriculteurs[41]. Pour des raisons financières, il n'a pas été possible d'enquêter 125 agriculteurs. L'échantillon total regroupe 102 agriculteurs. La répartition de l'échantillon final en comparaison avec l'échantillon souhaité est disponible en annexe 8.

Des tests de différences de proportions ont été réalisés afin de déterminer si la répartition de l'échantillon final est significativement différente de la répartition de l'échantillon souhaité. Les résultats sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

[41] Enquêtes effectuées sur tablette avec le logiciel Sphinx.

Strates		Pourcentages échantillon final	Pourcentages échantillon souhaité	Test de différence de proportions (P > |z|)
PAEC	**Souscription MAEC**			
Cézallier	Oui	3,9%	4%	0,9678
Cézallier	Non	6,9%	8%	0,6720
CDP	Oui	3,9%	0,9%	0,0012
CDP	Non	5,9%	4%	0,3320
Monts Dore	Oui	6,9%	4%	0,1401
Monts Dore	Non	7,8%	9,7%	0,5263
Monts du Cantal	Oui	10,8%	10,5%	0,9254
Monts du Cantal	Non	4,9%	7,3%	0,3518
SDSA	Oui	7,8%	8,9%	0,7078
SDSA	Non	6,9%	12,1%	0,1048
TZH Nord Cantal	Oui	6,9%	4%	0,1401
TZH Nord Cantal	Non	27,4%	26,6%	0,8458

Tableau 33 : Tests de différence de proportions entre l'échantillon souhaité et l'échantillon final.

Ainsi, nous observons que, pour toutes les strates, nous pouvons rejeter l'hypothèse de différence à un seuil de 10% sauf pour la proportion d'agriculteurs en PAEC Chaîne-des-Puys ayant contractualisé une ou plusieurs MAEC. Cette strate étant la plus petite des strates en termes numériques[42], nous pouvons donc considérer que notre échantillon final est globalement représentatif de la population totale.

[42] Nous souhaitions enquêter 1 agriculteur dans cette strate, nous en avons enquêté 4.

5. Résultats

Nous présenterons les résultats en deux temps : tout d'abord, nous aborderons les résultats liés à la partie questionnaire, puis nous nous focaliserons dans un second temps sur les résultats du CE.

5.1. Résultats du questionnaire

5.1.1. Statistiques descriptives

Les questions posées lors de l'enquête nous permettent d'avoir un certain nombre d'informations sur les caractéristiques de notre échantillon, que nous confrontons aux données de l'Agreste sur la population du PNR VA dans le tableau ci-dessous :

Variable		Echantillon	Population PNR VA (2013)
Âge du chef d'exploitation ≥ 50 ans		56,86%	49,63%
Chef d'exploitation homme		82,35%	74,3%
SAU moyenne		120,9ha	66,17ha
Statut juridique[43]	Individuelle	36,27%	74,75%
	GAEC	51,96%	15,49%
	EARL	11,76%	7,98%
OTEX	Bovins viande	40,20%	35,34%
	Bovins lait	36,27%	27,51%
	Bovins mixtes	20,59%	16,03%
	Autres	2,94%	21,12%
Dispositif de valorisation collectif	AOP/Label Rouge	56,86%	38,83%
	Bio/autres	10,78%	9,76%
Adoption MAEC		39,22%	_

Tableau 34 : Comparaison entre les caractéristiques de l'échantillon et la population du PNR VA.

Nous remarquons que la population de notre échantillon diffère de la population du PNR VA principalement sur deux aspects :

- La SAU moyenne des exploitations de notre échantillon est presque deux fois plus élevée que la SAU moyenne de l'ensemble des exploitations situées au sein du PNR VA. Cette différence peut s'expliquer par une autre différence majeure : plus de la moitié des exploitations enquêtées sont en GAEC contre seulement 15,49% des exploitations du PNR. Or, les exploitations en GAEC du PNR ont une SAU moyenne deux fois plus élevée que les exploitations individuelles. Cette différence dans la proportion d'exploitations en GAEC peut être expliquée par le fait que, les enquêtes ayant été réalisées dans une période où les agriculteurs ont une charge de travail conséquente, il a été beaucoup plus simple pour les exploitations en GAEC de nous recevoir, celles-ci étant caractérisées par la présence de plusieurs co-exploitants.

[43] Les données concernant le statut juridique datent de 2010 pour la population du PNR VA.

- La part d'exploitations en bovins est plus élevée au sein de notre échantillon (97,06% au total) par rapport à l'ensemble de la population (78,88% au total). Ceci s'explique par le fait que les autres types d'exploitations (ovins, polyculture-élevage, etc.) sont principalement présents dans des zones hors PAEC[44]. De même, ceci explique pourquoi la proportion d'exploitations en AOP (appellations concernant uniquement des fromages au lait de vache sur notre territoire) et Label Rouge est bien plus élevée au sein de notre échantillon (56,86%) que dans l'ensemble de la population du PNR VA (38,83%).

5.1.2. Estimation du paramètre d'aversion au risque des agriculteurs

La figure ci-dessous nous indique la répartition de la valeur du paramètre d'aversion au risque estimée dans notre échantillon d'agriculteurs :

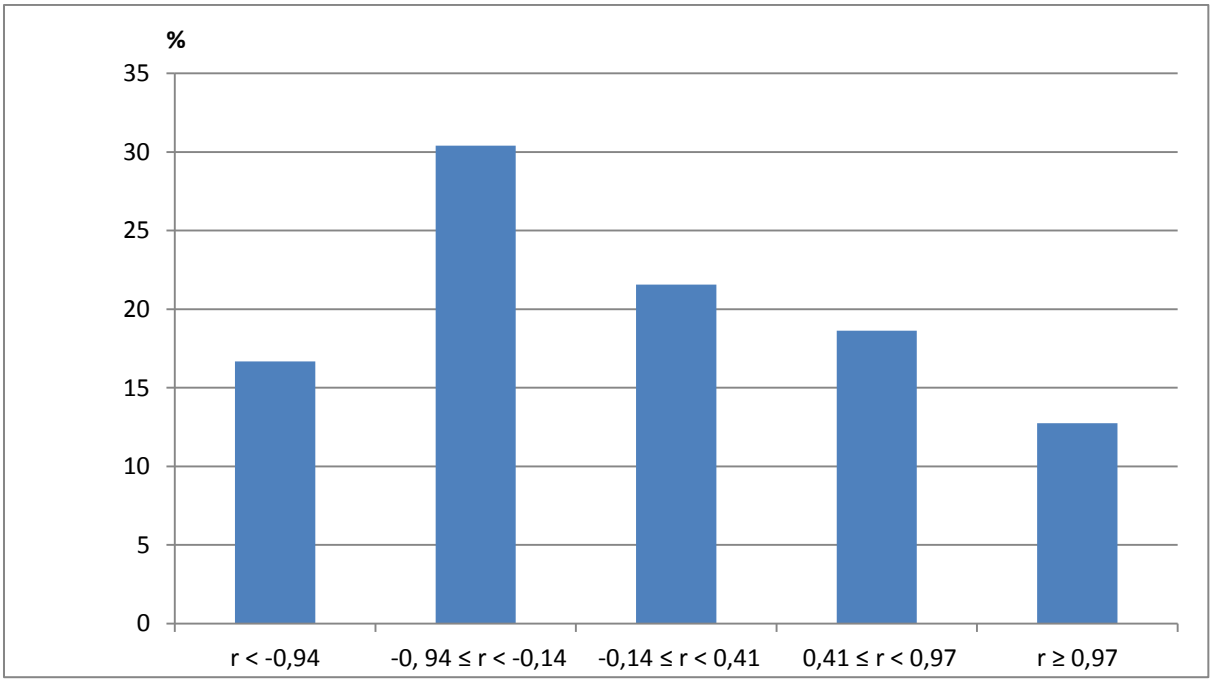


Figure 25 : Distribution du paramètre d'aversion au risque.

[44] Nous ne disposons pas de données précises à ce niveau. Cependant, nous pouvons nous baser sur les diagnostics de territoires qui ont été réalisés par le PNR dans le cadre de la candidature aux appels à PAEC. Seuls les diagnostics des PAEC CDP et Monts Dore font mention d'élevages ovins et équins en complément à l'élevage bovin qui reste largement majoritaire.

Nous observons que 47% des agriculteurs ont un r négatif, c'est-à-dire qu'ils sont attirés par le risque. 21,5% se situent dans la zone de neutralité face au risque, et 31,5% ont une aversion au risque.

Nous rappelons que nous estimons le paramètre d'aversion au risque en faisant appel à un maximum de vraisemblance :

$$lnLL(r : y, X) = \sum_i \left[\left(ln\Phi\left(\frac{\nabla EU}{\sigma}\right) \times \boldsymbol{I}(y_i = 1) \right) + \left(ln\left(1 - \Phi\left(\frac{\nabla EU}{\sigma}\right)\right) \times \boldsymbol{I}(y_i = 0) \right) \right] \quad (79)$$

Le tableau ci-dessous nous présente l'estimation de r par le biais du maximum de vraisemblance, en excluant les caractéristiques individuelles X dans le modèle 1, puis en les ajoutant dans le modèle 2.

	Modèle 1	**Modèle 2**
Paramètres estimés	**Coefficient (écart-type)**	**Coefficient (écart-type)**
r	0,828 (0,025)***	0,566 (0,185)***
Âge		0,004 (0,003)
Surface d'exploitation		0,001 (0,001)
Revenus extérieurs		-0,164 (0,079)**
Genre		0,073 (0,0454)
AOP/Label Rouge		0,039 (0,061)
Taux d'actualisation		-0,023 (0,022)
Participation MAEC		-0,008 (0,058)
	LL = -267,308	LL = -260,124

Tableau 35 : Estimation du paramètre d'aversion au risque (N = 408) (*** : significativité à 0,01 ; ** : significativité à 0,05 ; * : significativité à 0,1).

Notre estimation du paramètre d'aversion au risque est proche de celles obtenues dans des études précédentes réalisées auprès de populations d'agriculteurs (Bougherara *et al*., 2017 ; Le Cotty *et al*., 2018). Par ailleurs, le paramètre d'aversion au risque des agriculteurs est plus

faible que celui estimé auprès d'une population d'étudiants dans notre chapitre précédent, ce qui est cohérent avec la littérature qui indique que les agriculteurs ont globalement une aversion au risque plus faible que le reste de la population (Roe, 2015). Nous observons aussi que, parmi les caractéristiques individuelles sélectionnées, une source de revenus complémentaires aux revenus agricoles tend à accroître la valeur de r. En d'autres termes, les agriculteurs ayant dans leur foyer une source de revenus complémentaires ont une plus forte aversion au risque. Nous pouvons supposer que les agriculteurs dont les revenus dépendent uniquement de la production de leur exploitation sont plus souvent confrontés au risque. Or, il a été montré que plus un individu est confronté au risque, plus son aversion à celui-ci sera faible (*ibid.*, 2015).

5.1.3. Estimation du taux d'actualisation des agriculteurs

La figure ci-dessous nous indique la répartition de la valeur du taux d'actualisation estimée dans notre échantillon d'agriculteurs :

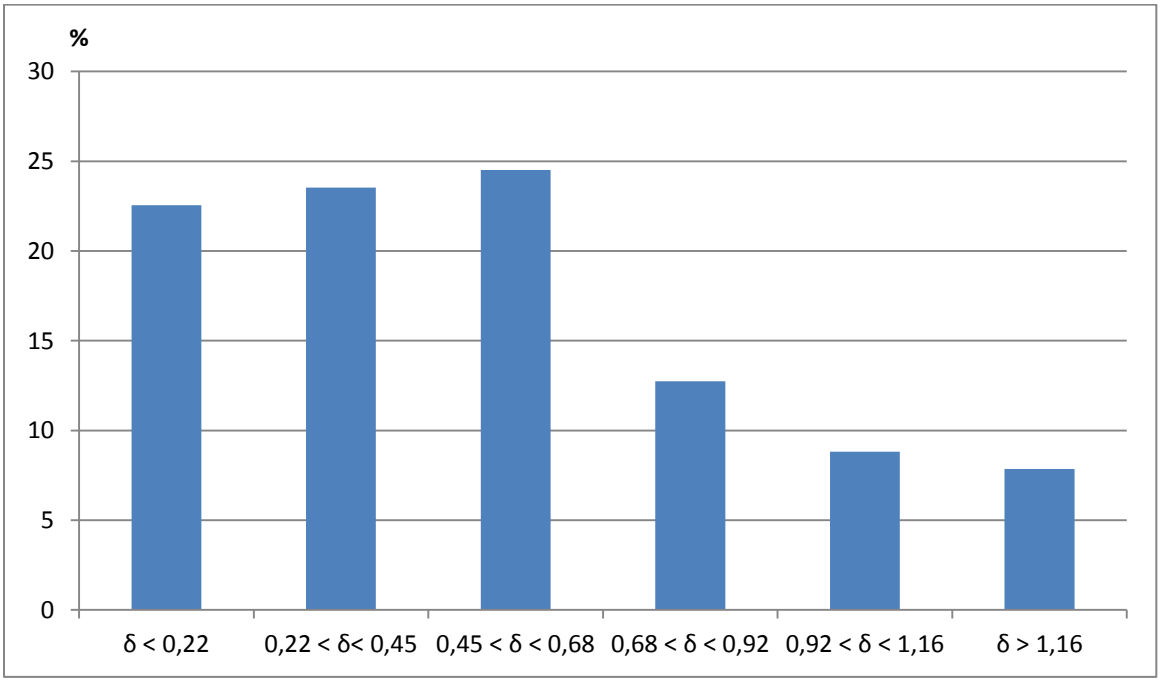


Figure 26 : Distribution du taux d'actualisation des agriculteurs.

Nous rappelons que la fonction d'utilité est :

$$V_i^j = \frac{U_i(x^j)}{(1 + \delta_i)^{tj}}$$

Et la probabilité pour que l'individu i choisisse l'option B présentée est :

$$\Pr(z = 1) = \Pr\left(\frac{1}{\sigma}\nabla V + \varepsilon > 0\right) = \Pr\left(\varepsilon > -\frac{\nabla V}{\sigma}\right) = \Phi\left(\frac{\nabla V}{\sigma}\right)$$

Nous pouvons réaliser une estimation du taux d'actualisation moyen via un maximum de vraisemblance :

$$lnLL(r : z, X) = \sum_i \left[\left(ln\Phi\left(\frac{\nabla V}{\sigma}\right) \times \boldsymbol{I}(z_i = 1)\right) + \left(ln\left(1 - \Phi\left(\frac{\nabla V}{\sigma}\right)\right) \times \boldsymbol{I}(z_i = 0)\right)\right] \quad (80)$$

Le tableau ci-dessous présente l'estimation de la valeur du taux d'actualisation via un maximum de vraisemblance.

	Modèle 1	**Modèle 2**
Paramètres estimés	**Coefficient (écart-type)**	**Coefficient (écart-type)**
δ	0,409 (0,245)*	0,713 (0,091)***
Âge		-0,000 (0,004)
Surface d'exploitation		-0,001 (0,000)***
Revenus extérieurs		-0,095 (0,140)
Genre		-0,065 (0,081)
AOP/Label Rouge		-0,037 (0,082)
Aversion au risque		0,013 (0,013)
Participation MAEC		-0,068 (0,111)
	LL = -14160,039	LL = -12266,795

Tableau 36 : Estimation du taux d'actualisation des agriculteurs (N = 510) (*** : significativité à 0,01 ; ** : significativité à 0,05 ; * : significativité à 0,1).

Il existe peu d'études ayant estimé le taux d'actualisation sur une population d'agriculteurs. Nous pouvons toutefois constater que notre estimation est proche d'estimations obtenues dans la littérature avec des méthodes d'élicitation similaires (Duquette *et al.*, 2012 ; Hermann et Musshoff, 2016). Par ailleurs, nous pouvons remarquer que le taux d'actualisation estimé au sein de notre population d'agriculteurs est plus faible que le taux d'actualisation estimé dans

le chapitre précédent, pour une population majoritairement étudiante. Il a en effet été montré que les agriculteurs ont tendance à être plus patients que la moyenne de la population (Hermann et Musshoff, 2016). Nous observons enfin, à travers le modèle 2, que la surface d'exploitation est inversement corrélée avec le taux d'actualisation. Autrement dit, plus la surface d'exploitation est grande, plus les agriculteurs ont tendance à être patients. Il nous est cependant difficile d'interpréter ce résultat, une enquête plus approfondie avec des éléments qualitatifs permettrait de comprendre l'origine de cette relation.

5.1.4. Connaissances et pratiques des agriculteurs

5.1.4.1. Conscience environnementale des agriculteurs

Durant l'enquête, nous avons posé deux questions afin de déterminer les connaissances des agriculteurs concernant l'impact de leurs pratiques sur l'environnement (Q1), et l'impact de cet environnement sur la qualité de leur production (Q2)[45].

La figure ci-dessous représente les réponses des agriculteurs aux deux questions :

[45] Rappelons que les questions posées étaient :
Q1 : « Si je vous dis « Mes pratiques agricoles influencent la diversité de la faune et de la flore de mes prairies ». Diriez-vous :… »
Q2 : « Si je vous dis « Il y a un lien entre la diversité de la flore de mes prairies, et la qualité et la quantité de mes productions (la viande, le lait, le fromage) ». Diriez-vous :… »

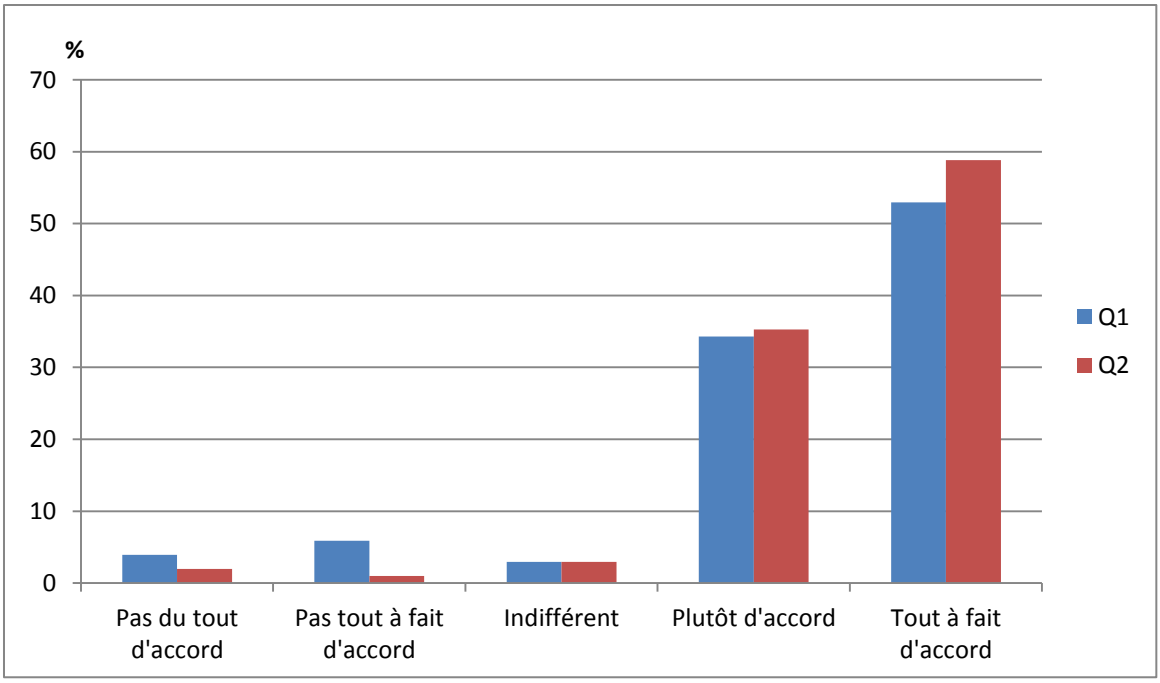


Figure 27 : Conscience des agriculteurs sur les liens entre pratiques agricoles et environnement et entre environnement et qualité de la production (N = 102).

Ainsi, les agriculteurs ont, en très grande majorité, conscience du lien qui est établi entre les pratiques agricoles, la qualité de la flore et de la faune, et la qualité des produits agricoles.

5.1.4.2. Utilisation des amendements calcaires

La figure ci-dessous nous indique la fréquence d'utilisation d'amendements calcaires par les agriculteurs. Nous observons que plus de la moitié des agriculteurs font appel aux amendements calcaires. Une MAEC incluant une interdiction d'utilisation des amendements calcaires sera donc vue comme exigeante pour cette population d'agriculteurs, puisque cela impliquera un changement de leurs pratiques.

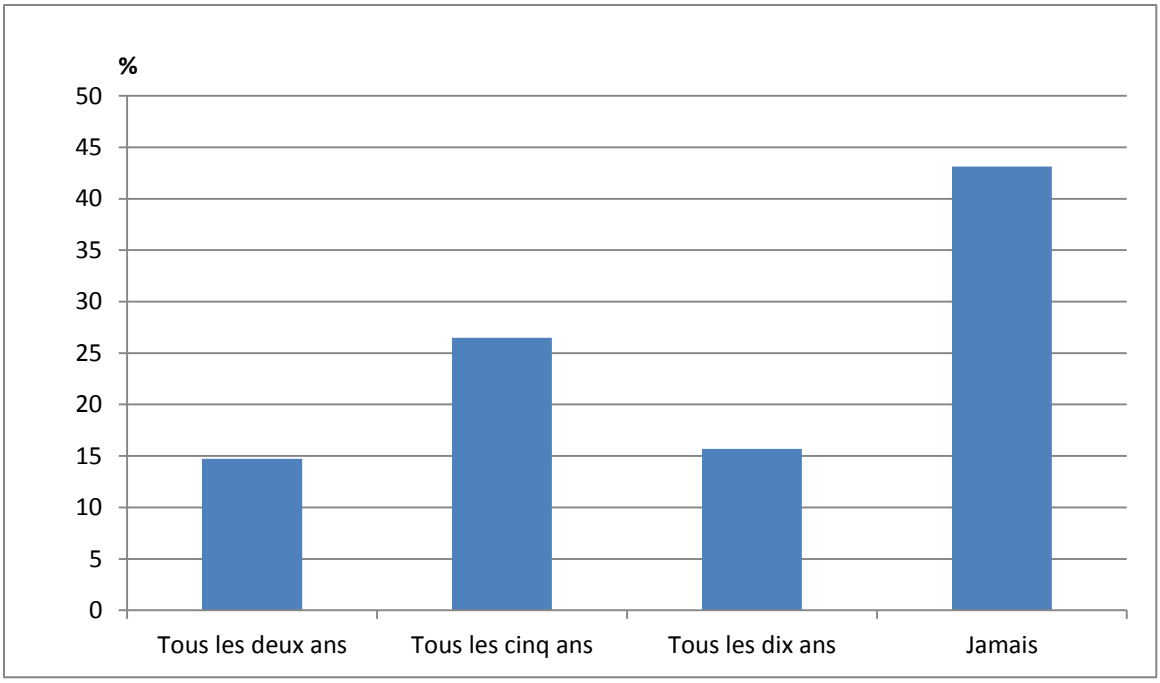


Figure 28 : Fréquence d'utilisation des amendements calcaires (N = 102).

5.1.5. Les facteurs de participation aux MAEC

Afin de déterminer quels facteurs influencent la décision des agriculteurs de souscrire à une ou plusieurs MAEC, nous avons réalisé une régression logistique. Soit $P(Y = 1|X)$, la probabilité pour que l'agriculteur souscrive à une MAEC et X l'ensemble de ses caractéristiques individuelles, alors :

$$\ln\left[\frac{P(Y=1|X)}{1-P(Y|X)}\right] = \beta_0 + \sum_{k=1}^{K} \beta_k X_k \qquad (81)$$

Avec β_0 la constante et β_k l'ensemble des paramètres à estimer.

Afin d'estimer ce modèle, nous utilisons le maximum de vraisemblance :

$$LL = \sum_i Y \times \ln[P(Y=1)] + (1-Y) \times \ln[1 - \mathrm{P(Y=1)}] \qquad (82)$$

Nous avons effectué une régression logistique en optant pour une procédure *backward* afin de ne conserver que les variables explicatives les plus significatives :

Paramètres estimés	Coefficients (écarts-types)
Fréquence Amendements Calcaire	-0,660 (0,218)***
AB	1,260 (0,723)*
AOP/Label Rouge	0,960 (0,464)**
Surface exploitation	0,005 (0,004)
Constante	1,256 (1,267)
LL = -59,967	Pseudo R^2 = 0,1275

Tableau 37 : Estimation de la régression logistique (N = 102) (*** : significativité à 0,01 ; ** : significativité à 0,05 ; * : significativité à 0,1).

Tout d'abord, nous remarquons que les variables « paramètre d'aversion au risque » et « taux d'actualisation » n'ont pas été conservées, elles n'ont donc pas d'influence significative sur la décision des agriculteurs de participer à une ou plusieurs MAEC. Ensuite, nous observons que les variables qui ont été conservées sont directement liées au recours à des pratiques respectueuses de l'environnement. Ainsi, plus la fréquence d'utilisation des amendements calcaires est faible, plus la probabilité de souscrire à une MAEC est élevée. Par ailleurs, l'appartenance à un label AOP ou Label Rouge est positivement corrélée avec la souscription d'une ou plusieurs MAEC. Nous pouvons donc en déduire que les cahiers des charges imposés par ces labels ne restreignent pas la participation aux MAE. Au contraire, ils semblent faciliter la contractualisation. Il existe donc une complémentarité entre la souscription dans des MAE et appartenance à un label AOP ou Label Rouge. En effet, une étude des cahiers des charges pour les différentes AOP et pour les MAEC nous montre que ceux-ci présentent des restrictions similaires sur le chargement des parcelles et sur la part de Surfaces Toujours en Herbe (STH).

5.2. Résultats du *choice experiment*

En premier lieu, il est à noter que seuls 9 agriculteurs (soit 8,82% des enquêtés) ont systématiquement choisi l'option *opt out*. Pour 2 d'entre eux, la raison invoquée à ces choix est qu'ils sont contre le principe des MAE. Les autres agriculteurs considèrent que les coûts administratifs sont trop importants. En d'autres termes, ils considèrent que le montant des

paiements proposés n'est jamais suffisamment élevé pour ces agriculteurs. Dans ce cas, afin de ne pas biaiser les estimations des consentements à recevoir, il est conseillé d'enlever les réponses des 2 agriculteurs qui sont contre le principe des MAE, mais de conserver les réponses des 7 autres agriculteurs (Villanueva *et al*., 2017). Les résultats du CE se font donc sur un échantillon de 100 agriculteurs.

5.2.1. Logits conditionnels

Rappelons que nous cherchons à estimer l'ensemble des paramètres β_k tels que l'utilité associée à souscrire à un contrat i soit :

$$U_i = \beta_1 ASC_i + \beta_2 IAC_i + \beta_3 PD1_i + \beta_4 PD2_i + \beta_5 MPT_i + \varepsilon_i \quad (83)$$

Nous avons estimé un second modèle, qui comprend les variables croisées afin de prendre en compte d'éventuelles interactions entre les paramètres. Ainsi nous avons :

$$U_i = \beta_1 ASC_i + \beta_2 IAC_i + \beta_3 PD1_i + \beta_4 PD2_i + \beta_5 MPT_i + \beta_6 MPT_i . PD1_i + \beta_7 MPT_i . PD2_i + \varepsilon_i \quad (84)$$

Les résultats de ces modèles sont dans le tableau ci-dessous.

	Modèle 1	Modèle 2
Paramètres estimés	**Coefficients (écarts-types)**	**Coefficients (écarts-types)**
Interdiction Amendements Calcaires (IAC)	-1,066 (0,121)***	-1,291 (0,416)***
Paiement dégressif 1	0,247 (0,136)*	0,510 (0,277)*
Paiement dégressif 2	-0,139 (0,214)	-0,906 (0,380)**
Montant Paiement Total	0,017 (0,001)***	0,019 (0,002)***
IAC*Paiement dégressif 1		-0,223 (0,677)
IAC*Paiement dégressif 2		1,305 (0,625)**
Constante	-0,179 (0,182)	0,059 (0,292)
	LL = -523,111 R^2 = 0,405	LL = -519,278 R^2 = 0,409

Tableau 38 : Estimation des modèles logit conditionnels (N = 2400) (*** : significativité à 0,01 ; ** : significativité à 0,05 ; * : significativité à 0,1).

Nous ne pouvons pas interpréter directement la valeur de ces coefficients. En revanche, leur significativité et leur signe nous donnent des informations. Nous observons tout d'abord que, sans surprise, le coefficient du montant du paiement total est positif et significatif. Ensuite, une interdiction de l'utilisation des amendements calcaires est perçue comme exigeante et réduit l'utilité de l'agriculteur associée à l'engagement dans le contrat. Au contraire, le passage à un paiement dégressif 1 accroît l'utilité du contrat. Le coefficient du paiement dégressif 2 n'est pas significativement différent de 0. Ainsi un paiement qui est triplé la 1ère année et nul les deux dernières années n'est pas préféré par les agriculteurs par rapport à un paiement fixe. Les agriculteurs ont soulevé plusieurs critiques à l'instauration d'un paiement dégressif, qui contrebalanceraient l'impact positif de la prise en compte de surcoûts ponctuels. Notamment, certains ont fait remarquer qu'avec un paiement fixe, cela n'apportait pas de changement sur la comptabilité, ce qui leur évite à passer du temps dessus. Par ailleurs, le coût de la cotisation à la sécurité sociale agricole étant basé sur une année de référence, les agriculteurs craignent qu'un paiement dégressif augmente « artificiellement » le coût de la cotisation, bien que celle-ci puisse ensuite faire l'objet d'un réajustement rétroactif si besoin est. Cette dernière raison peut ainsi expliquer pourquoi le paiement dégressif 2 n'est pas incitatif, contrairement au paiement dégressif 1. En effet, plus le paiement est élevé sur une année, plus cela peut augmenter les coûts annuels de cotisations sociales. Ainsi, si les coûts ponctuels intervenant la 1ère année de la contractualisation ne sont pas suffisamment élevés

pour nécessiter un paiement qui serait triplé cette année, alors ce type de paiement perd tout avantage par rapport à un paiement fixe. Notre hypothèse est donc que le niveau de dégressivité du paiement doit être adapté au niveau d'exigence — en termes d'investissements — de la mesure. La mesure Herbe_09 peut nécessiter des coûts particuliers la 1ère année, mais ceux-ci restent peu élevés en comparaison avec le coût total de la mesure. D'autres mesures, telles que Ouvert_01, nécessitent que la totalité des coûts soit prise en charge durant la 1ère année. Pour de telles mesures, un niveau de dégressivité plus élevé paraît alors justifié.

Le modèle 2, en intégrant les variables croisées, nous donne des informations supplémentaires. En effet, nous remarquons que le paiement dégressif 2, seul, impacte négativement l'utilité associée à la souscription du contrat, mais que l'association de ce type de paiement avec une interdiction d'amendements calcaires permet de contrebalancer cet impact négatif. Autrement dit, le paiement dégressif 2 apparaît plus justifié auprès des agriculteurs s'il est associé à un niveau d'exigence plus élevé. Ce résultat semble donc confirmer notre hypothèse formulée précédemment.

À partir des coefficients du modèle 2 (tableau 38), nous pouvons déterminer les *odds ratios* (OR), c'est-à-dire les variations de probabilités d'adoption lorsque nous faisons varier un des attributs par rapport à la mesure de référence. Le tableau ci-dessous nous donne l'ensemble de ces variations de probabilités d'adoption.

Niveau	OR (écart-type)	CAR
Interdiction Amendements Calcaires	0,275 (0,114)***	62,262***
Paiement Dégressif 1	1,666 (0,461)*	-14,432*
Paiement Dégressif 2	0,404 (0,153)**	-[46]
MPT	1,019 (0,002)***	
IAC*PD1	0,800 (0,541)	
IAC*PD2	3,689 (2,305)**	

Tableau 39 : Estimation des *odds ratios* et des consentements à recevoir (CAR) (*** : significativité à 0,01 ; ** : significativité à 0,05 ; * : significativité à 0,1)

Sans surprise, nous pouvons noter que l'introduction d'une interdiction des amendements calcaires dans la MAEC d'origine multiplie la probabilité d'adoption de 0,275 (ou la divise par 3,636). Au contraire, l'instauration d'un paiement dégressif 1 multiplie la probabilité d'adoption du contrat par 1,666. Enfin, l'instauration d'un paiement dégressif 2 multiplie la probabilité d'adoption par 0,404 (c'est-à-dire la divise par 2,475) sauf si ce paiement est accompagné d'une interdiction d'amendements calcaire, auquel cas la probabilité d'adoption est multipliée par 3,689. Ce dernier résultat confirme la complémentarité entre interdiction d'amendements calcaires et paiement dégressif 2 observée dans notre modèle logit conditionnel.

En outre, à partir des coefficients obtenus dans notre modèle 1, nous pouvons calculer le Consentement à Recevoir (CAR) associé à chaque paramètre (voir tableau 39 ci-dessus).

Notons :

$$CAR\ (\beta_i X_i) = -\ \frac{\partial U_i \Big/ \partial (X_i)}{\frac{\partial U_i}{\partial (MPT)}} = -\ \frac{\beta_i}{\beta_5} \qquad (85)$$

Ainsi, la probabilité, pour qu'un agriculteur s'engage dans un contrat impliquant une interdiction de l'utilisation des amendements calcaires, reste identique sous réserve que le

[46] Non estimé car le paramètre estimé dans le modèle 1 est non significatif.

montant du paiement total soit augmenté de 62,26€/an. Au contraire, il est possible de faire diminuer le montant du paiement total d'environ 14,43€/an, sans que cela diminue la probabilité de souscription, si le paiement passe d'un paiement fixe à un paiement dégressif 1.

Le modèle logit conditionnel suppose deux hypothèses fortes. La première hypothèse est l'homogénéité des préférences individuelles ($\beta_{in} = \beta_i, \forall n$). La deuxième hypothèse est le respect de la propriété d'indépendance des alternatives non pertinentes (IIA). Cela signifie que nous considérons que les probabilités de choix de deux alternatives ne sont pas modifiées si nous ajoutons ou enlevons une troisième alternative. Afin de vérifier que cette propriété est respectée, nous effectuons un test d'Hausman (Hausman et McFadden, 1984). Il s'agit d'estimer les probabilités pour un sous-échantillon et de les comparer aux probabilités obtenues pour notre échantillon. S'il y a indépendance des alternatives non pertinentes, alors les probabilités obtenues ne doivent pas être significativement différentes. Pour ce faire, nous supprimons, à tour de rôle, une des alternatives ainsi que l'ensemble des cartes de choix où cette alternative avait été choisie, puis nous refaisons les estimations selon le modèle logit conditionnel. Le tableau ci-dessous nous indique les résultats des tests d'Hausman effectués.

Sous-échantillon	Chi2	Pr > Chi2
Alternative 1 supprimée	11,86	0,037
Alternative 2 supprimée	8,45	0,076
Alternative 3 supprimée	35,44	0,000

Tableau 40 : Tests d'Hausman.

Nous observons donc que les probabilités sont significativement différentes lorsque nous effectuons l'estimation sur un sous-échantillon. Nous devons rejeter l'hypothèse IIA. Le modèle logit à classes latentes qui, par ailleurs, prend en compte l'hétérogénéité des préférences individuelles est alors approprié.

5.2.2. Modèle logit à classes latentes

Le modèle logit à classes latentes permet de catégoriser les agriculteurs en fonction de leurs préférences et de leurs caractéristiques individuelles. Il s'agit d'un dérivé du modèle logit multinomial dans lequel chaque individu n appartient à une classe s = $\{1, 2, \dots, S\}$ avec une

probabilité $M_{n,s}$. Les individus appartenant à la même classe sont homogènes en préférences, mais il y a hétérogénéité des préférences pour des individus de classes différentes.

L'utilité de l'individu n ∈ s retirée de la consommation du bien i est :

$$V_{in|s} = \beta_{is} X_{in} + \varepsilon_{in|s} \tag{86}$$

Ainsi, la probabilité $P_{in|s}$ que l'individu n ∈ s choisisse l'alternative i est :

$$P_{in|s} = \frac{\exp(\beta_{is} X_i)}{\sum_{j=1}^{J} \exp(\beta_{js} X_j)} \tag{87}$$

Soit, pour l'ensemble de l'échantillon :

$$P_{in} = \sum_{s=1}^{S} M_{n,s} \frac{\exp(\beta_s X_i)}{\sum_{j=1}^{J} \exp(\beta_s X_j)} \tag{88}$$

Avec $M_{n,s}$ composée d'une composante observée $\alpha_S Z_n$, fonction des caractéristiques socioéconomiques et comportementales de l'individu n, et d'une composante non observable et aléatoire μ_{ns} (Broch et Vedel, 2012) :

$$M_{n,s} = \alpha_S Z_n + \mu_{ns} \tag{89}$$

Nous faisons l'hypothèse que, au sein d'une même classe, les erreurs μ_{ns} sont IID en suivant une loi de Gumbel. Nous obtenons alors un Modèle logit Multinomial :

$$M_{n,s} = \frac{\exp(\alpha_S Z_n)}{\sum_{s=1}^{S} exp(\alpha_S Z_n)} \tag{90}$$

Dans un premier temps, nous sélectionnons un certain nombre de caractéristiques : leur âge, leur surface d'exploitation, leur fréquence d'utilisation d'amendements calcaires, leur participation à une ou plusieurs MAEC, leur paramètre d'aversion au risque et leur taux d'actualisation. Dans un deuxième temps, nous sélectionnons le nombre de classes. Nous

décidons de nous restreindre à 2 classes afin d'avoir une qualité prédictive suffisante (selon les critères d'information d'Aikaike (AIC) et Bayesien (BIC)), tout en ayant des classes suffisamment représentatives d'une population d'agriculteurs.

Les résultats du modèle à 2 classes latentes sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Paramètres estimés	Logit Conditionnel	Logit classes latentes	
		Classe 1	Classe 2
Interdiction Amendements Calcaires	-1,291***	5,287 **	-1,659 **
Paiement dégressif 1	0,510*	5,669***	-0,109
Paiement dégressif 2	-0,906**	0,746	-0,750
Montant Paiement Total	0,019***	0,078 ***	0,007 *
IAC*Paiement dégressif 1	-0,223	-12,111**	-26,418***
IAC*Paiement dégressif 2	1,305**	-2,356	-22,982***
Constante	0,059	-16,807	-0,662
Part de la population totale	100%	55,3%	44,7%
Facteurs d'appartenance aux classes			
Âge	-	0,036	Référence
Surf. exploitation	-	-0,002	
Fréquence d'utilisation des amendements calcaires	-	-0,415*	
Adoption MAEC	-	1,795***	
Aversion au risque	-	0,243	
Taux d'actualisation	-	-0,151	
Constante	-	-1,802	
LL = -333,33832	AIC = 704,677	BIC = 814,558	Qualité prédictive = 99,62%

Tableau 41 : Estimation des modèles logit conditionnel et logit à classes latentes (*** : significativité à 0,01 ; ** : significativité à 0,05 ; * : significativité à 0,1).

Nous observons que les deux classes d'agriculteurs sont très différentes en termes de préférences vis-à-vis des attributs du contrat. La première classe a une forte préférence pour l'interdiction d'amendements calcaires. Ces agriculteurs ont aussi une préférence pour le paiement dégressif 1, mais il existe un effet d'interaction négatif entre l'interdiction d'amendements calcaires et l'instauration d'un paiement dégressif 1. En d'autres termes, l'association de ces deux attributs dans le contrat réduit l'impact positif de l'un et l'autre. Nous pouvons interpréter ce résultat par les facteurs d'appartenance à cette classe, qui sont l'adoption de MAEC et une faible utilisation d'amendements calcaires. En effet, un agriculteur utilisant rarement ou jamais les amendements calcaires, verra cette interdiction comme un maintien de pratiques déjà existantes, donc sans coûts ponctuels liés à un changement de pratiques qui nécessiteraient une forme de paiement alternative. La classe 2 est marquée par une réticence significative vis-à-vis d'une interdiction d'utilisation des amendements calcaires, et le passage d'un paiement fixe à un paiement dégressif 1 ou 2 n'altère pas significativement l'utilité associée à l'adoption du contrat. La seule solution afin d'accroître l'utilité d'adoption de cette deuxième classe d'agriculteurs est d'augmenter le montant du paiement total.

6. Discussion

Dans ce chapitre, nous avons approfondi l'étude de l'intérêt d'un paiement dégressif, cette fois-ci auprès d'une population d'agriculteurs, et en l'appliquant sur une MAEC déjà existante *via* la méthode du *choice experiment*. Cette étude comporte un certain nombre de limites.

Tout d'abord, notre estimation des préférences temporelles et du paramètre d'aversion au risque des agriculteurs est limitée. En effet, pour des raisons financières nous n'avons pas pu rémunérer les agriculteurs en fonction de leurs choix. Il y a donc présence d'un biais hypothétique qui peut avoir un impact sur les estimations (Holt et Laury, 2002). Par ailleurs, afin de simplifier le questionnaire, nous avons opté pour une estimation disjointe de ces deux paramètres, ce qui peut aussi biaiser la valeur des paramètres estimés (Andersen *et al*., 2008).

Ensuite, la taille de l'échantillon est relativement faible pour un *choice experiment*. Nous n'avons pas réussi à atteindre la taille minimale souhaitée selon la règle établie par Johnson et Orme (2003). Nous pouvons discuter des conséquences d'une faible taille de l'échantillon sur la significativité des niveaux dans notre modèle logit conditionnel. Une autre règle nous

permet de définir la taille minimale de l'échantillon afin de pouvoir établir à un seuil de 95% que les paramètres estimés sont significativement différents de 0 (Rose et Bliemer, 2013) :

$$N^* > \max\left(1{,}96\frac{\hat{\sigma}_k}{\hat{\beta}_k}\right)^2$$

Avec $\hat{\beta}_k$ le paramètre estimé dans notre enquête test pour le niveau k, et $\hat{\sigma}_k$ l'écart-type associé à ce paramètre. Le tableau ci-dessous nous donne la valeur de N^* pour chaque niveau, selon cette règle :

Attribut/Niveau	$\boldsymbol{N^*}$
Interdiction Amendements Calcaire	5
Paiement Dégressif 1	22
Paiement Dégressif 2	285
Montant Paiement Total	1

Tableau 42 : Taille minimale souhaitée de l'échantillon selon la règle de Rose et Bliemer (2013).

Ainsi, nous pouvons observer que la taille de notre échantillon ne nous permet pas d'établir que le paramètre associé au paiement dégressif 2 est significativement différent de 0. Il aurait fallu, pour cela, avoir un échantillon d'une taille au moins égale à 285. Cette limite doit être prise en compte dans l'analyse de nos résultats.

Enfin, nous avons vu que notre échantillon n'est pas représentatif en termes de statut et de taille d'exploitations. Les grandes exploitations et les exploitations en GAEC sont largement surreprésentées par rapport à la population ciblée. Cependant, aucune de ces deux caractéristiques ne semble avoir une influence, ni sur les facteurs d'adoption dans une MAEC, ni sur les facteurs d'appartenance à une classe dans notre modèle logit à classes latentes.

Conclusion

Malgré les limites de notre étude répertoriées dans le paragraphe précédent, nous pouvons en tirer plusieurs constats. Dans cette étude, nous avons testé le paiement dégressif comme solution pour rendre les MAE plus attractives auprès des agriculteurs. Bien que les résultats soient nuancés, nous observons qu'un paiement doublé la première année et nul la dernière

année est souhaité par les agriculteurs qui sont prêts à réduire légèrement leur consentement à recevoir s'ils reçoivent le paiement sous cette forme. Si un paiement triplé la première année et nul les deux dernières années ne semble pas avoir ce même effet, nous remarquons cependant que ce type de paiement est perçu positivement s'il est associé à une interdiction d'utilisation des amendements calcaires, c'est-à-dire à un niveau d'exigence supérieur. Ce résultat est donc en cohérence avec notre intuition de départ, à savoir que la forme du paiement doit être adaptée au niveau d'exigence de la mesure.

Notre étude permet aussi de montrer que la population d'agriculteurs est fortement hétérogène en termes de préférences. En effet, notre modèle à classes latentes a révélé l'existence de 2 classes d'agriculteurs très distinctes en termes de préférences concernant les attributs du contrat. Les agriculteurs de la première classe ont une forte préférence pour une interdiction d'utilisation des amendements calcaires. Nous remarquons par ailleurs que cette classe est constituée par des agriculteurs ayant déjà adopté des MAEC et ayant une plus faible utilisation des amendements calcaires. La deuxième classe est constituée d'agriculteurs dont la renonciation à l'autorisation d'utilisation des amendements calcaires est conditionnées par une augmentation du montant du paiement total soit augmenté, peu importe la forme du paiement.

En revanche, nous ne sommes pas en mesure de conclure sur l'influence des préférences temporelles et de l'aversion au risque sur les décisions des agriculteurs, que ce soit dans la participation aux MAEC actuelles ou dans leurs décisions dans le cadre du CE. Tel que nous l'avons dit précédemment, cette absence de résultat peut être due à une estimation biaisée des paramètres d'actualisation et d'aversion au risque.

De cette étude, nous pouvons tirer plusieurs indications en termes d'évolution pour une meilleure efficacité du dispositif agro-environnemental. Premièrement, nous savons que les agriculteurs ne sont pas homogènes en préférences : il apparaît clairement deux classes d'agriculteurs. Les agriculteurs qui ont déjà adopté des pratiques respectueuses de l'environnement, notamment *via* la souscription de MAEC, sont favorables à une plus grande exigence des mesures proposées, et sont ainsi prêts à recevoir un paiement moins élevé si le niveau d'exigence de la mesure est plus élevé. Les agriculteurs de l'autre classe accordent principalement de l'importance sur le montant du paiement et sont prêts à adopter des pratiques plus exigeantes si le montant du paiement est augmenté. Il est donc nécessaire

d’adapter la MAE en fonction de la catégorie d’agriculteurs à laquelle celle-ci s’adresse. Notamment, puisque les agriculteurs ayant déjà adopté des MAE ont une préférence pour l’adoption de pratiques plus exigeantes, il semblerait pertinent de penser chaque dispositif agro-environnemental comme un accompagnement progressif vers des pratiques de plus en plus respectueuses de l’environnement, avec un renforcement des exigences à chaque nouveau cycle de contractualisation. Par ailleurs, il est aussi nécessaire de prendre en compte les préférences en termes de forme de paiement, car elle devrait être adaptée au niveau d’exigence des mesures. Par exemple, un paiement qui est fixe dans le temps est plus adapté à une mesure proposant un maintien de pratiques déjà existantes. En revanche, une mesure qui requiert un changement de pratiques, et donc des coûts spécifiques à réaliser l’année de la souscription, doit proposer un paiement en les prenant en compte.

Les résultats de cette étude sont encourageants, mais, au vu des limites évoquées précédemment, il est opportun de tester la validité externe de ces résultats, en étudiant la préférence pour des MAE à paiements dégressifs sur des échantillons plus grands, dans d’autres types de territoires et avec d’autres types de mesures, aux niveaux d’exigence plus ou moins élevés.

Conclusion générale

Depuis sa mise en œuvre en 1992, et malgré les évolutions apportées au fil des différents dispositifs, le programme agro-environnemental continue de souffrir à la fois d'une surcompensation des agriculteurs dans les mesures les moins exigeantes et d'une faible souscription des mesures les plus exigeantes. Ce double problème est intrinsèque au design même du contrat qui est proposé. C'est pourquoi, la présente thèse avait pour unique objet d'étude le mécanisme de paiement.

Dans le premier chapitre, nous avons réalisé une revue de littérature des innovations qui peuvent être réalisées sur le contrat agro-environnemental, en découpant ce dernier selon 4 caractéristiques : l'objectif (paiement pour un maintien ou un changement de pratiques) ; le principe (logique de moyens ou logique de résultats) ; la flexibilité (paiements fixes ou paiements différenciés) ; et le destinataire (individuel ou collectif). Nous montrons qu'un paiement visant le maintien des pratiques bénéficie d'une forte participation des agriculteurs mais qu'il ne constitue pas une solution adéquate à tous les enjeux environnementaux. Par ailleurs, le succès rencontré par les mesures à objectifs de résultats nécessite d'être vérifié auprès de mesures plus contraignantes que les mesures de type « prairies fleuries ». Le succès des mesures à engagement collectif dépend de la proximité et du niveau de confiance entre agriculteurs. Ces mesures ne peuvent donc pas constituer une solution pour accroître la participation dans tous les territoires. Enfin, une plus grande souplesse dans la forme du paiement semble être souhaitable mais nécessite d'être étudiée plus en profondeur, d'autant plus que la forme du paiement semble être un frein à la souscription de mesures exigeantes lorsque des investissements ponctuels doivent être réalisés par les agriculteurs.

C'est pourquoi, dans le chapitre 2, nous étudions la possibilité de la mise en œuvre d'un paiement de type dégressif. Cette proposition est basée sur deux constats. Tout d'abord, les agriculteurs ont une préférence pour le présent. Cette préférence implique qu'ils accordent plus de poids à un paiement immédiat qu'à un paiement versé dans 1 an ou plus. Un paiement dégressif, qui consiste à verser un paiement plus important l'année de la contractualisation, peut donc être plus incitatif auprès des agriculteurs qu'un paiement fixe. Par ailleurs, les agriculteurs sont aversifs au risque, et tout changement de pratique ne peut pas être perçu sans considération d'un risque de surcoût de mise en œuvre ou sur la qualité et quantité de la

production (et donc sur le manque à gagner). L'objectif de ce chapitre fut de montrer, au travers d'un modèle théorique, que les préférences temporelles et l'aversion au risque des agriculteurs permettent d'expliquer la faible participation dans les mesures les plus exigeantes. À l'aide de ce même modèle, nous montrons aussi qu'un paiement de type dégressif peut constituer une solution pour accroître la participation des agriculteurs. Néanmoins, ces résultats théoriques nécessitent d'être vérifiés sur le terrain.

Ainsi, dans le chapitre 3, nous avons réalisé une expérience en laboratoire au sein du LEEM. Cette expérience, menée auprès de 77 sujets non agriculteurs, avait pour objectif de vérifier le lien entre les préférences temporelles des individus et leur niveau de contribution au sein de projets caractérisés par une fonction de paiement et une fonction de coûts dont la forme est similaire à des fonctions de coûts inspirées de diverses MAEC. Nous montrons ainsi que plus la préférence d'un individu pour le présent est élevée, moins il contribue aux différents projets proposés. Par ailleurs, le niveau de contribution au projet dont les coûts sont similaires à une mesure à maintien de pratiques est significativement plus élevé que les niveaux de contributions aux autres mesures. En revanche, nous n'avons pas pu montrer que le paiement dégressif augmente significativement le niveau de contribution des sujets aux projets. Nous imputons cette absence de résultat au design même de l'expérience. En effet, selon le modèle théorique développé dans le chapitre précédent et les taux d'actualisations estimés des sujets, il ne doit pas y avoir de différence significative dans les niveaux de contributions entre projet à paiement fixe et projet à paiement dégressif. Ce manque de résultat ne remet donc pas en cause la proposition d'un paiement dégressif pour accroître la participation des agriculteurs aux MAE.

Nous avons alors réalisé un *choice experiment* dans le chapitre 4 afin d'étudier si les agriculteurs ont une préférence pour un contrat à paiement dégressif et s'ils sont prêts à adopter des contrats plus contraignants ou à recevoir un paiement moins élevé si ce dernier est un paiement dégressif. Plus précisément, avec l'aide des agents du PNR Volcans d'Auvergne, nous avons basé notre enquête sur la mesure Herbe 09 « Amélioration de la gestion pastorale » et nous avons étudié si la mise en place d'un paiement dégressif permet d'accroître l'acceptabilité d'un renforcement de la mesure à travers l'interdiction d'utilisation d'amendements calcaires sur les parcelles engagées. Ce *choice experiment* a été réalisé au cours de l'été 2018 auprès de 102 agriculteurs situés sur l'ensemble des PAEC du PNR VA. Les résultats concernant l'attractivité d'un paiement dégressif sont nuancés. Néanmoins, un paiement doublé la première année et nul la dernière année est souhaité par les agriculteurs

qui sont prêts à réduire leur consentement à recevoir s'ils reçoivent le paiement sous cette forme. Par ailleurs, nous observons que les préférences des agriculteurs en termes de niveaux de dégressivité sont fortement liées au niveau d'exigence de la mesure proposée : plus le changement de pratiques impliqué par la mesure est important, plus les agriculteurs préfèrent recevoir un montant élevé la première année. Enfin, nous observons que les agriculteurs sont hétérogènes en préférences. En effet, le modèle à classes latentes a permis de mettre en lumières deux classes d'agriculteurs bien distinctes. Une classe d'agriculteurs est fortement réticente à une interdiction d'amendements calcaires, et la forme du paiement proposé ne permet pas de rendre la mesure agro-environnementale plus attractive. La seconde classe est constituée d'agriculteurs qui ont déjà souscrit à des MAE et qui sont favorables à un niveau d'exigence plus élevé, quitte à recevoir un paiement moins élevé. En revanche, nous ne sommes pas en mesure de tirer une conclusion générale par rapport à l'influence des préférences temporelles et de l'aversion au risque sur les décisions des agriculteurs.

Repenser la diversité des contrats

Sur l'ensemble de cette thèse, nous avons pu observer qu'il n'est pas efficace de proposer des contrats avec mécanismes de paiement qui soient identiques, quel que soit le contexte. En effet, dans le premier chapitre, nous avons montré que le mécanisme de paiement doit être adapté à l'enjeu environnemental et à la dynamique de territoire. Par exemple, un paiement à objectifs de résultats n'est pas adapté à tous les enjeux environnementaux (Webel *et al*., 2018). Par ailleurs, si des enchères environnementales peuvent être efficaces sur certains territoires (Stoneham *et al*., 2003), elles ne constituent pas une solution adaptée à tous les territoires (Kuhfuss, 2013). À travers le chapitre 2, nous avons pu observer que la forme du paiement aussi doit être fonction des mesures proposées et des caractéristiques individuelles des agriculteurs. Plus précisément, le paiement fixe, tel qu'il est proposé actuellement, est seulement adapté à des mesures à maintien de pratiques ou ne nécessitant pas des investissements ponctuels. Il est nécessaire d'envisager d'autres formes de paiement pour les autres types de mesures. Par ailleurs, nous avons vu avec le chapitre 3, que le taux d'actualisation des individus joue dans leur décision de s'engager dans un tel contrat. L'hétérogénéité, en termes de préférences temporelles des individus, doit donc être prise en compte lors de la mise en place de contrats agro-environnementaux en proposant, par exemple, un menu de contrats variant selon le niveau d'exigence de la mesure et le type de paiement. Enfin, dans le chapitre 4, nous avons pu observer que les agriculteurs ont des préférences hétérogènes vis-à-vis des caractéristiques du contrat agro-environnemental, et que

leur expérience dans l'adoption de MAE lors des dispositifs précédents, ainsi que leurs pratiques actuelles, sont deux facteurs déterminants dans la caractérisation de leurs choix. Ainsi, à travers cette thèse, nous constatons qu'il est important de repenser le contrat agro-environnemental qui, actuellement bénéficie peu d'adaptation en fonction de la région et de l'OTEX. Le contrat doit acquérir plus de souplesse, et ses caractéristiques doivent être fonction de la dynamique du territoire, des investissements que doivent réaliser les agriculteurs et de leurs pratiques actuelles, ainsi que de leurs caractéristiques individuelles.

S'inspirer des PSE

En outre, nous avons montré qu'il est nécessaire de prendre en compte les coûts réels induits par un changement de pratiques, et plus particulièrement les investissements ponctuels qui doivent généralement être réalisés en début de contractualisation. Cette proposition est inspirée directement de designs de Paiements pour Services Environnementaux (PSE). En effet, il existe de nombreux PSE mis en place dans des pays en développement qui versent directement du tiers à la moitié de la somme totale (Gross-Camp *et al*., 2012) au bout d'une année (Fisher, 2012).

Un PSE est défini comme étant « une transaction volontaire concernant un service environnemental bien défini qui est acheté par (au moins) un acheteur à (au moins) un fournisseur si et seulement si le fournisseur assure bien la fourniture de ce service environnemental. » (Wunder, 2005). Le dispositif MAE peut donc être défini comme un PSE mis en place et financé par un unique acheteur du bien environnemental qui est l'UE (Wunder *et al*., 2008). Bien que des évolutions aient eu lieu, notamment avec l'intégration d'une MAE à objectif de résultats (Herbe_07), ou encore la possibilité de paiements collectifs aux Pays-Bas (Franks et McGloin, 2007), il nous semble que le dispositif MAE ne bénéficie pas suffisamment de souplesse afin de correspondre aux spécificités des différents territoires et enjeux environnementaux. Il est donc nécessaire d'analyser plus en profondeur les contrats des PSE afin d'étudier les possibilités d'innovations à mettre en œuvre dans les MAE et, ainsi, améliorer leur acceptabilité auprès des agriculteurs. Ces innovations peuvent aussi bien concerner le système d'allocation des mesures (par exemple, via la mise en place d'enchères agro-environnementales (Latcz-Lohman et van der Hamsvoort, 1997), ou le mode de paiement, par exemple des subventions directes sur l'achat de semences (Demurger et Pelletier, 2015).

MAE et durabilités des pratiques

Dans ce travail, nous nous sommes concentrés sur l'efficacité des MAE en termes de taux de participation des agriculteurs. Cependant, l'efficacité des MAE peut aussi se poser en termes de durabilité des pratiques. En effet, l'objectif des MAE est de provoquer un changement durable dans les pratiques des agriculteurs, même après la fin du contrat. L'idée étant que la souscription de MAE provoque un changement d'habitudes chez l'agriculteur Or, des études montrent que moins de la moitié des agriculteurs se disent prêts à poursuivre les pratiques adoptées via les MAE et, lorsque c'est le cas, cela concerne en grande partie des pratiques peu exigeantes, voire des pratiques que les agriculteurs effectuaient déjà avant contractualisation de MAE (Roberts et Lubowski, 2007 ; Kuhfuss *et al*., 2016). Un changement dans la forme du paiement peut alors être perçu comme un *nudge* permettant une meilleure durabilité de pratiques, en particulier pour les plus exigeantes. Un *nudge* est un outil politique visant à modifier les comportements des individus dans le sens souhaité sans toutefois restreindre leurs champs de décision (Thaler et Sunstein, 2009). Les *nudges* se basent généralement sur les divers biais de comportement des individus mis en lumière par la psychologie. Parmi les biais les plus célèbres qui ont été relevés, existe le biais du *status quo*, qui représente la tendance des individus à vouloir conserver le même comportement, même lorsque celui-ci n'apporte plus le gain le plus élevé (Kahneman *et al*., 1991). Un paiement de type dégressif, tel que présenté dans notre thèse, présente l'avantage d'habituer les agriculteurs à maintenir un changement de pratiques la ou les dernière(s) année(s) du contrat, l'exploitant ne recevant plus de paiement. La durabilité de pratiques dans le cadre de MAE à paiement dégressif nécessite d'être étudiée.

Enfin, nous avons vu, au cours de ce travail, que des approches théoriques, expérimentales et empiriques sont complémentaires et apportent chacune, à leur façon, des éléments de réponse à notre problématique. Nous pensons que, plus largement, cette combinaison de différentes approches est nécessaire pour éclairer le décideur public et améliorer l'évaluation de la PAC (Thoyer et Préget, 2019).

Bibliographie

Abdellaoui, M., Bleichrodt, H., l'Haridon, O., 2013. Sign-dependence in intertemporal choice. J Risk Uncertain 47, 225–253. https://doi.org/10.1007/s11166-013-9181-9

Adamowicz, W., Boxall, P., Williams, M., Louviere, J., 1998. Stated Preference Approaches for Measuring Passive Use Values: Choice Experiments and Contingent Valuation. American Journal of Agricultural Economics 80, 64–75. https://doi.org/10.2307/3180269

Adamowicz, W., Louviere, J., Williams, M., 1994. Combining Revealed and Stated Preference Methods for Valuing Environmental Amenities. Journal of Environmental Economics and Management 26, 271–292. https://doi.org/10.1006/jeem.1994.1017

Ainslie, G., 1975. Specious reward: A behavioral theory of impulsiveness and impulse control. Psychological Bulletin 82, 463–496. https://doi.org/10.1037/h0076860

Alló, M., Loureiro, M.L., Iglesias, E., 2015. Farmers' Preferences and Social Capital Regarding Agri-environmental Schemes to Protect Birds. Journal of Agricultural Economics 66, 672–689. https://doi.org/10.1111/1477-9552.12104

Ambroise, R., Barnaud, M., Manchon, O., Vedel, G., Villaret, A., 1998. Bilan de l'expérience des plans de développement durable du point de vue de la relation agriculture-environnement. Le Courrier de l'environnement de l'INRA 34, 5–20.

Andersen, S., Di Girolamo, A., Harrison, G.W., Lau, M.I., 2014a. Risk and time preferences of entrepreneurs: evidence from a Danish field experiment. Theory Decis 77, 341–357. https://doi.org/10.1007/s11238-014-9446-z

Andersen, S., Harrison, G.W., Lau, M.I., Rutström, E.E., 2014b. Discounting behavior: A reconsideration. European Economic Review 71, 15–33. https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2014.06.009

Andersen, S., Harrison, G.W., Lau, M.I., Rutström, E.E., 2008. Eliciting Risk and Time Preferences. Econometrica 76, 583–618.

Andreoni, J., Kuhn, M.A., Sprenger, C., 2015. Measuring time preferences: A comparison of experimental methods. Journal of Economic Behavior & Organization 116, 451–464. https://doi.org/10.1016/j.jebo.2015.05.018

Andreoni, J., Sprenger, C., 2012. Estimating Time Preferences from Convex Budgets. The American Economic Review 102, 3333–3356.

Babcock, B.A., 2015. Using Cumulative Prospect Theory to Explain Anomalous Crop Insurance Coverage Choice. Am J Agric Econ 97, 1371–1384. https://doi.org/10.1093/ajae/aav032

Barham, B.L., Chavas, J.-P., Fitz, D., Ríos-Salas, V., Schechter, L., 2015. Risk, learning, and technology adoption. Agricultural Economics 46, 11–24.

https://doi.org/10.1111/agec.12123

Barreiro-Hurlé, J., Espinosa-Goded, M., Dupraz, P., 2010. Does intensity of change matter? Factors affecting adoption of agri-environmental schemes in Spain. Journal of Environmental Planning and Management 53, 891–905. https://doi.org/10.1080/09640568.2010.490058

Batáry, P., Dicks, L.V., Kleijn, D., Sutherland, W.J., 2015. The role of agri-environment schemes in conservation and environmental management. Conservation Biology 29, 1006–1016. https://doi.org/10.1111/cobi.12536

Beharry-Borg, N., Smart, J.C.R., Termansen, M., Hubacek, K., 2013. Evaluating farmers' likely participation in a payment programme for water quality protection in the UK uplands. Reg Environ Change 13, 633–647. https://doi.org/10.1007/s10113-012-0282-9

Benhabib, J., Bisin, A., Schotter, A., 2010. Present-bias, quasi-hyperbolic discounting, and fixed costs. Games and Economic Behavior 69, 205–223. https://doi.org/10.1016/j.geb.2009.11.003

Bezabih, M., 2009. Heterogeneous Risk Preferences, Discount Rates and Land Contract Choice in Ethiopia. Journal of Agricultural Economics 60, 402–418. https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2008.00194.x

Birge, T., Toivonen, M., Kaljonen, M., Herzon, I., 2017. Probing the grounds: Developing a payment-by-results agri-environment scheme in Finland. Land Use Policy 61, 302–315. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.11.028

Blackburn, M., El-Deredy, W., 2013. The future is risky: discounting of delayed and uncertain outcomes. Behav. Processes 94, 9–18. https://doi.org/10.1016/j.beproc.2012.11.005

Blamey, R., Gordon, J., Chapman, R., 1999. Choice Modelling: Assessing the Environmental Values of Water Supply Options. Australian Journal of Agricultural and Resource Economics 43, 337–357. https://doi.org/10.1111/1467-8489.00083

Bliemer, M., Rose, J., 2010. Construction of experimental designs for mixed logit models allowing for correlation across choice observations. Transportation Research Part B: Methodological 44, 720–734.

Bocqueho, G.G., Jacquet, F.F., Reynaud, A.A., 2014. Expected utility or prospect theory maximisers? Assessing farmers' risk behaviour from field-experiment data. European Review of Agricultural Economics 41, 135–172. https://doi.org/10.1093/erae/jbt006

Bonin, M., Aznar, O., Caron, A., Depres, C., Jeanneaux, P., Maury, C., Queste, J., Augusseaux, X., Daré, W., 2013. Les mesures agri-environnementales favorisent-elles la fourniture de services écosystémiques ? Contribution de trois études de cas (Auvergne, Réunion, Guadeloupe).

Bonnieux, F., 1986. Approche économique de l'intensification. Économie rurale 171, 9–15. https://doi.org/10.3406/ecoru.1986.3734

Bougherara, D., Gassmann, X., Piet, L., Reynaud, A., 2017. Structural estimation of farmers' risk and ambiguity preferences: a field experiment. Eur Rev Agric Econ 44, 782–808. https://doi.org/10.1093/erae/jbx011

Boxall, P.C., Adamowicz, W.L., 2002. Understanding Heterogeneous Preferences in Random Utility Models: A Latent Class Approach. Environmental and Resource Economics 23, 421–446. https://doi.org/10.1023/A:1021351721619

Breffle, W.S., Morey, E.R., 2000. Investigating preference heterogeneity in a repeated discrete-choice recreation demand model of Atlantic salmon fishing. Marine Resource Economics 15, 1–20.

Broch, S.W., Vedel, S.E., 2012. Using Choice Experiments to Investigate the Policy Relevance of Heterogeneity in Farmer Agri-Environmental Contract Preferences. Environ Resource Econ 51, 561–581. https://doi.org/10.1007/s10640-011-9512-8

Brun, F., Chabé-Ferret, S., 2014. Le rôle de l'orientation syndicale des Chambres d'agriculture dans la contractualisation des mesures agro-environnementales. VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement. https://doi.org/10.4000/vertigo.15292

Burton, R.J.F., Schwarz, G., 2013. Result-oriented agri-environmental schemes in Europe and their potential for promoting behavioural change. Land Use Policy 30, 628–641. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.05.002

Camerer, C.F., Hogarth, R.M., 1999. The Effects of Financial Incentives in Experiments: A Review and Capital-Labor-Production Framework. Journal of Risk and Uncertainty 19, 7–42. https://doi.org/10.1023/A:1007850605129

Castillo, E., Menéndez, J.M., Jiménez, P., Rivas, A., 2008. Closed form expressions for choice probabilities in the Weibull case. Transportation Research Part B: Methodological 42, 373–380. https://doi.org/10.1016/j.trb.2007.08.002

Chabé-Ferret, S., Subervie, J., 2013. How much green for the buck? Estimating additional and windfall effects of French agro-environmental schemes by DID-matching. Journal of Environmental Economics and Management 65, 12–27. https://doi.org/10.1016/j.jeem.2012.09.003

Chavas, J.-P., Holt, M.T., 1996. Economic Behavior Under Uncertainty: A Joint Analysis of Risk Preferences and Technology. The Review of Economics and Statistics 78, 329–335. https://doi.org/10.2307/2109935

Christensen, T., Pedersen, A.B., Nielsen, H.O., Mørkbak, M.R., Hasler, B., Denver, S., 2011. Determinants of farmers' willingness to participate in subsidy schemes for pesticide-free buffer zones—A choice experiment study. Ecological Economics 70, 1558–1564. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.03.021

Clot, S., Stanton, C.Y., 2014. Present bias predicts participation in payments for environmental services: Evidence from a behavioral experiment in Uganda. Ecological Economics 108, 162–170. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.07.026

Clot, S., Stanton, C.Y., Willinger, M., 2017. Are impatient farmers more risk-averse? Evidence from a lab-in-the-field experiment in rural Uganda. Applied Economics 49, 156–169. https://doi.org/10.1080/00036846.2016.1192277

Cole, S.A., Xiong, W., 2017. Agricultural Insurance and Economic Development. Annual Review of Economics 9, 235–262. https://doi.org/10.1146/annurev-economics-080315-015225

Coller, M., Williams, M.B., 1999. Eliciting individual discount rates. Exp Econ 2, 107–127. https://doi.org/10.1007/BF01673482

Comerford, E., 2014. Understanding why landholders choose to participate or withdraw from conservation programs: a case study from a Queensland conservation auction. J. Environ. Manage. 141, 169–176. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.01.049

Cotty, T.L., d'Hôtel, E.M., Soubeyran, R., Subervie, J., 2018. Linking Risk Aversion, Time Preference and Fertiliser Use in Burkina Faso. The Journal of Development Studies 54, 1991–2006. https://doi.org/10.1080/00220388.2017.1344645

Croson, R., 2002. Why and how to experiment: Methodologies from experimental economics. University of Illinois Law Review 2002, 921–945.

Croson, R., Gächter, S., 2010. The science of experimental economics. Journal of Economic Behavior & Organization, On the Methodology of Experimental Economics 73, 122–131. https://doi.org/10.1016/j.jebo.2009.09.008

Decamps, M., 2011. Les parcs naturels régionaux : une institution au service de l'action publique ? : le cas de la mise en œuvre de la politique agri-environnementale (thesis). Clermont-Ferrand 1.

Defrancesco, E., Gatto, P., Runge, F., Trestini, S., 2008. Factors Affecting Farmers' Participation in Agri-environmental Measures: A Northern Italian Perspective. Journal of Agricultural Economics 59, 114–131. https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2007.00134.x

Démurger, S., Pelletier, A., 2015. Volunteer and satisfied? Rural households' participation in a payments for environmental services programme in Inner Mongolia. Ecological Economics 116, 25–33. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.04.012

Dessart, F.J., Barreiro-Hurlé, J., van Bavel, R., 2019. Behavioural factors affecting the adoption of sustainable farming practices: a policy-oriented review. Eur Rev Agric Econ 46, 417–471. https://doi.org/10.1093/erae/jbz019

Djurfeldt, A.A., 2012. Seasonality and farm/non-farm interactions in Western Kenya. J. Mod. Afr. Stud. 50, 1–23. https://doi.org/10.1017/S0022278X11000589

Dobremez, L., Veron, F., 1997. Contribution à l'évaluation des mesures agri-environnementales: exemples de démarches 14.

Du, X., Feng, H., Hennessy, D.A., 2017. Rationality of Choices in Subsidized Crop Insurance Markets. Am J Agric Econ 99, 732–756. https://doi.org/10.1093/ajae/aaw035

Ducos, G., Dupraz, P., Bonnieux, F., 2009. Agri-environment contract adoption under fixed and variable compliance costs. Journal of Environmental Planning and Management 52, 669–687. https://doi.org/10.1080/09640560902958248

Dupraz, P., Latouche, K., Turpin, N., 2009. Threshold effect and co-ordination of agri-environmental efforts. Journal of Environmental Planning and Management 52, 613–630. https://doi.org/10.1080/09640560902958164

Duquette, E., Higgins, N., Horowitz, J., 2012. Farmer Discount Rates: Experimental Evidence. Am J Agric Econ 94, 451–456. https://doi.org/10.1093/ajae/aar067

Eber Nicolas, Willinger Marc, 2005. L'économie expérimentale. La Découverte, « Repères », 128 pages. ISBN : 9782707146021.

Eckles, D.L., Wise, J., 2011. Prospect Theory and the Demand for Insurance.

Eigenraam, M., Beverly, C., Stoneham, G., Todd, J., 2005. Auctions for multiple environmental outcomes, from desk to field in Victoria, Australia.

Elster, J., 1979. Risk, uncertainty and nuclear power. Information (International Social Science Council) 18, 371–400. https://doi.org/10.1177/053901847901800303

Escot, E., Grandmougin, B., Rossi, A., Isel, S., Barros, C., Demouy, Y., Wilmes, C., 2013. Evaluation de la mise en oeuvre des Mesures agro-environnementales en Alsace dans une optique de réforme de la PAC post 2013. RRR Alsace Editions. 117p.

Espinosa-Goded, M., Barreiro-Hurlé, J., Ruto, E., 2010. What Do Farmers Want From Agri-Environmental Scheme Design? A Choice Experiment Approach. Journal of Agricultural Economics 61, 259–273. https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2010.00244.x

Facchini, F., 1999. La mise en œuvre de l'article 19 du règlement CEE 797/85 en France et en Grande-Bretagne. Économie rurale 252, 3–8. https://doi.org/10.3406/ecoru.1999.5094

Finch, C., Slater, J., 2003. The mid term evaluation of the England rural development program: the Countryside Stewardship Program. ADA Consulting Ltd, Woodthorne. 47p.

Fischer, S., Wollni, M., 2018. The role of farmers' trust, risk and time preferences for contract choices: Experimental evidence from the Ghanaian pineapple sector. Food Policy 81, 67–81.

Fisher, J., 2012. No pay, no care? A case study exploring motivations for participation in payments for ecosystem services in Uganda. Oryx 46, 45–54. https://doi.org/10.1017/S0030605311001384

Fleury, P., Seres, C., Dobremez, L., Nettier, B., Pauthenet, Y., 2015. "Flowering Meadows", a result-oriented agri-environmental measure: Technical and value changes in favour of biodiversity. Land Use Policy 46, 103–114. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.02.007

Franks, D.J.R., McGloin, A., 2007. Joint submissions, output related payments and

environmental co-operatives: Can the Dutch experience innovate UK agri-environment policy? Journal of Environmental Planning and Management 50, 233–256. https://doi.org/10.1080/09640560601156482

Franzén, F., Dinnétz, P., Hammer, M., 2016. Factors affecting farmers' willingness to participate in eutrophication mitigation — A case study of preferences for wetland creation in Sweden. Ecological Economics 130, 8–15. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.05.019

Frederick, S., Loewenstein, G., O'Donoghue, T., 2002. Time Discounting and Time Preference: A Critical Review. Journal of Economic Literature 40, 351–401.

Frondel, M., Lehmann, P., Wätzold, F., 2012. The impact of information on landowners' participation in voluntary conservation programs – Theoretical considerations and empirical evidence from an agri-environment program in Saxony, Germany. Land Use Policy 29, 388–394. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2011.08.003

Galarza, F., 2009. Choices under Risk in Rural Peru (No. 17708), MPRA Paper. University Library of Munich, Germany.

Gassiat, A., Zahm, F., 2013. Améliorer la qualité de l'eau : quelle territorialisation ? Exemple des MAE à « enjeu eau ». Économie rurale. Agricultures, alimentations, territoires 85–104. https://doi.org/10.4000/economierurale.3812

Gault J., Pringault J.-M., Riou Y., 2013. Mission de parangonnage (Allemagne, Pays Bas, Autriche, Italie, Angleterre) des mesures agri-environnementales à enjeu eau, partie 1. CGAAER, n°12079, Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt. 101 p.

Gerowitt, B., Bertke, E., Hespelt, S.-K., Tute, C., 2003. Towards multifunctional agriculture – weeds as ecological goods? Weed Research 43, 227–235. https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2003.00340.x

Giannakopoulos, N., Damianos, D., 2002. Farmers' participation in agri-environmental schemes in Greece. British Food Journal 104, 261–273. https://doi.org/10.1108/00070700210425705

Gintis, H., 2000. Beyond Homo economicus: evidence from experimental economics. Ecological Economics 35, 311–322. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(00)00216-0

Gong, Y., Baylis, K., Kozak, R., Bull, G., 2016. Farmers' risk preferences and pesticide use decisions: evidence from field experiments in China. Agricultural Economics 47, 411–421. https://doi.org/10.1111/agec.12240

Greiner, R., 2016. Factors influencing farmers' participation in contractual biodiversity conservation: a choice experiment with northern Australian pastoralists. Australian Journal of Agricultural and Resource Economics 60, 1–21. https://doi.org/10.1111/1467-8489.12098

Greiner, R., 2014. Willingness of north Australian pastoralists and graziers to participate in contractual biodiversity conservation (No. 165839), 2014 Conference (58th), February

4-7, 2014, Port Maquarie, Australia. Australian Agricultural and Resource Economics Society.

Greiner, R., Bliemer, M., Ballweg, J., 2014. Design considerations of a choice experiment to estimate likely participation by north Australian pastoralists in contractual biodiversity conservation. Journal of choice modelling 10, 34–45.

Gross-Camp, N.D., Martin, A., McGuire, S., Kebede, B., Munyarukaza, J., 2012. Payments for ecosystem services in an African protected area: exploring issues of legitimacy, fairness, equity and effectiveness. Oryx 46, 24–33. https://doi.org/10.1017/S0030605311001372

Groth, M., Dittmer, F., 2010. Towards an agri-environment index for biodiversity conservation payment schemes. University of Lüneburg, Institute of Economics, Working Paper Series in Economics.

Hanley, N., Mourato, S., Wright, R.E., 2001. Choice Modelling Approaches: A Superior Alternative for Environmental Valuatioin? Journal of Economic Surveys 15, 435–462. https://doi.org/10.1111/1467-6419.00145

Harrison, G.W., Humphrey, S.J., Verschoor, A., 2010. Choice under Uncertainty: Evidence from Ethiopia, India and Uganda*. The Economic Journal 120, 80–104. https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2009.02303.x

Harrison, G.W., Lau, M.I., Williams, M.B., 2002. Estimating Individual Discount Rates in Denmark: A Field Experiment. American Economic Review 92, 1606–1617. https://doi.org/10.1257/000282802762024674

Harrison, G.W., List, J.A., 2004. Field Experiments. Journal of Economic Literature 42, 1009–1055. https://doi.org/10.1257/0022051043004577

Hausman, J., McFadden, D., 1984. Specification Tests for the Multinomial Logit Model. Econometrica 52, 1219–1240. https://doi.org/10.2307/1910997

Hegde, R., Bull, G.Q., Wunder, S., Kozak, R.A., 2015. Household participation in a Payments for Environmental Services programme: the Nhambita Forest Carbon Project (Mozambique). Environment and Development Economics 20, 611–629. https://doi.org/10.1017/S1355770X14000631

Hensher, D.A., Rose, J.M., Greene, W.H., 2015. Applied Choice Analysis [WWW Document]. Cambridge Core. https://doi.org/10.1017/CBO9781316136232

Hermann, D., Musshoff, O., 2016. Measuring time preferences: Comparing methods and evaluating the magnitude effect. Journal of Behavioral and Experimental Economics (formerly The Journal of Socio-Economics) 65, 16–26.

Herzon, I., Birge, T., Allen, B., Povellato, A., Vanni, F., Hart, K., Radley, G., Tucker, G., Keenleyside, C., Oppermann, R., Underwood, E., Poux, X., Beaufoy, G., Pražan, J., 2018. Time to look for evidence: Results-based approach to biodiversity conservation on farmland in Europe. Land Use Policy 71, 347–354. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.12.011

Hodge, I., Hauck, J., Bonn, A., 2015. The alignment of agricultural and nature conservation policies in the European Union. Conservation Biology 29, 996–1005. https://doi.org/10.1111/cobi.12531

Holt, C.A., Laury, S.K., 2002. Risk Aversion and Incentive Effects. American Economic Review 92, 1644–1655. https://doi.org/10.1257/000282802762024700

Hu, W.-Y., 2015. The role of risk and risk-aversion in adoption of alternative marketing arrangements by the US farmers. Applied Economics 47, 2899–2912. https://doi.org/10.1080/00036846.2015.1011311

Huber, J., Zwerina, K., 1996. The Importance of Utility Balance in Efficient Choice Designs. Journal of Marketing Research 33. https://doi.org/10.2307/3152127

Ida, T., Goto, R., 2009. Interdependency among addictive behaviours and time/risk preferences: Discrete choice model analysis of smoking, drinking, and gambling. Journal of Economic Psychology 30, 608–621. https://doi.org/10.1016/j.joep.2009.05.003

Janier-Dubry, F., Soufi, R., Ministère de l'agriculture et de la pêche, Ministère de l'environnement, 1994. L'Article 19 et l'expérience française en matière de contrats de gestion agri-environnementaux : rapport final. Institut pour une politique européenne de l'environnement, Paris.

Johnson, R., Orme, B., 2003. Getting the Most from CBC. Sawtooth Software Eds, 8p.

Jongeneel, R.A., Polman, N.B.P., Slangen, L.H.G., 2008. Why are Dutch farmers going multifunctional? Land Use Policy 25, 81–94. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2007.03.001

Just, D.R., Wu, S., 2005. Loss Aversion and Reference Points in Contracts (No. 127073), Working Papers. Cornell University, Department of Applied Economics and Management.

Just, R., Zilberman, D., 1983. Stochastic Structure, Farm Size and Technology Adoption in Developing Agriculture. Oxford Economic Papers 35, 307–28.

Kahneman, D., Knetsch, J.L., Thaler, R.H., 1991. Anomalies: The Endowment Effect, Loss Aversion, and Status Quo Bias. Journal of Economic Perspectives 5, 193–206. https://doi.org/10.1257/jep.5.1.193

Kahneman, D., Tversky, A., 1972. Subjective probability: A judgment of representativeness. Cognitive Psychology 3, 430–454. https://doi.org/10.1016/0010-0285(72)90016-3

Kataria, M., Bateman, I., Christensen, T., Dubgaard, A., Hasler, B., Hime, S., Ladenburg, J., Levin, G., Martinsen, L., Nissen, C., 2012. Scenario realism and welfare estimates in choice experiments--a non-market valuation study on the European water framework directive. J. Environ. Manage. 94, 25–33. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.08.010

Keenleyside, C., Allen, B., Hart, K., Menadue, H., Stefanova, V., Prazan, J., Herzon, I., Clement, T., Povellato, A., Maciejczak, M., Boatman, N., 2011. Delivering

environmental benefits through entry-level agri-environment schemes in the EU 209p.

Khanna, M., Louviere, J., Yang, X., 2017. Motivations to grow energy crops: the role of crop and contract attributes. Agricultural Economics 48, 263–277. https://doi.org/10.1111/agec.12332

Kleijn, D., Sutherland, W.J., 2003. How effective are European agri-environment schemes in conserving and promoting biodiversity? Journal of Applied Ecology 40, 947–969. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2003.00868.x

Knight, J., Weir, S., Woldehanna, T., 2003. The role of education in facilitating risk-taking and innovation in agriculture. The Journal of Development Studies 39, 1–22. https://doi.org/10.1080/00220380312331293567

Knop, E., Kleijn, D., Herzog, F., Schmid, B., 2006. Effectiveness of the Swiss agri-environment scheme in promoting biodiversity. Journal of Applied Ecology 43, 120–127. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01113.x

Kosoy, N., Corbera, E., Brown, K., 2008. Participation in payments for ecosystem services: Case studies from the Lacandon rainforest, Mexico. Geoforum, Placing Splintering Urbanism 39, 2073–2083. https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2008.08.007

Kuhfeld, W.F., Tobias, R.D., Garratt, M., 1994. Efficient Experimental Design with Marketing Research Applications. Journal of Marketing Research 31, 545–557. https://doi.org/10.2307/3151882

Kuhfuss, L., 2013. Contrats agro-environnementaux : évaluation et dispositifs innovants en France (thesis). Montpellier 1.

Kuhfuss, L., Jacquet, F., Preget, R., Thoyer, S., 2012. Le dispositif des MAEt pour l'enjeu eau : une fausse bonne idée ? Revue d'Etudes en Agriculture et Environnement - Review of agricultural and environmental studies 93, 395–422.

Kuhfuss, L., Préget, R., Thoyer, S., 2014. Préférences individuelles et incitations collectives: quels contrats agroenvironnementaux pour la réduction des herbicides par les viticulteurs ? Revue d'Etudes en Agriculture et Environnement 95, 111–143.

Kuhfuss, L., Préget, R., Thoyer, S., Hanley, N., Coent, P.L., Désolé, M., 2016. Nudges, Social Norms, and Permanence in Agri-environmental Schemes. Land Economics 92, 641–655. https://doi.org/10.3368/le.92.4.641

Kuhfuss, L., Subervie, J., 2018. Do European Agri-environment Measures Help Reduce Herbicide Use? Evidence From Viticulture in France. Ecological Economics 149, 202–211. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.03.015

Laibson, D., 1997. Golden Eggs and Hyperbolic Discounting. Q J Econ 112, 443–478. https://doi.org/10.1162/003355397555253

Lancaster, K.J., 1966. A New Approach to Consumer Theory. Journal of Political Economy 74, 132–157.

Langpap, C., 2004. Conservation Incentives Programs for Endangered Species: An Analysis

of Landowner Participation. Land Economics 80, 375. https://doi.org/10.2307/3654727

Lastra-Bravo, X.B., Hubbard, C., Garrod, G., Tolón-Becerra, A., 2015. What drives farmers' participation in EU agri-environmental schemes?: Results from a qualitative meta-analysis. Environmental Science & Policy 54, 1–9. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.06.002

Latacz-Lohmann, U., Van der Hamsvoort, C., 1997. Auctioning Conservation Contracts: A Theoretical Analysis and an Application. American Journal of Agricultural Economics 79, 407–418. https://doi.org/10.2307/1244139

Laury, S.K., McInnes, M.M., Todd Swarthout, J., 2012. Avoiding the curves: Direct elicitation of time preferences. J Risk Uncertain 44, 181–217. https://doi.org/10.1007/s11166-012-9144-6

Layton, D.F., Siikamäki, J., 2009. Payments for Ecosystem Services Programs: Predicting Landowner Enrollment and Opportunity Cost Using a Beta-Binomial Model. Environ Resource Econ 44, 415. https://doi.org/10.1007/s10640-009-9293-5

Lehmann, P., 2005. An economic evaluation of the U.S. Conservation Reserve Program (No. 1/2005), UFZ Discussion Papers. Helmholtz Centre for Environmental Research (UFZ), Division of Social Sciences (ÖKUS).

Lichtenberg, E., 2004. Cost-Responsiveness of Conservation Practice Adoption: A Revealed Preference Approach. Journal of Agricultural and Resource Economics 29.

Liebenehm, S., Waibel, H., 2014. Simultaneous Estimation of Risk and Time Preferences among Small-scale Cattle Farmers in West Africa. Am J Agric Econ 96, 1420–1438. https://doi.org/10.1093/ajae/aau056

Lienhoop, N., Brouwer, R., 2015. Agri-environmental policy valuation: Farmers' contract design preferences for afforestation schemes. Land Use Policy 42, 568–577. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.09.017

Liu, E.M., Huang, J., 2013. Risk preferences and pesticide use by cotton farmers in China. Journal of Development Economics 103, 202–215. https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2012.12.005

Louviere, J., 1988. Conjoint analysis modelling of stated preferences: a review of theory, methods, recent developments and external validity. Journal of transport economics and policy 22, 93–119.

Lyu, K., Barré, T.J., 2017. Risk aversion in crop insurance program purchase decisions: Evidence from maize production areas in China. China Ag Economic Review 9, 62–80. https://doi.org/10.1108/CAER-04-2015-0036

Ma, S., Swinton, S.M., Lupi, F., Jolejole-Foreman, C., 2012. Farmers' Willingness to Participate in Payment-for-Environmental-Services Programmes. Journal of Agricultural Economics 63, 604–626. https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2012.00358.x

Manski, C.F., 1977. The structure of random utility models. Theor Decis 8, 229–254. https://doi.org/10.1007/BF00133443

Matta, J.R., Alavalapati, J.R.R., Mercer, D.E., 2009. Incentives for biodiversity conservation beyond the best management practices: are forestland owners interested. Land Economics 85(1):132-143 85, 132–143.

McFadden, D.L., 1973. Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior, in: Frontiers in Econometrics. Wiley, New York.

McGurn, P. and Moran, J., 2013. A National Outcome-based Agri-environment Programme Under Ireland's Rural Development Programme 2014-2020. Report produced for the Heritage Council.

Mehar, M., Yamano, T., Panda, A., 2017. The Role of Gender, Risk, and Time Preferences in Farmers' Rice Variety Selection in Eastern India. Asian Journal of Agriculture and Development 14, 17–36.

Menozzi, D., Fioravanzi, M., Donati, M., 2015. Farmer's motivation to adopt sustainable agricultural practices. Bio-based and Applied Economics 4, 125-147–147. https://doi.org/10.13128/BAE-14776

Mettepenningen, E., Beckmann, V., Eggers, J., 2011. Public transaction costs of agri-environmental schemes and their determinants—Analysing stakeholders' involvement and perceptions. Ecological Economics 70, 641–650. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.10.007

Mettepenningen, E., Vandermeulen, V., Delaet, K., Van Huylenbroeck, G., Wailes, E.J., 2013. Investigating the influence of the institutional organisation of agri-environmental schemes on scheme adoption. Land Use Policy 33, 20–30. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.12.004

Meuwissen, M., Huirne, R.B.M., Hardaker, J., 2001. Risk and risk management: An empirical analysis of Dutch livestock farmers. Livestock Production Science 69, 43–53. https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00247-5

Mijangos, I., Albizu, I., Epelde, L., Amezaga, I., Mendarte, S., Garbisu, C., 2010. Effects of liming on soil properties and plant performance of temperate mountainous grasslands. J. Environ. Manage. 91, 2066–2074. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.05.011

Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2017. Evaluation ex-post du Programme de Développement Rural Exagonal (PDRH). Programmation FEADER 2007/2013. Tome 2. 169 p.

Morey, E.R., Rowe, R.D., Watson, M., 1993. A repeated nested-logit model of Atlantic salmon fishing. American journal of agricultural economics (USA).

Morris, C., Potter, C., 1995. Recruiting the new conservationists: Farmers' adoption of agri-environmental schemes in the U.K. Journal of Rural Studies 11, 51–63. https://doi.org/10.1016/0743-0167(94)00037-A

Moschini, G., Hennessy, D.A., 2001. Chapter 2 Uncertainty, risk aversion, and risk

management for agricultural producers, in: Handbook of Agricultural Economics, Agricultural Production. Elsevier, pp. 87–153. https://doi.org/10.1016/S1574-0072(01)10005-8

Murphy, G., Hynes, S., Murphy, E., O'Donoghue, C., Green, S., 2011. Assessing the compatibility of farmland biodiversity and habitats to the specifications of agri-environmental schemes using a multinomial logit approach. Ecological Economics 71, 111–121. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.08.010

Nguyen, Q., 2016. Linking loss aversion and present bias with overspending behavior of tourists: Insights from a lab-in-the-field experiment. Tourism Management 54, 152–159. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2015.09.019

Norton, E.C., Wang, H., Ai, C., 2004. Computing interaction effects and standard errors in logit and probit models. Stata Journal 4, 154–167.

OECD, O., 2009. Managing risk in agriculture: A holistic approach. Managing Risk in Agriculture: A Holistic Approach 1–168. https://doi.org/10.1787/9789264075313-en

Peterson, J.M., 2011. Buying environmental improvements from farmers who screen on contrac tattributes, AERE Inaugural Summer Conference, Seattle, 17p.

Phelps, E., Pollak, R.A., 1968. On Second-Best National Saving and Game-Equilibrium Growth. Review of Economic Studies 35, 185–199.

Polman, N.B.P., Slangen, L.H.G., 2008. Institutional design of agri-environmental contracts in the European Union: the role of trust and social capital. NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences 55, 413–430. https://doi.org/10.1016/S1573-5214(08)80029-2

Pratt, J.W., 1964. Risk Aversion in the Small and in the Large. Econometrica 32, 122. https://doi.org/10.2307/1913738

Pywell Richard F., Heard Matthew S., Bradbury Richard B., Hinsley Shelley, Nowakowski Marek, Walker Kevin J., Bullock James M., 2012. Wildlife-friendly farming benefits rare birds, bees and plants. Biology Letters 8, 772–775. https://doi.org/10.1098/rsbl.2012.0367

Randrianarison, H., Ramiaramanana, J., Wätzold, F., 2017. When to Pay? Adjusting the Timing of Payments in PES Design to the Needs of Poor Land-users. Ecological Economics 138, 168–177. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.03.040

Rapport final de l'évaluation ex-post du PDRH 2007-2013 [WWW Document], n.d. URL http://www.reseaurural.fr/centre-de-ressources/documents/rapport-final-de-levaluation-ex-post-du-pdrh-2007-2013 (accessed 7.13.19).

Reynaud, A., Couture, S., 2012. Stability of risk preference measures: results from a field experiment on French farmers. Theory Decis 73, 203–221. https://doi.org/10.1007/s11238-012-9296-5

Riley, M., Sangster, H., Smith, H., Chiverrell, R., Boyle, J., 2018. Will farmers work together for conservation? The potential limits of farmers' cooperation in agri-environment measures. Land Use Policy 70, 635–646.

https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.10.049

Roberts, M., Lubowski, R., 2007. Enduring Impacts of Land Retirement Policies: Evidence from the Conservation Reserve Program. Land Economics 83. https://doi.org/10.3368/le.83.4.516

Roe, B.E., 2015. The Risk Attitudes of U.S. Farmers. Appl Econ Perspect Policy 37, 553–574. https://doi.org/10.1093/aepp/ppv022

Rose, J.M., Bliemer, M.C.J., 2013. Sample size requirements for stated choice experiments. Transportation 40, 1021–1041. https://doi.org/10.1007/s11116-013-9451-z

Rousset, S., Louis, M., 2012. Coûts de transaction et adoption des MAE territorialisées à enjeu eau. Revue d'Économie Régionale & Urbaine février. https://doi.org/10.3917/reru.121.0065

Ruto, E., Garrod, G., 2009. Investigating farmers' preferences for the design of agri-environment schemes: a choice experiment approach. Journal of Environmental Planning and Management 52, 631–647. https://doi.org/10.1080/09640560902958172

Saïd, S., Thoyer, S., 2009. What shapes farmers' attitudes towards agri-environmental payments : A case study in Lozere (No. 09–08), Working Papers. LAMETA, Universtiy of Montpellier.

Santos, R., Clemente, P., Brouwer, R., Antunes, P., Pinto, R., 2015. Landowner preferences for agri-environmental agreements to conserve the montado ecosystem in Portugal. Ecological Economics 118, 159–167. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.07.028

Schwarz, G., Morkvenas, Z., 2013. Increasing the effectiveness of agri-environmental measures in Lithuania: guidelines for the practical implementation of result-oriented payments. The Sixth International Scientific Conference Rural Development 2013 Innovations and Sustainability, 28-29 November, 2013, Aleksandras Stulginskis University : proceedings, Vol. 6, Book 1 608–614.

Serra, T., Zilberman, D., Gil, J.M., Featherstone, A., 2009. The effects of decoupling on land allocation. Applied Economics 41, 2323–2333. https://doi.org/10.1080/00036840701222520

Shavit, T., Benzion, U., Shapir, O.M., Galil, K., 2013. Are time preferences for risky outcomes, riskless outcomes and commodities really different? Economics Letters 118, 512–514. https://doi.org/10.1016/j.econlet.2013.01.001

Smith, V.L., 1991. Papers in Experimental Economics. Cambridge University Press, Cambridge. https://doi.org/10.1017/CBO9780511528354

Starmer, C., 2000. Developments in Non-expected Utility Theory: The Hunt for a Descriptive Theory of Choice under Risk. Journal of Economic Literature 38, 332–382.

Stoneham, G., Chaudhri, V., Ha, A., Strappazzon, L., 2003. Auctions for conservation contracts: an empirical examination of Victoria's BushTender trial. Australian Journal of Agricultural and Resource Economics 47, 477–500. https://doi.org/10.1111/j.1467-8489.2003.t01-1-00224.x

Swait, J., 1994. A Structural Equation Model of Latent Segmentation and Product Choice for Cross-Sectional Revealed Preference Choice Data. Journal of Retailing and Consumer Services 1, 77–89. https://doi.org/10.1016/0969-6989(94)90002-7

Thaler, R., 1981. Some empirical evidence on dynamic inconsistency. Economics Letters 8, 201–207. https://doi.org/10.1016/0165-1765(81)90067-7

Thaler, R., Sunstein, C., 2009. NUDGE: Improving Decisions About Health, Wealth, and Happiness.

Thoyer, S., Préget, R., 2019. Enriching the CAP evaluation toolbox with experimental approaches: introduction to the special issue. Eur Rev Agric Econ 46, 347–366. https://doi.org/10.1093/erae/jbz024

Thoyer, S., Saïd, S., 2007. Mesures agro-environnementales : quels mécanismes d'allocation ? In: Isabelle Doussan (Directeur), Jérome Dubois (Directeur), Conservation de la biodiversité et PAC de l'Union européenne (p. 121-150). Monde Européen et International. Paris, FRA : Documentation française. http://prodinra.inra.fr/record/22523

Tversky, A., Kahneman, D., 1992. Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty. J Risk Uncertainty 5, 297–323. https://doi.org/10.1007/BF00122574

Unay Gailhard, İ., Bojnec, Š., 2015. Farm size and participation in agri-environmental measures: Farm-level evidence from Slovenia. Land Use Policy 46, 273–282. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.03.002

Union européenne, Cour des comptes, 2011. L'aide agroenvironnementale est-elle conçue et gérée de manière satisfaisante? rapport spécial n° 7/2011 (présenté en vertu de l'article 287, paragraphe 4, deuxième alinéa, du TFUE). Office des publications officielles des Communautés européennes, Luxembourg.

Urbano, G. Vollet D., 2005. L'évaluation du contrat territorial d'exploitation (CTE). Notes et études économiques n°22, .69-110.

USDA, 1997. New CRP criteria enhance environmental gain. Agricultural outlook. Economic Research Service/USDA, 15-18.

van Dijk, W.F.A., Lokhorst, A.M., Berendse, F., de Snoo, G.R., 2015. Collective agri-environment schemes: How can regional environmental cooperatives enhance farmers' intentions for agri-environment schemes? Land Use Policy 42, 759–766. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.10.005

Vanslembrouck, I., Huylenbroeck, G.V., Verbeke, W., 2002. Determinants of the Willingness of Belgian Farmers to Participate in Agri-environmental Measures. Journal of Agricultural Economics 53, 489–511. https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2002.tb00034.x

Vedel, S.E., Jacobsen, J.B., Thorsen, B.J., 2015. Contracts for afforestation and the role of monitoring for landowners' willingness to accept. Forest Policy and Economics 51, 29–37. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2014.11.007

Villanueva, A.J., Glenk, K., Rodríguez-Entrena, M., 2017. Protest Responses and Willingness to Accept: Ecosystem Services Providers' Preferences towards Incentive-Based Schemes. Journal of Agricultural Economics 68, 801–821. https://doi.org/10.1111/1477-9552.12211

Villanueva, A.J., Gómez-Limón, J.A., Arriaza, M., Rodríguez-Entrena, M., 2015. The design of agri-environmental schemes: Farmers' preferences in southern Spain. Land Use Policy 46, 142–154. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.02.009

Vollet, D., Callois, J.-M., Aznar, O., Yelkouni, M., 2009. Coûts de transaction et politiques agri-environnementales. Canadian Journal of Program Evaluation 24, 103–130.

von Neumann, J., Morgenstern, O., Rubinstein, A., 1944. Theory of Games and Economic Behavior (60th Anniversary Commemorative Edition). Princeton University Press.

Vukina, T., Zheng, X., Marra, M., Levy, A., 2008. Do farmers value the environment? Evidence from a conservation reserve program auction. International Journal of Industrial Organization 26, 1323–1332.

Wezel, A., Vincent, A., Nitsch, H., Schmid, O., Dubbert, M., Tasser, E., Fleury, P., Stöckli, S., Stolze, M., Bogner, D., 2018. Farmers' perceptions, preferences, and propositions for result-oriented measures in mountain farming. Land Use Policy 70, 117–127. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.10.020

Wunder, S., 2005. Payments for environmental services: some nuts and bolts 32p. Bogor, Indonesia: CIFOR.

Wunder, S., Engel, S., Pagiola, S., 2008. Taking stock: A comparative analysis of payments for environmental services programs in developed and developing countries. Ecological Economics, Payments for Environmental Services in Developing and Developed Countries 65, 834–852. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.03.010

Yesuf, M., Bluffstone, R.A., 2009. Poverty, Risk Aversion, and Path Dependence in Low-Income Countries: Experimental Evidence from Ethiopia. Am J Agric Econ 91, 1022–1037. https://doi.org/10.1111/j.1467-8276.2009.01307.x

Zauberman, G., Kim, B.K., Malkoc, S.A., Bettman, J.R., 2009. Discounting Time and Time Discounting: Subjective Time Perception and Intertemporal Preferences. Journal of Marketing Research 46, 543–556. https://doi.org/10.1509/jmkr.46.4.543

Zimmermann, A., Britz, W., 2016. European farms' participation in agri-environmental measures. Land Use Policy 50, 214–228. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.09.019

Zinn, J.O., 2009. Introduction: The Contribution of Sociology to the Discourse on Risk and Uncertainty, in: Social Theories of Risk and Uncertainty. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 1–17. https://doi.org/10.1002/9781444301489.ch1

Annexes

Annexe 1 : Liste des acronymes

AC : Amendements Calcaires

AOP : Appellation d'Origine Protégée

ASC : Alternative Specific Constant

CAD : Contrats d'Agriculture Durable

CAR : Consentements à Recevoir

CE : Choice Experiment

CRRA : Constant Relative Risk Aversion

CTB : Convex Time Budget

CTE : Contrats Territoriaux d'Exploitation

DMPL : Double Multiple Price List

EARL : Exploitation Agricole à Responsabilité Limitée

EU : Expected Utility

FP : Forme de Paiement

GAEC : Groupement Agricole d'Exploitation en Commun

IAC : Interdiction d'Amendements Calcaires

ICHN : Indemnité Compensatoire de Handicap naturel

IID : Indépendamment et Identiquement Distribués

LEEM : Laboratoire d'Economie Expérimental Montpelliérain

MAE : Mesure Agro-Environnementale

MAEC : Mesures Agro-Environnementales et Climatiques

MAET : Mesures Agro-Environnementales Territorialisées

MPT : Montant du Paiement Total

OLAE : Opérations Locales Agriculture Environnement

OMC : Organisme Mondial du Commerce

OTEX : Orientation Technico-Economique

PAC : Politique Agricole Commune

PAEC : Projets Agro-Environnementaux et Climatiques

PDD : Plans de Développement Durable

PDR : Programme de Développement Rural

PDRH : Programme de Développement Rural Hexagonal

PDRN : Plan de Développement Rural National

PHAE : Prime à l'Herbe Agro-Environnementale

PMSEE : Prime au Maintien des Systèmes d'Elevage Extensif

PNR VA : Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne

PSE : Paiements pour Services Environnementaux

PT : Prospect Theory

RDR : Règlement de Développement Rural

RUT Random Utility Theory

SAU : Surface Agricole Utile

SHP : Systèmes Herbagers et Pastoraux

UE : Union Européenne

VCA : Variance/Covariance Asymptotique

Annexe 2 : Méthode de construction des fonctions de coût

Pour construire les fonctions de coûts utilisées dans le modèle, nous nous sommes appuyés sur les descriptifs des mesures établis au niveau national et à destination des régions. Dans ces documents sont inclus le détail de l'estimation des coûts que subit l'agriculteur par mesure, par type de culture et par région (voir le tableau 5 ci-dessous pour un exemple de ces calculs). Ces estimations sont basées sur des données rapportées par des organismes institutionnels (FNCUMA, ENITAB, etc.), des organismes de recherche (INRA, etc.) ainsi que des experts. De l'estimation de ces coûts découle le montant annuel par hectare du paiement que percevra l'agriculteur, le règlement imposant que le paiement doit uniquement servir à « couvrir les coûts supplémentaires et les pertes de revenus résultant des engagements contractés » (Règlement n°1305/2013).

Eléments techniques	**Méthode de calcul des pertes et surcoûts**	**Formule de calcul**	**Montant annuel par hectare**
Respect des espèces autorisées sur l'inter-rang et le cas échéant les rangs	Surcoûts : semences, travail et matériel pour l'enherbement sur toute la parcelle	(9,5 heures/ha x 18,86 €/heure de main d'œuvre + 175 €/ha de matériel + 197 €/ha de semences) / 5 ans	110,23 €
Respect de la surface minimale à enherber : surface en inter rangs et le cas échéant, des rangs			
Maintien et entretien du couvert herbacé : Entretien du couvert : - au minimum 1 broyage ou 1 fauche par an - ou pâturage annuel s'il est autorisé	Surcoûts : travail et matériel d'entretien du couvert herbacé, 4 années sur 5	(5 heures/ha x 18,86 €/heure de main d'œuvre + 105 €/ha de matériel)x4/5	159,44 €
Interdiction de traitement herbicide sur les parties enherbées : inter-rangs et le cas échéant rangs enherbés (traitement des parties non enherbées autorisé)	Gain : économie d'achat et d'épandage de l'herbicide	- charge moyenne en herbicides par hectare de vergers : 36,00 €/ha - 1 désherbage chimique x 1 heure/ha x (18,86 €/heure de main d'œuvre + 32,20 € /heure de matériel)	- 87,06 €
		Total	**182,61€**

Tableau : Exemple du calcul des coûts pour la mesure "couver_04 - Enherbement sous cultures ligneuses pérennes (Arboriculture)"

Le tableau détaillant l'estimation des coûts nous permet de connaître les coûts que subit l'agriculteur pour chaque année et, par conséquent, d'établir les fonctions de coûts.

Ainsi, pour le cas de la mesure « Couver_03 », les coûts sont estimés à :

1. La 1ère année : (9,5h/ha x 18,86€/h) + 175€/ha + 197€/ha – 87,06€/ha soit : 464,11€/ha pour l'achat des semences, du matériel et le coût de la mise en place du couvert moins le gain annuel lié à l'économie d'achat et d'épandage de l'herbicide.

2. De la 2ème à la 4ème année : (5h/ha x 18,86€/h) + 105€/ha – 87,06€/ha soit : 112,24€/ha pour l'achat du matériel et le temps de l'entretien du couvert moins le gain annuel lié à l'économie d'achat et d'épandage de l'herbicide.

Ainsi, nous obtenons la fonction de coûts suivante :

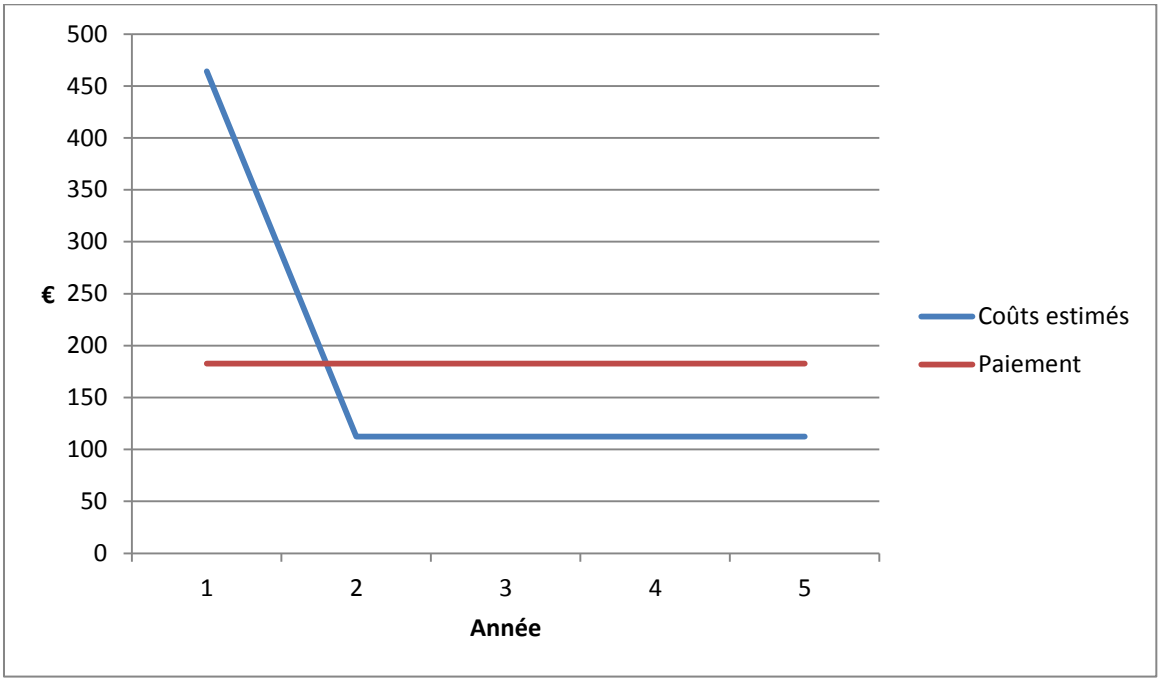


Figure : Coûts estimés et paiement de la mesure "Couver_03"

Annexe 3 : Résolution du modèle sans risque

Soit :

$$Min \sum_{t=0}^{4} P^t(x_i)$$

Sous contrainte que :

$$\sum_{t=0}^{4} \frac{1}{(1+\delta_i)^t} \left(P^t(x_i) - C^t(x_i)\right) \geq 0$$

Nous pouvons réécrire le problème sous forme Lagrangienne :

$$L(p,\lambda) = -\sum_{t=0}^{4} P^t(x_i) + \lambda\left(\sum_{t=0}^{4} \frac{1}{(1+\delta_i)^t} \left(P^t(x_i) - C^t(x_i)\right)\right)$$

- Exemple 1 : $P^t(x_i) = P_c^t(x_i)$ et $C^t(x_i) = C_2^t(x_i)$

$$L(p,\lambda) = -\sum_{t=0}^{4} P^t(x_i) + \lambda\left(\sum_{t=0}^{4} \frac{1}{(1+\delta_i)^t} \left(P^t(x_i) - C^t(x_i)\right)\right)$$

Devient :

$$L(p_c,\lambda) = -5p_c x_i + \lambda\left((p_c-20)x_i + \frac{(p_c-15)x_i}{1+\delta_i} + \frac{(p_c-10)x_i}{(1+\delta_i)^2} + \frac{(p_c-5)x_i}{(1+\delta_i)^3} + \frac{p_c x_i}{(1+\delta_i)^4}\right)$$

Les Conditions de Kuhn-Tucker sont :

$$\begin{cases} -5x_i + \lambda\left(x_i\left(1 + \frac{1}{1+\delta_i} + \frac{1}{(1+\delta_i)^2} + \frac{1}{(1+\delta_i)^3} + \frac{1}{(1+\delta_i)^4}\right)\right) = 0 \\ (p_c-20)x_i + \frac{(p_c-15)x_i}{1+\delta_i} + \frac{(p_c-10)x_i}{(1+\delta_i)^2} + \frac{(p_c-5)x_i}{(1+\delta_i)^3} + \frac{p_c x_i}{(1+\delta_i)^4} = 0 \end{cases}$$

Soit :

$$x_i = 0$$

Ou :

$$(p_c - 20) + \frac{(p_c - 15)}{1 + \delta_i} + \frac{(p_c - 10)}{(1 + \delta_i)^2} + \frac{(p_c - 5)}{(1 + \delta_i)^3} + \frac{p_c}{(1 + \delta_i)^4} = 0$$

La résolution sur SageMath nous permet ensuite de déterminer la valeur optimale de p_c en fonction de δ_i :

```
[pc == 5*(4*sigma^4 + 19*sigma^3 + 35*sigma^2 + 30*sigma + 10)/(sigma^4 + 5*sigm
a^3 + 10*sigma^2 + 10*sigma + 5)]
```

Figure : Valeur optimal de $\boldsymbol{p_c}$ en fonction de $\boldsymbol{\delta_i}$ pour la mesure $\boldsymbol{C_2}$.

En ayant la valeur de p_c, nous pouvons déterminer la valeur du paiement total optimal (c'est-à-dire sur les 5 années de la contractualisation) en fonction de δ_i :

$$P_c(x_i) = \sum_{t=0}^{4} p_c x_i = 5 p_c x_i$$

Ce qui graphiquement, pour des valeurs de $\boldsymbol{\delta_i}$ comprises entre 0 et 1, donne :

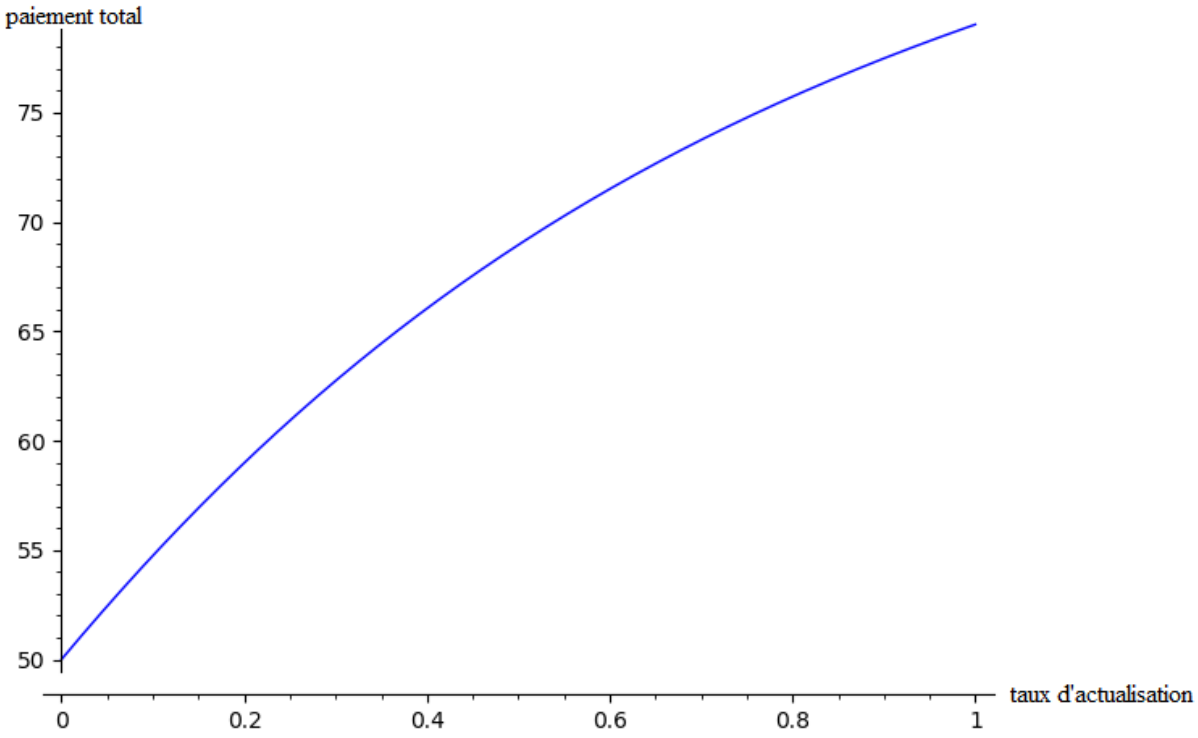


Figure : Valeur optimale du paiement total fixe en fonction de $\boldsymbol{\delta_i}$ pour la mesure $\boldsymbol{C_2}$.

- Exemple 2 : $P^t(x_i) = P_d^t(x_i)$ et $C^t(x_i) = C_3^t(x_i)$

Tout d'abord, nous convertissons p_d en fonction de b. En effet, cela est possible car nous savons que $p_d \geq 4b$. $b = \frac{p_d}{4}$ est la valeur maximale du paramètre de dégressivité du paiement permettant de respecter cette contrainte. Or, plus le niveau de dégressivité est important, plus le paiement accordé la 1ère année est élevé, toute choses égales par ailleurs. Donc, plus le niveau de dégressivité est élevé, plus le niveau d'utilité totale du paiement est élevé, toutes choses égales par ailleurs. Ainsi, le paiement dégressif minimum permettant d'assurer la souscription des agriculteurs a un niveau de dégressivité le plus élevé possible, soit $b = \frac{p_d}{4}$, ou encore $p_d = 4b$.

$$L(p, \lambda) = -\sum_{t=0}^{4} P^t(x_i) + \lambda\left(\sum_{t=0}^{4} \frac{1}{(1 + \delta_i)^t}\left(P^t(x_i) - C^t(x_i)\right)\right)$$

Devient alors :

$$L(b,\lambda) = -10bx_i + \lambda\left((4b - 16{,}67) + \frac{(3b - 8{,}33)}{1 + \delta_i} + \frac{(2b - 8{,}33)}{(1 + \delta_i)^2} + \frac{(b - 8{,}33)}{(1 + \delta_i)^3} - \frac{8{,}33}{(1 + \delta_i)^4}\right)$$

Les Conditions de Kuhn-Tucker sont :

$$\begin{cases} -10x_i + \lambda\left(x_i\left(1 + \frac{4}{1 + \delta_i} + \frac{3}{(1 + \delta_i)^2} + \frac{2}{(1 + \delta_i)^3} + \frac{1}{(1 + \delta_i)^4}\right)\right) = 0 \\ (4b - 16{,}67) + \frac{(3b - 8{,}33)}{1 + \delta_i} + \frac{(2b - 8{,}33)}{(1 + \delta_i)^2} + \frac{(b - 8{,}33)}{(1 + \delta_i)^3} - \frac{8{,}33}{(1 + \delta_i)^4} = 0 \end{cases}$$

Soit : :

$$x_i = 0$$

Ou :

$$(4b - 16{,}67) + \frac{(3b - 8{,}33)}{1 + \delta_i} + \frac{(2b - 8{,}33)}{(1 + \delta_i)^2} + \frac{(b - 8{,}33)}{(1 + \delta_i)^3} - \frac{8{,}33}{(1 + \delta_i)^4} = 0$$

La résolution sur SageMath nous permet ensuite de déterminer la valeur optimale de b en fonction de δ_i :

```
[b == 1/100*(1667*sigma^4 + 7501*sigma^3 + 13334*sigma^2 + 11666*sigma + 4999)/(4*sigma^4 + 19*sigma^3 + 35*sigma^2 + 30*sigma + 10)]
```

Figure : Valeur optimal de $\boldsymbol{b}$ en fonction de $\boldsymbol{\delta_i}$ pour la mesure $\boldsymbol{C_3}$.

En ayant la valeur de b, nous pouvons déterminer la valeur du paiement total optimal (c'est-à-dire sur les 5 années de la contractualisation) fonction de δ_i :

$$P_d(x_i) = \sum_{t=0}^{4}(4b - bt)x_i = 10bx_i$$

Ce qui graphiquement, pour des valeurs de $\boldsymbol{\delta_i}$ comprises entre 0 et 1, donne :

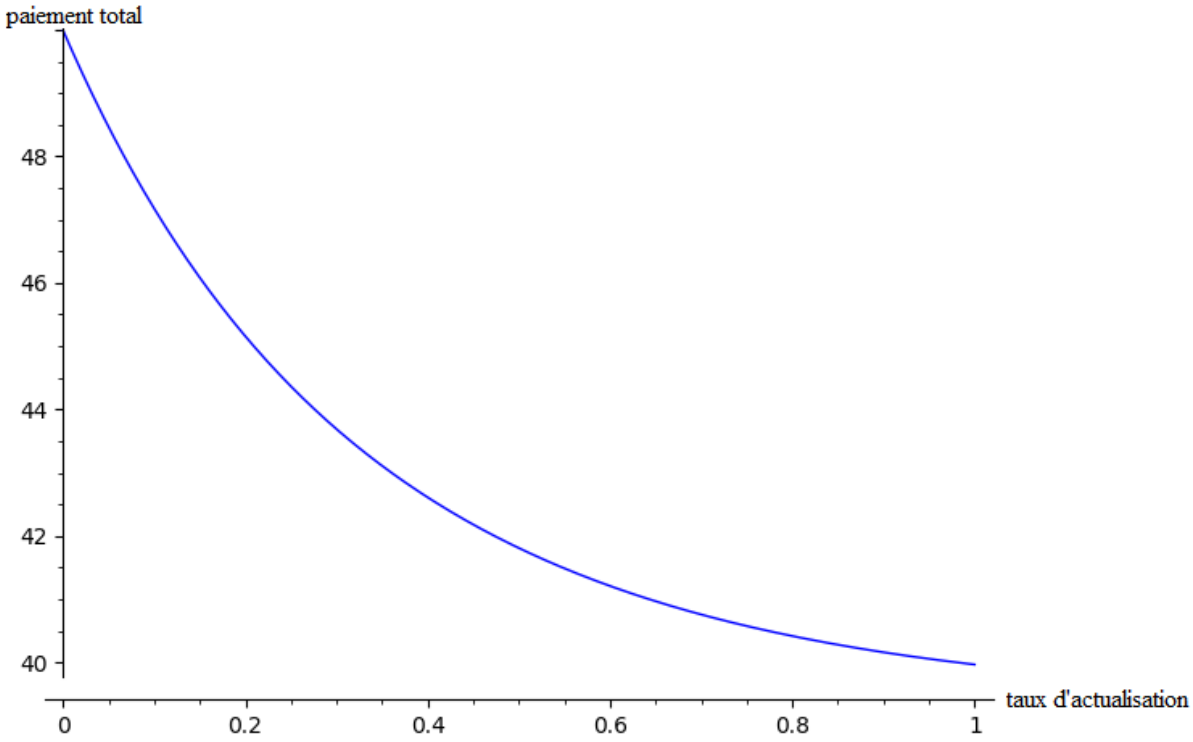


Figure : Valeur optimale du paiement total dégressif en fonction de $\boldsymbol{\delta_i}$ pour la mesure $\boldsymbol{C_3}$.

Annexe 4 : Instructions

A partir de maintenant, il vous est demandé de ne plus parler et d'éteindre vos portables. Si vous avez une question, levez la main et un expérimentaliste viendra vous répondre en privé.

L'expérience à laquelle vous allez participer est destinée à l'étude des décisions, des décisions que vous serez amené à prendre tout au long du jeu et qui vous apporterons des gains. Ces gains dépendent uniquement de vos décisions et vous seront communiqués à la fin de l'expérience. Toutes vos réponses seront traitées de façon anonyme.

Dans cette expérience, vos gains seront exprimés en ECU. Votre rémunération pour l'expérience sera égale au gain obtenu dans l'un des tours, qui sera tiré au sort à la fin de l'expérience. Selon le tour qui est tiré au sort, vous pourrez être payé immédiatement après l'expérience, ou à une date ultérieure.

L'expérience comporte 3 parties, suivies d'un questionnaire dont les réponses ne seront pas prises en compte pour le calcul des gains. Chaque partie comporte plusieurs tours.

Partie A

Cette partie est composée de 8 tours indépendants.

Au début de chaque tour, vous disposez d'une réserve de 870 ECU et de 5 jetons. Les décisions prises dans les 8 tours sont indépendantes.

Dans chaque tour, on vous propose de placer des jetons dans un projet. Autrement dit, vous devrez décider combien de jetons, entre 0 et 5, vous placez dans ce projet. Tous les jetons qui ne sont pas placés dans le projet ne pourront pas être récupérés pour le tour suivant.

Coûts supportés pour le projet

Placer un jeton dans le projet vous coûtera de l'argent. Ainsi, plus vous placez de jetons dans le projet, plus le projet vous sera coûteux. Par ailleurs, vous supportez ce coût total à trois dates différentes :

- aujourd'hui, à la fin de l'expérience
- dans 30 jours, c'est-à-dire le 10 janvier 2018 (10/01/2018)
- dans 60 jours, c'est-à-dire le 8 février 2018 (08/02/2018)

Prime reçue pour le projet

Pour votre engagement dans le projet, vous recevrez une prime par jeton placé. Ainsi, plus vous placez de jetons dans le projet, plus la prime sera élevée.

Comme pour les coûts, vous recevrez la prime à 3 dates différentes identiques à celles utilisées pour les coûts. Ainsi, lors des 3 dates indiquées précédemment, vous ne recevrez ou ne paierez que la différence entre les coûts supportés et la prime reçue pour le projet.

Paiement fixe

Quelle que soit votre décision et à chacune des trois dates citées précédemment vous recevrez, en supplément, un paiement fixe égal à 85 ECU.

<u>Exemple :</u>

Si on vous propose le projet suivant :

Date	11/12/2017	10/01/2018	08/02/2018
Coûts/jeton (en ECU)	100	100	100
Prime/jeton (en ECU)	120	120	120

Alors, pour chaque jeton placé dans le projet, votre gain net (c'est-à-dire la différence entre la prime et les coûts) par jeton sera de :

- *120 – 100 = 20 ECU le 11 décembre 2017*
- *120 – 100 = 20 ECU le 10 janvier 2018*
- *120 – 100 = 20 ECU le 8 février 2018*

Ainsi, si votre décision est de placer : 3 jetons.

Alors votre gain total sera de :

- *le 11 décembre 2017 :*
  - $\begin{cases} la\ réserve : 870\ ECU \\ + le\ paiement\ fixe\ de\ 85\ ECU \\ +3 * (120 - 100) = 60\ ECU \end{cases}$ $soit\ un\ total\ de\ 1015\ ECU$

- *Le 10 janvier 2018 :*
  - $\begin{cases} le\ paiement\ fixe\ de\ 85\ ECU \\ +3 * (120 - 100) = 60\ ECU \end{cases}$ $soit\ un\ total\ de\ 145\ ECU$

- *Le 8 février 2018 :*
  - $\begin{cases} le\ paiement\ fixe\ de\ 85\ ECU \\ +3 * (120 - 100) = 60\ ECU \end{cases}$ $soit\ un\ total\ de\ 145\ ECU$

Questionnaire de compréhension

1) Le nombre de jetons dont vous disposez dépend de votre décision lors du tour précédent.

   ☐ Vrai ☐ Faux

2) Vous avez plusieurs décisions à prendre dans un même tour.

   ☐ Vrai ☐ Faux

3) Si vous ne placez aucun jeton dans le projet, vous ne recevrez aucun paiement dans 30 jours ni dans 60 jours.

   ☐ Vrai ☐ Faux

4) Imaginez que les coûts du projet sont les suivants :

Date	11/12/2017	10/01/2018	08/02/2018
Coûts/jeton (en ECU)	50	50	0
Prime/jeton (en ECU)	50	60	70

Pour chaque jeton placé, votre gain net (c'est-à-dire la différence entre la prime et les coûts) est de :

☐ 0 ECU le 11/12/2017

☐ 50 ECU le 10/01/2018

☐ 0 ECU le 08/02/2018

5) Imaginez que les coûts et la prime du projet sont ceux de la question 4, que vous disposez de 500 ECU, que vous recevrez, en supplément, un paiement fixe de 50 ECU aux trois dates indiquées, et que vous décidez de placer 3 jetons dans le projet. Votre paiement total sera de :

☐ 700 ECU le 11/12/2017

☐ 80 ECU le 10/01/2018

☐ 50 ECU le 08/02/2018

Partie B

Cette partie est composée de 20 tours.

À chaque tour, vous devez choisir entre 2 options : une option A qui propose un paiement demain, et une option B qui propose un paiement dans 30 jours, soit le 10 janvier 2018. Si vous choisissez l'option A, il vous suffira d'inscrire la lettre « A » dans la colonne « Votre décision ».

Exemple :

Option A : paiement demain (le 12/12/2017)	**Option B : paiement dans 30 jours (le 10/01/2018)**	**Votre décision**
400	440	

Si vous choisissez l'option A et que ce tour est tiré au sort, le total de vos gains sera de :

- *400 ECU le 12/12/2017*
- *0 ECU le 10/01/2018*

Si vous choisissez l'option B et que ce tour est tiré au sort, le total de vos gains sera de :

- *0 ECU le 12/12/2017*
- *440 ECU le 10/01/2018*

Partie C

Cette partie est composée de 20 tours.

À chaque tour, vous devez choisir entre 2 options : une option A et une option B. A chaque option est associée deux montants de gains, eux-mêmes associés à une probabilité. Quelle que soit l'option que vous choisissez, un tirage au sort sera effectué pour déterminer quel votre sera votre gain pour cette partie. Vous recevrez le paiement directement après l'expérience.

Exemple :

Tour	**Option A**		**Option B**		**Votre décision**
	Probabilités	**Gains**	**Probabilités**	**Gains**	
1	5% 95%	800 640	5% 95%	1540 40	

Si vous choisissez l'option A et que ce tour est tiré au sort, alors vous aurez :

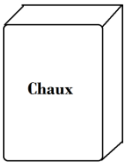
- *5% de chances d'avoir un gain total de 800 ECU*
- *95% de chances d'avoir un gain total de 640 ECU*

Si vous choisissez l'option B et que ce tour est tiré au sort, alors vous aurez :

- *5% de chances d'avoir un gain total de 1540 ECU*
- *95% de chances d'avoir un gain total de 40 ECU*

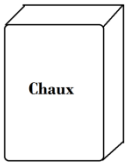
Annexe 5 : Cartes de l'enquête test

Carte 1

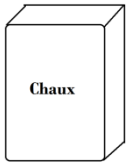
<table>
<tr><th></th><th colspan="2">Option A</th><th colspan="2">Option B</th><th>Option C</th></tr>
<tr><td>Paiement annuel moyen</td><td colspan="2">75€/ha/an</td><td colspan="2">125€/ha/an</td><td rowspan="7">Je ne m'engage dans aucun contrat</td></tr>
<tr><td>Amendements calcaires</td><td colspan="2">Autorisation
 
</td><td colspan="2">Interdiction

</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Type de paiement</td><td>Année 1</td><td>200%</td><td>Année 1</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 2</td><td>100%</td><td>Année 2</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 3</td><td>100%</td><td>Année 3</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 4</td><td>100%</td><td>Année 4</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 5</td><td>0%</td><td>Année 5</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Votre décision</td><td colspan="2">☐</td><td colspan="2">☐</td><td>☐</td></tr>
</table>

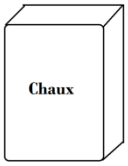
Carte 2

<table>
<tr><th></th><th colspan="2">Option A</th><th colspan="2">Option B</th><th>Option C</th></tr>
<tr><td>Paiement annuel moyen</td><td colspan="2">75€/ha/an</td><td colspan="2">25€/ha/an</td><td rowspan="6">Je ne m’engage dans aucun contrat</td></tr>
<tr><td>Amendements calcaires</td><td colspan="2">Interdiction
 </td><td colspan="2">Autorisation
  </td></tr>
<tr><td rowspan="5">Type de paiement</td><td>Année 1</td><td>200%</td><td>Année 1</td><td>200%</td></tr>
<tr><td>Année 2</td><td>100%</td><td>Année 2</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 3</td><td>100%</td><td>Année 3</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 4</td><td>100%</td><td>Année 4</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 5</td><td>0%</td><td>Année 5</td><td>0%</td></tr>
<tr><td>Votre décision</td><td colspan="2">☐</td><td colspan="2">☐</td><td>☐</td></tr>
</table>

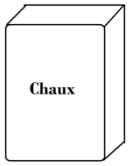
Carte 3

<table>
<tr><th></th><th colspan="2">Option A</th><th colspan="2">Option B</th><th>Option C</th></tr>
<tr><td>Paiement annuel moyen</td><td colspan="2">75€/ha/an</td><td colspan="2">175€/ha/an</td><td rowspan="6">Je ne m’engage dans aucun contrat</td></tr>
<tr><td>Amendements calcaires</td><td colspan="2">Autorisation
  </td><td colspan="2">Interdiction
 </td></tr>
<tr><td rowspan="5">Type de paiement</td><td>Année 1</td><td>300%</td><td>Année 1</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 2</td><td>100%</td><td>Année 2</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 3</td><td>100%</td><td>Année 3</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 4</td><td>0%</td><td>Année 4</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 5</td><td>0%</td><td>Année 5</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Votre décision</td><td colspan="2">☐</td><td colspan="2">☐</td><td>☐</td></tr>
</table>

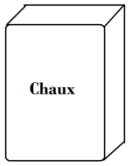
Carte 4

<table>
<tr><th></th><th colspan="2">Option A</th><th colspan="2">Option B</th><th>Option C</th></tr>
<tr><td>Paiement annuel moyen</td><td colspan="2">125€/ha/an</td><td colspan="2">25€/ha/an</td><td rowspan="6">Je ne m’engage dans aucun contrat</td></tr>
<tr><td>Amendements calcaires</td><td colspan="2">Interdiction
 </td><td colspan="2">Autorisation
  </td></tr>
<tr><td rowspan="5">Type de paiement</td><td>Année 1</td><td>100%</td><td>Année 1</td><td>300%</td></tr>
<tr><td>Année 2</td><td>100%</td><td>Année 2</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 3</td><td>100%</td><td>Année 3</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 4</td><td>100%</td><td>Année 4</td><td>0%</td></tr>
<tr><td>Année 5</td><td>100%</td><td>Année 5</td><td>0%</td></tr>
<tr><td>Votre décision</td><td colspan="2">☐</td><td colspan="2">☐</td><td>☐</td></tr>
</table>

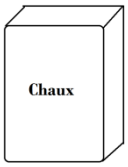
Carte 5

<table>
<tr><th></th><th colspan="2">Option A</th><th colspan="2">Option B</th><th>Option C</th></tr>
<tr><td>Paiement annuel moyen</td><td colspan="2">125€/ha/an</td><td colspan="2">175€/ha/an</td><td rowspan="6">Je ne m’engage dans aucun contrat</td></tr>
<tr><td>Amendements calcaires</td><td colspan="2">Autorisation
  </td><td colspan="2">Interdiction
 </td></tr>
<tr><td rowspan="5">Type de paiement</td><td>Année 1</td><td>200%</td><td>Année 1</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 2</td><td>100%</td><td>Année 2</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 3</td><td>100%</td><td>Année 3</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 4</td><td>100%</td><td>Année 4</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 5</td><td>0%</td><td>Année 5</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Votre décision</td><td colspan="2">☐</td><td colspan="2">☐</td><td>☐</td></tr>
</table>

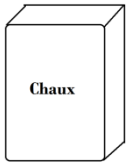
Carte 6

<table>
<tr><th></th><th colspan="2">Option A</th><th colspan="2">Option B</th><th>Option C</th></tr>
<tr><td>Paiement annuel moyen</td><td colspan="2">25€/ha/an</td><td colspan="2">175€/ha/an</td><td rowspan="6">Je ne m’engage dans aucun contrat</td></tr>
<tr><td>Amendements calcaires</td><td colspan="2">Autorisation
  </td><td colspan="2">Interdiction
 </td></tr>
<tr><td rowspan="5">Type de paiement</td><td>Année 1</td><td>200%</td><td>Année 1</td><td>200%</td></tr>
<tr><td>Année 2</td><td>100%</td><td>Année 2</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 3</td><td>100%</td><td>Année 3</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 4</td><td>100%</td><td>Année 4</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 5</td><td>0%</td><td>Année 5</td><td>0%</td></tr>
<tr><td>Votre décision</td><td colspan="2">☐</td><td colspan="2">☐</td><td>☐</td></tr>
</table>

Carte 7

<table>
<tr><th></th><th colspan="2">Option A</th><th colspan="2">Option B</th><th>Option C</th></tr>
<tr><td>Paiement annuel moyen</td><td colspan="2">175€/ha/an</td><td colspan="2">25€/ha/an</td><td rowspan="6">Je ne m’engage dans aucun contrat</td></tr>
<tr><td>Amendements calcaires</td><td colspan="2">Interdiction
 </td><td colspan="2">Autorisation
  </td></tr>
<tr><td rowspan="5">Type de paiement</td><td>Année 1</td><td>300%</td><td>Année 1</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 2</td><td>100%</td><td>Année 2</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 3</td><td>100%</td><td>Année 3</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 4</td><td>0%</td><td>Année 4</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 5</td><td>0%</td><td>Année 5</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Votre décision</td><td colspan="2">☐</td><td colspan="2">☐</td><td>☐</td></tr>
</table>

Carte 8

<table>
<tr><th></th><th colspan="2">Option A</th><th colspan="2">Option B</th><th>Option C</th></tr>
<tr><td>Paiement annuel moyen</td><td colspan="2">75€/ha/an</td><td colspan="2">125€/ha/an</td><td rowspan="6">Je ne m’engage dans aucun contrat</td></tr>
<tr><td>Amendements calcaires</td><td colspan="2">Autorisation
  </td><td colspan="2">Interdiction
 </td></tr>
<tr><td rowspan="5">Type de paiement</td><td>Année 1</td><td>300%</td><td>Année 1</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 2</td><td>100%</td><td>Année 2</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 3</td><td>100%</td><td>Année 3</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 4</td><td>0%</td><td>Année 4</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Année 5</td><td>0%</td><td>Année 5</td><td>100%</td></tr>
<tr><td>Votre décision</td><td colspan="2">☐</td><td colspan="2">☐</td><td>☐</td></tr>
</table>

Annexe 6 : Propriétés du design

Comme nous l'avons vu précédemment, le design doit respecter un certain nombre de conditions. Dans cette partie, nous vérifions que ces conditions sont respectées.

Orthogonalité

La matrice de corrélation *Pearson Product Moment* (PPM) permet de vérifier si le design respecte le principe d'orthogonalité, c'est-à-dire si les niveaux des attributs varient indépendamment des autres.

Attributs	AC Opt. A	FP Opt. A	MPT Opt. A	AC Opt. B	FP Opt. B	MPT Opt. B
AC Opt.A	1					
FP Opt. A	0.160128	1				
MPT Opt. A	-0.223607	0.358057	1			
AC Opt. B	-1***	-0.160128	0.223607	1		
FP Opt. B	0.160128	-0.435897	-0.50128	-0.160128	1	
MPT Opt. B	-0.223607	-0.930949***	-0.2	0.223607	0.214834	1

Tableau : Matrice de corrélation PPM (*** : significativité à 0,01)

Le principe d'orthogonalité n'est donc pas pleinement respecté, mais nous n'observons que deux corrélations significatives entre paires de niveaux, ce qui reste satisfaisant.

Equilibre des niveaux

Chaque niveau d'un même attribut doit avoir le même nombre d'apparitions. Ainsi, si un attribut varie sur 2 niveaux, chaque niveau doit apparaître sur 50% des alternatives proposées. Le tableau ci-dessous indique le pourcentage d'apparition de chaque niveau.

Niveau	Pourcentage d'apparition
MPT - 125	25%
MPT - 375	25%
MPT - 625	25%
MPT - 875	25%
AC - Autorisation	50%
AC - Interdiction	50%
FP - Fixe	37,5%
FP – Dégressif 1	37,5%
FP – Dégressif 2	25%

Tableau : Pourcentages d'apparition des niveaux

Nous observons que l'équilibre des niveaux est respecté, mis à part pour l'attribut FP, pour lequel le paiement dégressif 2 est sous-représenté. Afin d'atteindre un parfait équilibre de niveaux, il aurait fallu présenter 24 cartes aux agriculteurs. Nous avons alors fait le choix de ne pas respecter totalement ce critère afin d'avoir une enquête qui ne soit pas excessivement longue.

Minimum overlap

La condition du *minimum overlap* exige qu'un même niveau d'attribut ne doit pas apparaître dans 2 alternatives différentes. Nous pouvons observer, sur le tableau ci-après, que cette situation ne se produit qu'à une reprise : sur la carte de choix n°6, le MPT des deux alternatives est égal à 125€. Ici encore, bien que la condition ne soit pas parfaitement respectée, la fréquence de transgression est relativement faible.

Carte	Alternative A			Alternative B		
	MPT	**AC**	**FP**	**MPT**	**AC**	**FP**
1	625	Autorisation	Fixe	125	Interdiction	Dégressif 2
2	875	Autorisation	Dégressif 2	375	Interdiction	Fixe
3	125	Interdiction	Dégressif 1	875	Autorisation	Fixe
4	375	Autorisation	Fixe	875	Interdiction	Dégressif 1
5	625	Interdiction	Dégressif 1	375	Autorisation	Fixe
6	125	Autorisation	Dégressif 1	125	Interdiction	Dégressif 2
7	375	Interdiction	Fixe	625	Autorisation	Dégressif 1
8	875	Interdiction	Dégressif 2	625	Autorisation	Dégressif 1

Tableau : Cartes de choix de l'enquête.

Annexe 7 : Taille souhaitée des strates de l'échantillon

Strates		Population totale	Echantillon souhaité
PAEC	**Souscription MAEC**		
Cézallier	Oui	24	5
Cézallier	Non	48	10
CDP	Oui	3	1
CDP	Non	24	5
Monts Dore	Oui	26	6
Monts Dore	Non	56	12
Monts du Cantal	Oui	60	13
Monts du Cantal	Non	42	9
SDSA	Oui	53	11
SDSA	Non	71	15
TZH Nord Cantal	Oui	22	5
TZH Nord Cantal	Non	154	33
Total		583	125

Tableau : Stratification de la population totale et taille souhaitée de chaque strate de l'échantillon

Annexe 8 : Tailles réelles des strates de l'échantillon

Strates		**Echantillon final**	**Pourcentages échantillon final**	**Echantillon souhaité**	**Pourcentages échantillon souhaité**
PAEC	Souscription MAEC				
Cézallier	Oui	4	3,9%	5	4%
Cézallier	Non	7	6,9%	10	8%
CDP	Oui	4	3,9%	1	0,9%
CDP	Non	6	5,9%	5	4%
Monts Dore	Oui	7	6,9%	6	4 ,8%
Monts Dore	Non	8	7,8%	12	9,7%
Monts du Cantal	Oui	11	10,8%	13	10,5%
Monts du Cantal	Non	5	4,9%	9	7,3%
SDSA	Oui	8	7,8%	11	8,9%
SDSA	Non	7	6,9%	15	12,1%
TZH Nord Cantal	Oui	7	6,9%	5	4%
TZH Nord Cantal	Non	28	27,4%	33	26,6%
Total		102	100%	124	100%

Tableau : Répartition par strates de l'échantillon final de l'enquête

Annexe 9 : Guide d'entretien

GuNom et Prénom de l'interrogé :

Je m'appelle Olivier Carvin, je suis étudiant à l'université de Clermont. Dans le cadre de mes études j'effectue un travail de recherche en collaboration avec le PNRVA. Dans ce travail, je m'intéresse à la perception des MAEC par les agriculteurs afin de proposer des pistes d'amélioration relatives à la contractualisation MAEC.

Seriez-vous disponible pour répondre à quelques questions ? Les réponses seront traitées de manière anonyme. L'entretien devrait durer environ entre 20 et 30 minutes.

I – Présentation de la personne

1) **Quel est l'âge du chef d'exploitation ?**

2) **Quel est le sexe du chef d'exploitation ?** ☐ Homme ☐ Femme

3) **Quel est le statut juridique de votre exploitation ?** ☐ Individuelle ☐ GAEC ☐ SCEA ☐ EARL ☐ Autre

3b) Si GAEC : **Combien avez-vous d'associés ?**

4) **Quelle est votre surface d'exploitation ?**

5) **Quelle surface avez-vous en prairies permanentes ?**

6) **Quelle activité d'élevage avez-vous ?** Bovin ☐ Caprin ☐ Ovin ☐ Autre : ……

7) **Quelle est la taille de votre cheptel en allaitant et en laitier ?**

Allaitant :

Laitier :

8) Dans votre foyer, disposez-vous d'une source de revenus autre que l'exploitation ?

☐ Oui ☐ Non

8b) *Si oui* **Quel pourcentage du revenu du ménage représente cette source de revenus complémentaire ?**

9) Faites-vous partie d'un dispositif collectif, de valorisation, ou de qualité de type AOP, coopérative, ou autre ?

☐ Non ☐ AOP St-Nectaire ☐ AOP Salers ☐ AOP Fourme d'Ambert

☐ AOP Bleu d'Auvergne ☐ AOP Cantal ☐ Eleveurs Autrement ☐ Marque Parc

☐ Label Rouge ☐ Bio ☐ Autre :

II – Les MAE

10) Avez-vous contractualisé une ou plusieurs MAEC ? ☐ Oui ☐ Non

11) *Si non contractualisation* **Pour quelles raisons principales n'avez-vous pas contractualisé une MAEC ?** (*Relance éventuelle :* **Si vous aviez-été en zone Natura2000, auriez-vous contractualisé ?**)

☐ CC incohérent avec les enjeux ☐ Contraintes administratives

☐Manque d'information ☐ CC trop contraignant

☐ Paiement pas assez élevé ☐ Proche de la retraite ☐ Peur du contrôle

☐ Autre :

12) Si oui, combien d'ha par type de MAEC ?

12b) **Si oui, les MAEC représentent quel pourcentage environ dans les revenus annuels de votre exploitation ?**

12c) **Si oui, quelle est votre motivation principale ?**

☐ Intérêt économique ☐ Protection de l'environnement ☐ Valorisation des pratiques

☐ Autre :

13) Lors du dispositif précédent, aviez-vous contractualisé une ou plusieurs MAET ?

☐ Oui ☐ Non

14) Aviez-vous reçue la PHAE ?

☐ Oui ☐ Non

15) (*Si contractualisation*) **La contractualisation de MAEC a-t-elle modifié vos pratiques :**

a. Sur les dates de fauche ☐ Oui ☐ Non ☐ Ne sait pas

b. Sur l'utilisation de produits phytosanitaires ☐ Oui ☐ Non ☐ Ne sait pas

c. Sur les dates de pâture ☐ Oui ☐ Non ☐ Ne sait pas

d. Sur l'utilisation d'amendements calcaires ☐ Oui ☐ Non ☐ Ne sait pas

e. Autre :

16) (*Si contractualisation*) **Arrêteriez-vous de suivre certaines de ces pratiques si vous n'étiez plus sous contrat MAEC ?**

a. Sur les dates de fauche ☐ Oui ☐ Non ☐ Ne sait pas

b. Sur l'utilisation de produits phytosanitaires ☐ Oui ☐ Non ☐ Ne sait pas

c. Sur les dates de pâture ☐ Oui ☐ Non ☐ Ne sait pas

d. Sur l'utilisation d'amendements calcaires ☐ Oui ☐ Non ☐ Ne sait pas

e. Autre : ☐ Oui ☐ Non ☐ Ne sait pas

Aux deux questions suivantes, il faut répondre par : Pas du tout (1) ; non (2) ; un peu (3) ; oui (4) ; beaucoup (5)

17) Si je vous dis « Mes pratiques agricoles influencent la diversité de la faune et de la flore de mes prairies ». Diriez-vous :

(1) ☐ (2) ☐ (3) ☐ (4) ☐ (5) ☐

18) Si je vous dis : « Il y a un lien entre la diversité de la flore de mes prairies, et la qualité et la quantité de mes productions (la viande, le lait, le fromage) ». Diriez-vous :

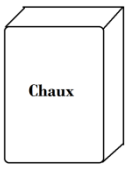
(1) ☐ (2) ☐ (3) ☐ (4) ☐ (5) ☐

III. Préférences des contrats

Pour cette partie, nous supposons que nous sommes en 2021. Le programme MAEC se termine et le nouveau programme agro-environnemental est lancé. Les MAE, dont la MAE Herbe_09 « Amélioration de la gestion pastorale » existent toujours, mais cette dernière est susceptible de varier sur une ou plusieurs caractéristiques par rapport à la MAEC actuelle. Plus précisément :

- **Amendements calcaires :**

Contrat actuel : Autorisation : Les amendements calcaires sont autorisés mais il est recommandé aux agriculteurs de ne pas en faire usage.



Autre possibilité : Interdiction : les amendements calcaires sont interdits.

- **Type de paiement :**

Un **paiement constant** correspond au **paiement actuel**, c'est-à-dire que vous recevrez un montant identique chaque année.

- Autres possibilités :
  - Un **paiement dégressif 1** correspond à un paiement qui serait doublé la 1ère année et nul la 5ème année.
  - Un **paiement dégressif 2** correspond à un paiement qui serait triplé la 1ère année et nul les 4ème et 5ème années.

Exemple :

Si le montant total est de 500€/ha alors, pour chaque type de paiement, vous recevrez :

Années	Paiement Actuel	Paiement Dégressif 1	Paiement Dégressif 2
1ère année	100€/ha	200€/ha	300€/ha
2ème année	100€/ha	100€/ha	100€/ha
3ème année	100€/ha	100€/ha	100€/ha
4ème année	100€/ha	100€/ha	0€/ha
5ème année	100€/ha	0€/ha	0€/ha
Total	500€/ha	500€/ha	500€/ha

- **Montant du paiement :**

Les montants proposés peuvent varier de 25€/ha/an à 125€/ha/an pour les 5 années de la contractualisation.

Supposons que nous vous proposons de souscrire à cette MAE pour une parcelle qui est actuellement amendée ou amendable.

À chaque carte, nous vous proposons 2 contrats qui diffèrent sur ces caractéristiques. Merci de choisir le contrat que vous préférez (option A ou option B). Si aucune des deux options proposées ne vous convient, alors choisissez l'option : « Je ne m'engage dans aucun contrat ».

Bien entendu, les choix faits dans ce questionnaire ne vous obligent aucunement à vous engager réellement dans les mesures proposées, mais vos réponses permettront de connaître les mesures les mieux adaptées à vos contraintes.

L'IMPACT DU MECANISME DE PAIEMENT DES CONTRATS AGRO-ENVIRONNEMENTAUX SUR LA PARTICIPATION DES AGRICULTEURS

Résumé : Afin de prendre en compte la problématique de l'environnement dans la Politique Agricole Commune, les Etats membres de l'Union Européenne ont l'obligation de mettre en place des mesures agro-environnementales (MAE) depuis 1992 . Les MAE souffrent à la fois d'une surcompensation des agriculteurs dans les mesures les moins exigeantes et d'une faible souscription des mesures les plus exigeantes. Dans l'objectif d'améliorer la participation des agriculteurs dans les mesures les plus exigeantes, la présente thèse a pour objet d'étude le mécanisme de paiement. Particulièrement, nous soulevons la question de l'amélioration de la participation des agriculteurs par l'instauration d'un contrat agro-environnemental à paiement dégressif. Dans le chapitre 1, nous réalisons une revue de littérature sur les innovations réalisables sur le mécanisme de paiement en le déconstruisant selon quatre dimensions : l'objectif (paiement pour un maintien ou un changement de pratiques) ; le principe (logique de moyens ou logique de résultats) ; la flexibilité (paiements fixes ou paiements différenciés) ; et le destinataire (individuel ou collectif). Dans le chapitre 2, nous modélisons la décision de l'agriculteur de s'engager dans un contrat agro-environnemental en prenant en compte la forme du paiement, la forme des coûts, et les préférences des agriculteurs en termes d'actualisation et d'aversion au risque. Nous montrons qu'un paiement dégressif peut constituer une solution pour améliorer l'efficacité du dispositif agro-environnemental pour des mesures nécessitant des investissements particuliers. Dans le chapitre 3, nous testons le lien entre les préférences temporelles des individus et leur décision de s'engager dans un contrat au travers d'une approche d'économie expérimentale en laboratoire. Nous montrons que le taux d'actualisation constitue un facteur significatif dans la décision de s'engager dans un contrat. Enfin, dans le chapitre 4, nous réalisons un *choice experiment* auprès d'agriculteurs afin de tester leur intérêt pour un paiement dégressif. Nous montrons que leur intérêt pour un paiement dégressif est plus marqué si la mesure est plus exigeante en termes de changements de pratiques. Nous montrons aussi que la population d'agriculteurs est marquée par une hétérogénéité très forte en termes de préférences sur les caractéristiques du contrat.

Mots-clés : Mesures agro-environnementales, Préférences temporelles, Mécanisme de paiement, Aversion au risque, Economie expérimentale, Choice experiment, Paiement dégressif.

THE IMPACT OF AGRI-ENVIRONMENT CONTRACTS PAYMENT MECHANISM ON FARMERS' PARTICIPATION

Abstract: In order to take into account environment problematics into the Common Agricultural Policy, European Union members States have to set up agri-environmental measures (AEM) since 1992 (Council regulation 2078/92). AEM suffer from farmers' overcompensation for least demanding measures, and also from low farmers' subscription for most demanding measures. In order to increase the farmers' participation in most demanding measures, the aim of this thesis is to study the payment mechanism. Particularly, we raise an issue of the farmers' participation improvement by establishing an agri-environmental measure with a digressive payment. Chapter 1 realizes a literature review of realistic mechanism payment innovations, deconstructing it in four dimensions: the aim (maintaining or changing practices); principle (action-based or result-based measures); flexibility (fixed payments or differentiated payments); and the recipient (individual or collective payments). In chapter 2, we model the farmer's decision to contract an AEM, taking into account the payment form, costs form, time preferences and risk aversion. We found that a digressive payment can be a solution to improve agri-environmental policy efficiency for measures requiring some investments. In chapter 3, using an economic lab experiment, we test the relation between time preferences of subjects and their decision to subscribe a contract. We observe that discount rate has a significant influence on subjects' decision to subscribe. Finally, in chapter 4, we realize a choice experiment on farmers to study their interest for a digressive payment. It shows that their interest for a digressive payment is stronger if the measure is more demanding in terms of changes of habits. Furthermore, we observe that there is strong heterogeneity in farmers' contract characteristics preferences.

Key words: Agri-environmental measures, Time preferences, Payment mechanism, Risk aversion, Experimental economics, Choice experiment, Digressive payment.

Discipline : Sciences économiques

Laboratoire d'accueil : UMR Territoires - Irstea, campus des Cézeaux - 9 avenue Blaise Pascal - CS 20085 63178 Aubière Cedex