



HAL
open science

Une exploration approfondie des préférences individuelles pro-environnementales : trois essais sur le comportement de tri

Apolline Nierat

► **To cite this version:**

Apolline Nierat. Une exploration approfondie des préférences individuelles pro-environnementales : trois essais sur le comportement de tri. Economies et finances. Normandie Université, 2021. Français. NNT : 2021NORMR058 . tel-03478009

HAL Id: tel-03478009

<https://theses.hal.science/tel-03478009>

Submitted on 13 Dec 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.

A Thesis submitted for the Degree of
Doctor of Philosophy
in Economics
at University of Rouen Normandy

Exploring in-depth individual pro-environmental preferences : three essays on sorting behavior

Presented and defended by
Apolline NIÉRAT

Public thesis defence on the 10th December 2021 before the jury composed of

| | | |
|-----------------------|--|---------------|
| Mrs Johanna ETNER | Professor, UMR CNRS 7235 EconomiX, University of Paris Nanterre | Reviewer |
| Mrs Muriel TRAVERS | Professor, LEMNA, University of Nantes | Reviewer |
| Mr Vincent IEHLE | Professor, CREAM EA-4702, University of Rouen Normandie | Examiner |
| Mr Dominique PRUNETTI | Associate Professor (HDR), UMR CNRS 6240 LISA, University of Corsica | Examiner |
| Mrs Natacha RAFFIN | Professor, CREAM EA-4702, University of Rouen Normandie | Supervisor |
| Mr Olivier BEAUMAIS | Professor, CREAM EA-4702, University of Rouen Normandie | Co-supervisor |

Thesis co-supervised by Natacha RAFFIN (Professor, CREAM EA-4702, University of Rouen Normandie) and Olivier BEAUMAIS (Professor, CREAM EA-4702, University of Rouen Normandie)

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier infiniment mes directeurs de thèse, Natacha RAFFIN et Olivier BEAUMAIS, sans qui ce travail de Recherche n'aurait jamais été possible. Je les remercie de m'avoir fait confiance et d'avoir accepté de diriger ma thèse. Leur bienveillance, leurs conseils et leur disponibilité m'ont appris à apprécier la Recherche et ont rendu ce travail de thèse très épanouissant.

J'adresse également mes sincères remerciements à Johanna ETNER et Muriel TRAVERS pour l'honneur qu'elles me font d'accepter d'être rapporteurs de cette thèse ainsi qu'à Vincent IEHLE et Dominique PRUNETTI qui me font l'honneur d'être membres de mon jury de thèse.

Je remercie tous les membres de l'Ecole Doctorale 242 Economie-Gestion Normandie et ceux du laboratoire CREAM (EA-4702) qui ont fait vivre la Recherche au-delà de mes propres travaux durant toute la durée de cette thèse. J'adresse des remerciements particuliers à ces derniers : merci aux enseignants-chercheurs du laboratoire pour leur accueil et leur disponibilité et merci aux doctorants d'avoir illuminé le travail solitaire que peut parfois être la thèse.

Mes remerciements s'adressent également l'Université de Rouen Normandie et à l'ensemble de son personnel qui m'a permis de réaliser ce travail dans d'excellentes conditions.

Enfin, d'un point de vue plus personnel, la rédaction d'une thèse est un effort de longue haleine pour lequel le soutien d'un certain nombre de personnes m'a été d'une aide immense.

Merci à mes parents qui m'ont supportée durant ces années : merci pour votre amour et pour m'avoir souvent logée dans l'hôtel 5 étoiles qu'est la maison. Merci à mes deux frères, Dimitri et Théophile, et à ma soeur, Marie-Anastasia, sans oublier Vincent, ce membre supplémentaire qui s'est officiellement greffé à la famille en 2020. Vous avez été de précieux soutiens sans qui je n'aurais jamais pu terminer cette thèse.

Un merci tout particulier à Tom. Te remercier pour toutes les fois où tu m'as aidée est impossible car la liste est bien trop longue, je me contenterais donc ici d'un simple merci pour tout.

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| Introduction Générale | 15 |
| Contexte général | 15 |
| Dépôt sauvage de déchets | 18 |
| La collecte en mélange | 19 |
| Le tri sélectif | 21 |
| Le comportement de tri | 23 |
| Les valeurs environnementales | 23 |
| Les facteurs de contexte | 24 |
| Les variables psychologiques | 28 |
| Motivations et contributions de la thèse | 32 |
| | |
| 1 Exploring in-depth joint pro-environmental behaviors: a multivariate ordered probit approach | 43 |
| 1.1 Introduction | 43 |
| 1.2 Model | 45 |
| 1.3 Application | 48 |
| 1.3.1 Data set | 48 |
| 1.3.2 Variables | 49 |
| 1.3.3 Joint Pro-recycling Behaviors | 50 |
| 1.3.4 Results | 52 |
| 1.3.5 Discussion | 58 |
| 1.4 Concluding remarks | 59 |
| | |
| 2 Measuring the effect of pro-environmental attitudes on pro-environmental behavior: the case of waste sorting on ferries | 61 |
| 2.1 Introduction | 61 |
| 2.2 Data set | 63 |
| 2.3 NEP analysis | 64 |
| 2.4 Index construction | 72 |
| 2.5 The Mixed Multinomial Logit (MMNL) model | 74 |

| | | |
|-------------|---|------------|
| 2.6 | Results | 76 |
| 2.7 | Conclusion | 84 |
| 3 | Une expérience de jeu de bien public : contribuer au stock de qualité environnementale par le tri | 87 |
| 3.1 | Introduction | 87 |
| 3.2 | Revue de la littérature | 89 |
| 3.2.1 | Le jeu de bien public classique | 89 |
| 3.2.2 | Le problème des passagers clandestins dynamique | 93 |
| 3.3 | Construction d'un protocole | 96 |
| 3.3.1 | Andreoni (1988) | 96 |
| 3.3.2 | Protocole final | 97 |
| 3.3.2.1 | Traitement <i>stock</i> | 98 |
| 3.3.2.1.1 | Le bien public : la qualité environnementale | 99 |
| 3.3.2.1.2 | Le compte privé | 100 |
| 3.3.2.1.3 | Le paiement | 101 |
| 3.3.2.1.4 | Équilibre de Pareto | 102 |
| 3.3.2.1.4.1 | Cas continu | 103 |
| 3.3.2.1.4.2 | Cas discret | 106 |
| 3.3.2.1.5 | Équilibre de Nash parfait au sens de Markov | 108 |
| 3.3.2.1.5.1 | Cas continu | 109 |
| 3.3.2.1.5.2 | Cas discret | 111 |
| 3.3.2.2 | Traitement <i>intermédiaire</i> | 112 |
| 3.3.2.2.1 | Le bien public : la qualité environnementale | 112 |
| 3.3.2.2.2 | Le compte privé | 112 |
| 3.3.2.2.3 | Différences avec le traitement <i>stock</i> de notre ex- périence et avec le traitement <i>partenaires</i> d' Andreoni (1988) | 113 |
| 3.3.2.2.4 | Equilibre de Pareto | 114 |
| 3.3.2.2.5 | Equilibre de Nash parfait au sens de Markov | 115 |
| 3.3.2.3 | Questionnaire | 116 |
| 3.4 | Expérience | 118 |
| 3.4.1 | Premier pilote | 118 |
| 3.4.2 | Pilote | 119 |
| 3.4.3 | Résultats | 121 |
| 3.5 | Conclusion | 139 |
| | Conclusion Générale | 143 |

| | |
|---|------------|
| Annexe A Conditional probabilities | 165 |
| Annexe B Marginal effects | 167 |
| B.1 18-24 years old marginal effects | 167 |
| B.2 25-34 years old marginal effects | 169 |
| B.3 35-44 years old marginal effects | 170 |
| B.4 Annual income marginal effects | 172 |
| B.5 Suburban marginal effects | 173 |
| B.6 Living in residence for 2 to 5 years marginal effects | 175 |
| B.7 Civic duty marginal effects | 176 |
| B.8 Flat fees marginal effects | 178 |
| B.9 Everyday mixed waste collection marginal effects | 179 |
| B.10 Door-to-door plastic collection marginal effects | 181 |
| B.11 Door-to-door metal collection marginal effects | 182 |
| B.11.1 Door-to-door paper collection marginal effects | 184 |
| Annexe C Instructions traitement <i>stock</i> | 186 |
| C.1 Informations générales | 186 |
| C.2 La situation de décision | 186 |
| C.3 Votre revenu du bien public | 187 |
| C.3.1 Le stock de qualité environnementale | 187 |
| C.3.2 Le revenu du bien public | 188 |
| C.3.3 Exemples | 189 |
| C.3.4 The SeaCleaners | 190 |
| C.4 Votre revenu du compte privé | 190 |
| C.5 Votre paiement total | 191 |
| Annexe D Apparence du traitement <i>stock</i> | 192 |
| Annexe E Instructions traitement <i>intermédiaire</i> | 196 |
| E.1 Informations générales | 196 |
| E.2 La situation de décision | 196 |
| E.3 Votre revenu du bien public | 197 |
| E.3.1 Le stock de qualité environnementale | 197 |
| E.3.2 Le revenu du bien public | 198 |
| E.3.3 Exemples | 198 |
| E.3.4 The SeaCleaners | 199 |
| E.4 Votre revenu du compte privé | 200 |
| E.5 Votre paiement total | 201 |

| | |
|---|-----|
| Annexe F Apparence du traitement <i>intermédiaire</i> | 202 |
| Annexe G Questionnaire | 206 |
| Annexe H Apparence du questionnaire | 212 |

Liste des tableaux

| | | |
|-----------|---|-----|
| Table 1 | <i>Principaux impacts environnementaux des différentes gestions possibles des déchets ménagers (Giusti, 2009)</i> | 20 |
| Table 1.1 | <i>Spearman rank correlations</i> | 49 |
| Table 1.2 | <i>Independent variables</i> | 50 |
| Table 1.3 | <i>Summary statistics for independent variables</i> | 51 |
| Table 1.4 | <i>Trivariate ordered probit model</i> | 52 |
| Table 1.5 | <i>Conditional probabilities of metal recycling</i> | 54 |
| Table 1.6 | Suburban marginal effects on the commitment to metal recycling | 55 |
| Table 1.7 | Door-to-door metal collection marginal effects on the commitment to metal recycling | 56 |
| Table 1.8 | Civic duty marginal effects on the commitment to metal recycling | 57 |
| Table 2.1 | <i>Attributes and attributes' levels</i> | 64 |
| Table 2.2 | <i>Means and proportion of the items of the NEP scale</i> | 65 |
| Table 2.3 | <i>Corrected item-total correlations and Cronbach's alpha without the item of the items of the NEP scale</i> | 67 |
| Table 2.4 | <i>Importance of the components of the PCA</i> | 68 |
| Table 2.5 | <i>Standardized PCA's factor loadings</i> | 70 |
| Table 2.6 | <i>Weights of the principal components</i> | 73 |
| Table 2.7 | <i>Descriptive statistics of the SR index</i> | 74 |
| Table 2.8 | <i>Mixed multinomial logit model's estimates in WTP space in €</i> | 77 |
| Table 3.1 | <i>Statistiques descriptives des facteurs situationnels</i> | 122 |
| Table 3.2 | <i>Statistiques descriptives des variables psychologiques</i> | 124 |
| Table 3.3 | <i>Tableau de contingence des intensités de tri déclarées à domicile et du tri au travail</i> | 125 |
| Table 3.4 | <i>Corrélations entre les tris des différents matériaux</i> | 127 |
| Table 3.5 | <i>Tableau de contingence entre les catégories de la variable indiquant qui trie dans le foyer et les catégories de la variable de la situation familiale</i> | 127 |
| Table 3.6 | <i>Statistiques descriptives des valeurs environnementales</i> | 128 |

| | | |
|------------|---|-----|
| Table 3.7 | <i>Statistiques descriptives de l'échelle NEP</i> | 130 |
| Table 3.8 | <i>Contributions moyennes à la qualité environnementale et stocks moyens de qualité environnementales des traitements stock et intermédiaire</i> | 131 |
| Table 3.9 | <i>Probabilités critiques des tests de rangs signés de Wilcoxon entre les contributions à la qualité environnementale des différentes périodes pour le traitement stock</i> | 133 |
| Table 3.10 | <i>Probabilités critiques des tests de rangs signés de Wilcoxon entre les contributions à la qualité environnementale des différentes périodes pour le traitement intermédiaire</i> | 134 |
| Table 3.11 | <i>Probabilités critiques des tests de Mann-Withney-Wilcoxon entre les contributions à la qualité environnementale des traitements stock et intermédiaire pour chaque période</i> | 137 |
| Table 3.12 | <i>Fréquence de certaines contributions à la qualité environnementale pour le traitement stock</i> | 138 |
| Table A.1 | <i>Conditional probabilities of plastic recycling</i> | 165 |
| Table A.2 | <i>Conditional probabilities of metal recycling</i> | 165 |
| Table A.3 | <i>Conditional probabilities of paper recycling</i> | 166 |
| Table B.1 | <i>18-24 years old marginal effects on the commitment to plastic recycling</i> | 167 |
| Table B.2 | <i>18-24 years old marginal effects on the commitment to metal recycling</i> | 168 |
| Table B.3 | <i>18-24 years old marginal effects on the commitment to paper recycling</i> | 168 |
| Table B.4 | <i>25-34 years old marginal effects on the commitment to plastic recycling</i> | 169 |
| Table B.5 | <i>25-34 years old marginal effects on the commitment to metal recycling</i> | 169 |
| Table B.6 | <i>25-34 years old marginal effects on the commitment to paper recycling</i> | 170 |
| Table B.7 | <i>35-44 years old marginal effects on the commitment to plastic recycling</i> | 170 |
| Table B.8 | <i>35-44 years old marginal effects on the commitment to metal recycling</i> | 171 |
| Table B.9 | <i>35-44 years old marginal effects on the commitment to paper recycling</i> | 171 |
| Table B.10 | <i>Annual income marginal effects on the commitment to plastic recycling</i> | 172 |
| Table B.11 | <i>Annual income marginal effects on the commitment to metal recycling</i> | 172 |
| Table B.12 | <i>Annual income marginal effects on the commitment to paper recycling</i> | 173 |
| Table B.13 | <i>Suburban marginal effects on the commitment to plastic recycling</i> | 173 |
| Table B.14 | <i>Suburban marginal effects on the commitment to metal recycling</i> | 174 |
| Table B.15 | <i>Suburban marginal effects on the commitment to paper recycling</i> | 174 |
| Table B.16 | <i>Living in residence for 2 to 5 years marginal effects on the commitment to plastic recycling</i> | 175 |
| Table B.17 | <i>Living in residence for 2 to 5 years marginal effects on the commitment to metal recycling</i> | 175 |

| | |
|--|-----|
| Table B.18 <i>Living in residence for 2 to 5 years marginal effects on the commitment to paper recycling</i> | 176 |
| Table B.19 <i>Civic duty marginal effects on the commitment to plastic recycling</i> . | 176 |
| Table B.20 <i>Civic duty marginal effects on the commitment to metal recycling</i> . . | 177 |
| Table B.21 <i>Civic duty marginal effects on the commitment to paper recycling</i> . . | 177 |
| Table B.22 <i>Flat fees marginal effects on the commitment to plastic recycling</i> . . | 178 |
| Table B.23 <i>Flat fees marginal effects on the commitment to metal recycling</i> . . . | 178 |
| Table B.24 <i>Flat fees marginal effects on the commitment to paper recycling</i> . . . | 179 |
| Table B.25 <i>Everyday mixed waste collection marginal effects on the commitment to plastic recycling</i> | 179 |
| Table B.26 <i>Everyday mixed waste collection marginal effects on the commitment to metal recycling</i> | 180 |
| Table B.27 <i>Everyday mixed waste collection marginal effects on the commitment to paper recycling</i> | 180 |
| Table B.28 <i>Door-to-door plastic collection marginal effects on the commitment to plastic recycling</i> | 181 |
| Table B.29 <i>Door-to-door plastic collection marginal effects on the commitment to metal recycling</i> | 181 |
| Table B.30 <i>Door-to-door plastic collection marginal effects on the commitment to paper recycling</i> | 182 |
| Table B.31 <i>Door-to-door metal collection marginal effects on the commitment to plastic recycling</i> | 182 |
| Table B.32 <i>Door-to-door metal collection marginal effects on the commitment to metal recycling</i> | 183 |
| Table B.33 <i>Door-to-door metal collection marginal effects on the commitment to paper recycling</i> | 183 |
| Table B.34 <i>Door-to-door paper collection marginal effects on the commitment to plastic recycling</i> | 184 |
| Table B.35 <i>Door-to-door paper collection marginal effects on the commitment to metal recycling</i> | 184 |
| Table B.36 <i>Door-to-door paper collection marginal effects on the commitment to paper recycling</i> | 185 |
| Table C.1 <i>Tous les membres du groupe contribuent la totalité de leur dotation au bien public</i> | 189 |
| Table C.2 <i>Tous les membres du groupe contribuent 50% de leur dotation au bien public</i> | 189 |
| Table C.3 <i>Tous les membres du groupe ne contribuent pas du tout au bien public</i> | 190 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| Table E.1 | <i>Tous les membres du groupe contribuent la totalité de leur dotation au bien public</i> | 199 |
| Table E.2 | <i>Tous les membres du groupe contribuent 50% de leur dotation au bien public</i> | 199 |
| Table E.3 | <i>Tous les membres du groupe ne contribuent pas du tout au bien public</i> | 199 |

Table des figures

| | | |
|------------|---|-----|
| Figure 1 | <i>Diagramme de Venn (1880) d'après la nomenclature de Gripaldo (2017)</i> | 17 |
| Figure 2 | <i>Diagramme de la Théorie du Comportement Planifié (TCP) (Ajzen, 1991)</i> | 30 |
| Figure 1.1 | Relation between latent variable and dependent variable | 46 |
| Figure 2.1 | <i>NEP Score histogram</i> | 64 |
| Figure 2.2 | <i>Scree plot of the PCA</i> | 69 |
| Figure 2.3 | <i>Variable correlation plot of the 2nd principal component</i> | 71 |
| Figure 2.4 | <i>WTP for sorting category varies with the Stock Responsibility, SR</i> | 81 |
| Figure 2.5 | <i>WTP for average distance before a collection point varies with the Stock Responsibility, SR</i> | 82 |
| Figure 2.6 | <i>WTP for collection frequency varies with the Stock Responsibility, SR</i> | 83 |
| Figure 3.1 | <i>Le revenu public à la période t dépend du stock de qualité environnementale à la période $t - 1$</i> | 100 |
| Figure 3.2 | <i>Le revenu public arrondi cause le fait que plusieurs stocks sont à l'origine d'un même revenu quand le revenu public continu associe une seule valeur unique à chaque stock</i> | 107 |
| Figure 3.3 | <i>Arbre des équilibres de Pareto symétriques dans le cas discret (255 itinéraires de contributions)</i> | 108 |
| Figure 3.4 | <i>Histogramme de l'échelle NEP (Dunlap et al., 2000)</i> | 128 |
| Figure 3.5 | <i>Représentation graphique des contributions individuelles moyennes à la qualité environnementale du traitement stock et des équilibres de Pareto et de Nash parfait au sens de Markov</i> | 132 |
| Figure 3.6 | <i>Représentation graphique des contributions individuelles moyennes à la qualité environnementale du traitement intermédiaire et des équilibres de Pareto et de Nash parfait au sens de Markov</i> | 133 |

| | | |
|------------|--|-----|
| Figure 3.7 | <i>Représentation graphique des niveaux de stock moyens de qualité environnementale moyennes du traitement stock ainsi que les itinéraires des niveaux de stock de l'équilibre de Pareto et de l'équilibre de Nash parfait au sens de Markov</i> | 135 |
| Figure 3.8 | <i>Représentation graphique des niveaux de stock moyens de qualité environnementale moyennes du traitement intermédiaire ainsi que les itinéraires des niveaux de stock de l'équilibre de Pareto et de l'équilibre de Nash parfait au sens de Markov</i> | 135 |
| Figure 3.9 | <i>Représentation graphique des contributions moyennes à la qualité environnementale des traitements stock et intermédiaire et du traitement partenaires d'Andreoni (1988)</i> | 137 |
| Figure C.1 | <i>Le revenu public à la période t dépend du stock de qualité environnementale à la période $t - 1$</i> | 188 |
| Figure D.1 | <i>Écran 1/3 de la période 1 sur z-Tree (Fischbacher, 2007) : Contribution au bien public du traitement stock</i> | 192 |
| Figure D.2 | <i>Écran 2/3 de la période 1 sur z-Tree (Fischbacher, 2007) : Écran du traitement stock sur lequel l'individu indique s'il pense avoir contribué plus que les membres de son groupe</i> | 193 |
| Figure D.3 | <i>Écran 3/3 de la période 1 sur z-Tree (Fischbacher, 2007) : Informations sur les résultats de la période du traitement stock</i> | 193 |
| Figure D.4 | <i>Écran 1/3 de la période 1 sur oTree (Chen et al., 2016) : Contribution au bien public du traitement stock</i> | 194 |
| Figure D.5 | <i>Écran 2/3 de la période 1 sur oTree (Chen et al., 2016) : Écran du traitement stock sur lequel l'individu indique s'il pense avoir contribué plus que les membres de son groupe</i> | 194 |
| Figure D.6 | <i>Écran 3/3 de la période 1 sur oTree (Chen et al., 2016) : Informations sur les résultats de la période du traitement stock</i> | 195 |
| Figure F.1 | <i>Écran 1/3 de la période 1 sur z-Tree (Fischbacher, 2007) : Contribution au bien public du traitement intermédiaire</i> | 202 |
| Figure F.2 | <i>Écran 2/3 de la période 1 sur z-Tree (Fischbacher, 2007) : Écran du traitement intermédiaire sur lequel l'individu indique s'il pense avoir contribué plus que les membres de son groupe</i> | 203 |
| Figure F.3 | <i>Écran 3/3 de la période 1 sur z-Tree (Fischbacher, 2007) : Informations sur les résultats de la période du traitement intermédiaire</i> | 203 |
| Figure F.4 | <i>Écran 1/3 de la période 1 sur oTree (Chen et al., 2016) : Contribution au bien public du traitement intermédiaire</i> | 204 |

| | | |
|------------|---|-----|
| Figure F.5 | <i>Écran 2/3 de la période 1 sur oTree (Chen et al., 2016) : Écran du traitement intermédiaire sur lequel l'individu indique s'il pense avoir contribué plus que les membres de son groupe</i> | 205 |
| Figure F.6 | <i>Écran 3/3 de la période 1 sur oTree (Chen et al., 2016) : Informations sur les résultats de la période du traitement intermédiaire</i> | 205 |
| Figure H.1 | <i>Écran 1 sur z-Tree (Fischbacher, 2007) : Écran du questionnaire sur lequel l'individu doit indiquer un pseudo permettant de l'identifier au moment du paiement</i> | 212 |
| Figure H.2 | <i>Écran 2 sur z-Tree (Fischbacher, 2007) : Écran du questionnaire avec les questions socio-démographiques</i> | 213 |
| Figure H.3 | <i>Écran 3 sur z-Tree (Fischbacher, 2007) : 1^{er} écran du questionnaire étudiant le rapport du participant à l'environnement avec l'importance qu'il accorde aux différentes problématiques environnementales ainsi que son accord avec un certain nombre d'affirmations</i> | 213 |
| Figure H.4 | <i>Écran 4 sur z-Tree (Fischbacher, 2007) : 2^{ème} écran du questionnaire étudiant le rapport du participant à l'environnement avec son accord aux différents items de l'échelle NEP (Dunlap et al., 2000)</i> | 214 |
| Figure H.5 | <i>Écran 5 sur z-Tree (Fischbacher, 2007) : Écran du questionnaire étudiant la relation entre le participant et le comportement de tri</i> | 214 |
| Figure H.6 | <i>Écran 1 sur oTree (Chen et al., 2016) : Écran du questionnaire sur lequel l'individu doit indiquer un pseudo permettant de l'identifier au moment du paiement et répondre aux questions socio-démographiques . . .</i> | 215 |
| Figure H.7 | <i>Écran 2 sur oTree (Chen et al., 2016) : Écran du questionnaire étudiant le rapport du participant à l'environnement avec l'importance qu'il accorde aux différentes problématiques environnementales ainsi que son accord avec un certain nombre d'affirmations dont celles de l'échelle NEP (Dunlap et al., 2000)</i> | 216 |
| Figure H.8 | <i>Écran 2 (suite) sur oTree (Chen et al., 2016) : Écran du questionnaire étudiant le rapport du participant à l'environnement avec l'importance qu'il accorde aux différentes problématiques environnementales ainsi que son accord avec un certain nombre d'affirmations dont celles de l'échelle NEP (Dunlap et al., 2000)</i> | 217 |
| Figure H.9 | <i>Écran 2 (suite) sur oTree (Chen et al., 2016) : Écran du questionnaire étudiant le rapport du participant à l'environnement avec l'importance qu'il accorde aux différentes problématiques environnementales ainsi que son accord avec un certain nombre d'affirmations dont celles de l'échelle NEP (Dunlap et al., 2000)</i> | 218 |

Figure H.10 *Écran 2 (suite) sur oTree (Chen et al., 2016) : Écran du questionnaire étudiant le rapport du participant à l'environnement avec l'importance qu'il accorde aux différentes problématiques environnementales ainsi que son accord avec un certain nombre d'affirmations dont celles de l'échelle NEP (Dunlap et al., 2000)* 219

Figure H.11 *Écran 3 sur oTree (Chen et al., 2016) : Écran du questionnaire étudiant la relation entre le participant et le comportement de tri* 220

Introduction générale

Contexte général

À l'aube du 21^{ème} siècle, l'environnement est une problématique qu'il devient difficile d'ignorer. En effet, la pollution, la surexploitation des ressources et le recul de la biodiversité sont autant de conséquences néfastes des activités économiques que la communauté scientifique pointe du doigt. Pourtant, ce constat ne date pas d'hier. Ainsi, dès la fin du XIII^{ème} siècle, le roi d'Angleterre Edward I^{er} interdit de faire brûler du charbon dans le but de limiter la pollution atmosphérique qui en résulte : un *smog* odorant dans la ville de Londres (Iversen, 2018). Mais, malgré une surenchère du roi (Freese, 2016), la loi est ignorée par nécessité : rares étaient ceux qui pouvaient se permettre d'acheter le bois, alternative à brûler (Chmielewski, 2009).

De même, l'île de Pâques est souvent considérée comme l'illustration passée d'un désastre écologique de surexploitation des ressources : en effet, suite à une augmentation massive de la population de l'île, l'agriculture locale se serait intensifiée afin de répondre à la demande entre les années 950 et 1400 (Ladefoged et al., 2005). À ceci, ce serait également ajouté l'exploitation des ressources dans le but d'ériger les *Moai*, statues emblématiques de l'île de Pâques (Flenley and Bahn, 2003). Hunt (2006) propose également l'hypothèse que les européens auraient amené une population de rats achevant largement la surexploitation des ressources de l'île et provoquant l'écroulement de la civilisation de l'île. Si l'origine exacte du désastre écologique demeure le sujet de débats, la responsabilité des habitants est très tôt mise en cause par La Pérouse et al. (1799), apportant la première pierre à l'édifice de ce que Hunt and Lipo (2012) appellent le mythe de l'« écocide ». Dès la fin du XVIII^{ème} siècle, il est donc envisageable dans l'esprit de l'homme que des ressources naturelles puissent s'appauvrir et causer la chute d'un peuple.

En ce qui concerne le recul de la biodiversité, l'icône la plus célèbre de l'extinction d'une espèce à cause de l'être humain est le *Raphus cucullatus*, plus connu sous la dénomination de « dodo ». L'animal mauricien, notamment observé par des explorateurs hollandais au cours du XVII^{ème} siècle, avait définitivement disparu à la fin de ce même siècle, au point que le doute subsistait sur sa véritable existence (Hume, 2006). Ce n'est qu'en 1865, lors

de la découverte du premier fossile de dodo, que sa réalité est réhabilitée. Ici encore, les faits ne sont pas formellement établis : la datation de l'extinction nourrit encore des débats même si le consensus s'accorde sur la fin du XVII^{ème} siècle (Roberts and Solow, 2003; Cheke, 2004, 2006; Mlíkovský, 2004). De même, les causes réelles de l'extinction du dodo sont encore discutées. La chasse du dodo par l'homme est un fait établi mais semble insuffisante pour expliquer l'extinction de la population des dodos (Hume, 2012). L'autre hypothèse envisagée pour expliquer ce déclin est également une conséquence des activités humaines, bien qu'indirecte cette fois : en arrivant sur l'île Maurice, les explorateurs ont introduits des animaux qui ont généré une concurrence alimentaire voire ont également chassé les dodos. Si cet épisode est aussi marquant c'est parce que c'est la première espèce pour laquelle l'homme a pris conscience de sa responsabilité dans l'extinction d'une population (Quammen, 2012).

Ainsi, l'idée qu'il puisse avoir un impact plus ou moins définitif sur son environnement est ancrée dans l'esprit de l'homme assez tôt dans son histoire. Pourtant, ce sont les années 1970 qui plongent le monde entier dans une prise de conscience écologique et amorcent une envie de réaction par rapport à ce problème. L'année 1970 est d'ailleurs marquée par la commande d'un rapport au Massachusetts Institute of Technology (MIT) de la part du Club de Rome, organisation internationale dont l'objectif est d'identifier les causes des grands problèmes auxquels l'humanité se confronte et de réfléchir à de potentielles solutions. Également connu sous le nom de Rapport Meadows, du nom de son premier auteur, le rapport est publié 2 ans plus tard, en 1972, dans le contexte historique de la fin des Trente Glorieuses. En cette période de forte croissance économique, les préoccupations étaient de déterminer si cette croissance pouvait durer indéfiniment et s'il était souhaitable qu'elle dure. C'est d'ailleurs cette problématique qui est littéralement choisie comme titre de la version française du rapport : *Halte à la croissance ?*.

Parmi les 5 problèmes majeurs évoqués par les auteurs et qui résultent de la croissance, 2 concernent l'environnement : l'épuisement des ressources non renouvelables et la détérioration de l'environnement. En effet, les Trente Glorieuses sont marquées par l'avènement de la consommation de masse (Daumas, 2018) : la grande majorité de la population de ces sociétés de consommation a accès aux biens de première nécessité mais également à des biens plus luxueux tels que des voyages ou encore des biens de loisirs (Katona, 1964). Cette consommation de masse entretient la croissance par le biais d'une demande croissante. Afin de répondre à cette demande, la période d'après-guerre se caractérise donc par une production accrue et des dommages environnementaux résultant qui augmentent (Langston, 2017), tant en termes de pollution qu'en termes d'exploitation des ressources.

Les conclusions du rapport sont sans appel : dans un monde fini, la croissance économique et démographique ne peut pas être infinie et conduit, tôt ou tard, à un effondrement que Meadows et al. (1972) estiment, si les tendances observées à l'époque se poursuivent,

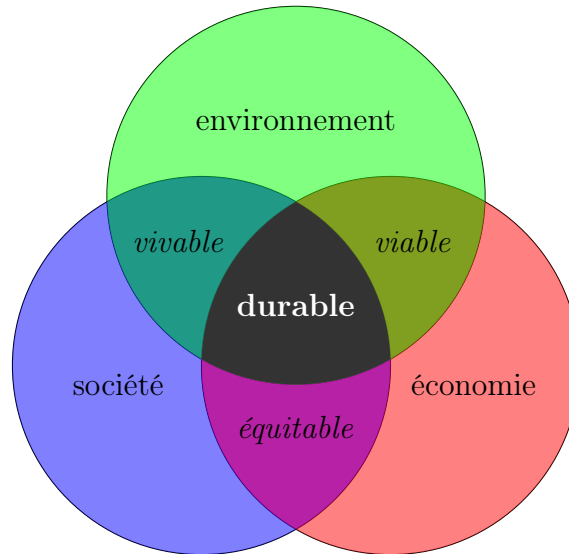


FIGURE 1 – Diagramme de Venn (1880) d’après la nomenclature de Grippaldo (2017)

durant la seconde moitié du XXI^{ème} siècle (Colombo, 2001). L’alternative à une croissance exponentielle proposée par les auteurs est un état d’équilibre global caractérisé par la constance de la population et du capital industriel. Ils préconisent également une production qui réduit la pollution émise et la consommation des ressources non renouvelables ainsi qu’une réorientation des préférences de consommation des individus vers des services plutôt que des biens industrialisés, moins propices à la pollution et à la consommation des ressources.

Sous l’impulsion des conclusions du rapport Meadows qui incriminent la croissance, le mouvement de la décroissance se développe. Ici, les partisans du mouvement estiment aller encore plus loin que le rapport puisqu’ils ne prônent pas l’absence de croissance mais le recul de celle-ci par la diminution de la consommation. Environ 30 ans après la publication initiale du rapport, Meadows et al. (2004) le rééditent et apportent des précisions concernant la promotion d’une absence de croissance qui leur est reprochée. Ils y précisent être en faveur d’une société durable au sens de Brundtland (1987), c’est-à-dire « *qui répond aux besoins des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs* ». Le rapport Meadows s’inscrit donc davantage dans l’histoire du développement durable que dans celle de la décroissance.

Le développement durable, expression utilisée pour la première fois dans le Rapport Brundtland (1987) de la Commission mondiale de l’environnement et du développement, est un développement économique qui intègre les problématiques sociales et environnementales. Parfaitement illustré par un diagramme de Venn (1880) (figure 1), le concept se trouve à l’intersection entre ses 3 piliers : l’économie, l’environnement et la société. Il réconcilie donc l’environnement et l’économie, longtemps considérés comme incompatibles.

tibles (Pezzey, 1992). En effet, beaucoup de ressources jouent des rôles différents pour 2 piliers qui semblent inconciliables : Dyllick and Hockerts (2002) prennent notamment l'exemple des forêts qui fournissent de la matière première au pilier économique mais a également des fonctions environnementales, notamment de réservoir de biodiversité, de puit de carbone. Exploiter les forêts est donc économiquement intéressant tandis que les protéger est environnementalement plus pertinent. Le développement durable n'invite pas à choisir entre une gestion économique et une gestion environnementale des forêts mais à concilier les deux intérêts par une gestion durable des forêts : exploiter la forêt à un taux qui n'empêche pas son action écologique.

Ainsi, la démarche du développement durable préconise d'intégrer l'impact global des actions individuelles, tant aujourd'hui que dans le futur. Concernant les volets économie et environnement, qui nous intéressent dans le cadre de cette thèse, une entreprise durable doit donc produire des biens de manière à limiter son impact négatif sur l'environnement. De la même manière, un individu doit consommer durablement les biens c'est-à-dire qu'il doit limiter sa production de déchets et, le cas échéant, disposer du déchet.

Dépôt sauvage de déchets

Si le consommateur choisit de jeter un déchet dans la nature on parle alors de dépôt sauvage de déchets. Sans surprise, la présence de déchets dans la nature est à l'origine de contamination environnementale.

En effet, les déchets sont en partie constitués de produits chimiques tels que des détergents ou des métaux (Iqbal and Gupta, 2009) qui, lessivés par la pluie, forment le lixiviat¹. Ce lixiviat peut alors s'infiltrer dans les sols et les polluer (Van Straalen, 2002). Cette pollution devient alors une menace pour la flore, qui se nourrit du sol pollué. Ainsi, Liu et al. (2007) notent que la pollution des sols par des dépotoirs cause une accumulation de métaux lourds et de fluor dans les plantes. Ils observent notamment que ces polluants, parmi les plus nocifs pour la santé de l'homme, excèdent les seuils standards d'hygiène chinois dans le cas des graines de sorgho, des pastèques et des cantaloups, parfois jusqu'à 200 mètres de la décharge.

Par percolation, le lixiviat peut également atteindre les eaux souterraines et contaminer ces sources de l'eau domestique. Pande et al. (2015) observent ainsi, à Dhanbad City en Inde, que l'eau souterraine autour de décharges n'est pas conforme au standard de qualité d'eau buvable en termes de métaux lourds et ne devrait donc être consommée sans être traitée auparavant. De même, Sidhu et al. (2015) notent que la nappe phréatique autour d'une décharge de New Delhi en Inde présente une concentration en plomb supérieure

1. Liquide « généré par un excès d'eau pluviale s'infiltrant au travers des couches de déchets d'une décharge » (Kjeldsen et al., 2002)

aux directives de l’OMS due à une contamination par du lixiviat. Ils estiment que les individus exposés par ingestion de l’eau contaminée ont un risque accru de cancer dû à cette exposition et le calcul d’un quotient de risque laisse craindre des effets négatifs sur la santé des foyers exposés.

Les déchets sauvages sont également une menace pour la faune. Dans le cas de la faune aquatique, [Kibria \(2017\)](#) présentent le plastique comme la principale pollution marine, découlant très largement de sources terrestres, parmi lesquelles les décharges illégales seraient la plus importante. En effet, les déchets ou des fragments de ceux-ci, tels que le microplastique, peuvent être transportés par les eaux pluviales ([Kadir and Sarani, 2015](#)) ou le vent ([Kibria, 2017](#)) et polluer les cours d’eau et les océans où ils peuvent être ingérés par la faune aquatique. Ainsi, les microplastiques sont souvent ingérés par des poissons qui les confondent avec du plancton, du fait d’une apparence similaire ([Kibria, 2017](#)). L’ingestion d’un poisson contaminé permet ensuite aux micro-plastiques de se transférer d’espèce en espèce en suivant la chaîne alimentaire ([Wright et al., 2013](#)). De même, des déchets entiers sont parfois directement ingérés par les animaux : [Bugoni et al. \(2001\)](#) observent que des sacs plastiques ont été ingérés par 50% des tortues vertes échouées analysées dans leur étude et [Denuncio et al. \(2011\)](#) indiquent que 64,3% des dauphins enchevêtrés dans des filets de pêche de leur échantillon avaient ingérés des débris plastiques de packaging (cellophane, sacs plastiques, élastiques en plastique).

La crainte avec l’ingestion, directe ou indirecte, de plastique est qu’il s’accumule et soit à l’origine d’un blocage du système digestif qui conduit l’animal infecté à ressentir une satiété qui l’empêche de se nourrir suffisamment, entraînant des détériorations physiques voire la mort de l’animal ([Wright et al., 2013](#); [Santos et al., 2020](#)). Ainsi, [Lazar and Gračan \(2011\)](#) observent le cas d’une jeune tortue caouanne qui a ingéré 15 déchets (restes de sacs et de films plastiques) et ne présentait quasi aucun reste de nourriture dans l’intestin. La tortue en question ne présentait aucune lésion externe ni pathologie apparente au niveau de ses organes et les auteurs en concluent que sa mort est probablement due à l’ingestion de déchets.

Un dernier inconvénient, certes mineur au vu de ceux évoqués précédemment, est un désagrément esthétique : la présence de déchets rend le paysage moins agréable à regarder ([Al-Khatib et al., 2009](#)).

La collecte en mélange

Ici, le déchet entre dans le système de collecte des déchets. En France, [ADEME \(2021\)](#) indique qu’en 2017, la grande majorité des Ordures Ménagères Résiduelles² (OMR) est

2. « part des ordures ménagères collectées en mélange, restant après collectes séparées » ([ADEME, 2021](#))

directement incinérée ou stockée par enfouissement (65% et 26% respectivement). Les 9% restants font l'objet d'un traitement mécano-biologique qui extrait les fractions fermentescibles des OMR pour les valoriser sous forme de compost ou de biogaz. Les fractions non fermentescibles, quant à elles, seront alors recyclées, incinérées ou stockées.

| Paysage | Eau | Sol | Air |
|--|---|---|---|
| Enfouissement des déchets ^a | | | |
| Effets visuels, vermines | Lixiviats (métaux lourds, composés organiques synthétiques) | Métaux lourds, composés organiques synthétiques | Dioxyde de carbone, méthane, composés organiques volatils, odeur, bruit |
| Incinération des déchets ^b | | | |
| Effets visuels | Retombées de polluants atmosphériques | Cendres volantes, cendres résiduelles | Dioxyde de soufre, oxyde d'azote, protoxyde d'azote, acide chlorique, acide fluorhydrique, monoxyde de carbone, dioxyde de carbone, dioxines, furannes, hydrocarbures polycycliques aromatiques, composés organiques volatils, odeur, bruit |
| Recyclage | | | |
| – | Eaux usées | Enfouissement des résidus | Poussière, bruit |

^a l'enfouissement des déchets considéré ne valorise pas les biogaz

^b l'incinération des déchets considérée est sans valorisation énergétique

TABLE 1 – Principaux impacts environnementaux des différentes gestions possibles des déchets ménagers (Giusti, 2009)

La table 1, extraite de Giusti (2009), montre que l'incinération des déchets, sans valorisation énergétique, est associée à un nombre non négligeable de désagréments environnementaux. Ainsi, parmi les émissions atmosphériques associées à l'incinération, se trouvent le dioxyde de carbone et le protoxyde d'azote, 2 des 3 principaux gaz responsables de l'effet de serre anthropique (De Klein et al., 2008). L'émission du protoxyde d'azote est particulièrement problématique puisque son Potentiel de Réchauffement Global (PRG) est de 298 (Solomon et al., 2007). Autrement dit, sur une durée de 100 ans, le pouvoir réchauffant du protoxyde d'azote est 298 fois celui du dioxyde de carbone.

Cependant, une valorisation énergétique vient souvent amoindrir le constat négatif de

l'incinération. En effet, lors de l'incinération, la chaleur de la combustion des déchets, combinée à un fluide, génère de la vapeur qui permet alors de produire de l'électricité ou qui peut ensuite être dirigée dans un réseau de chaleur. Les réseaux de chaleur en question permettent alors, en général, le chauffage de bâtiments ou encore le chauffage de l'eau domestique. Ainsi, le déchet est revalorisé sous forme de chaleur ou d'électricité.

Ce qu'il reste du déchet après incinération fait partie de ce qu'on appelle les déchets ultimes : en effet, le Code de l'Environnement (art. L541-2-1) définit un déchet ultime comme « *un déchet qui n'est plus susceptible d'être réutilisé ou valorisé dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux* ».

Les déchets ultimes vont ensuite être enfouis dans des Centres de Stockage des Déchets Ultimes (CSDU), avec les OMR qui n'auront pas été incinérées et qui, de ce fait, seront alors considérées comme des déchets ultimes.

Si les CSDU sont soumis à des réglementations et des normes visant à protéger l'environnement, ils sont tout de même associés à des risques de contamination environnementale (tableau 1). Cependant, les risques du stockage des déchets sont atténués par rapport à ceux associés aux dépôts sauvages de déchets puisque les réglementations et les normes assurent la mise en place de barrières à la contamination environnementale.

Il est à noter que l'enfouissement des déchets émet du dioxyde de carbone mais également du méthane, 3^{ème} gaz principalement responsable de l'effet de serre anthropique (De Klein et al., 2008) dont le PRG est de 25 (Solomon et al., 2007). Cependant, cette pollution est valorisable, ce qui participe à contrebalancer les effets négatifs de l'enfouissement. En effet, le dioxyde de carbone et le méthane sont l'essentiel de ce qui constitue le biogaz. Une fois traité, ce biogaz peut être réutilisé pour produire notamment de l'électricité, de la chaleur mais peut également servir de carburant pour les voitures (Khan et al., 2017).

Le tri sélectif

Le tri sélectif des consommateurs permet de rediriger les déchets recyclables vers des usines de transformation qui vont les recycler. Le recyclage permet ensuite de réinjecter une partie de la matière première du déchet dans le processus de production, évitant ainsi la pollution nécessaire à l'extraction et la fabrication de cette matière première si elle n'avait pas été récupérée. Après le traitement permettant l'extraction de la matière première valorisable, il en résulte un déchet ultime qui sera enfoui dans un CSDU.

Denison (1996) observe que le recyclage génère le poids le plus faible de déchets ultimes par tonne de déchets traités comparé à l'incinération avec valorisation énergétique et au stockage des déchets. Ainsi, le recyclage permet de minimiser l'impact des déchets ultimes

enfouis en minimisant le volume de ces mêmes déchets.

De même, [Denison \(1996\)](#) constate que le fonctionnement du recyclage est plus énergivore que le stockage des déchets, et, en ce sens, se rapproche de l'incinération. Cependant, l'énergie que le recyclage permet d'économiser en évitant une production de matière première coûteuse en énergie rend le recyclage très intéressant : même en tenant compte de son coût énergétique de fonctionnement, le recyclage permet une économie d'énergie supérieure à celle de l'incinération, qui elle-même est supérieure à celle du stockage ([Denison, 1996](#); [Morris, 2005](#)). En effet, [Morris \(2005\)](#) estime que l'énergie nécessaire à la production d'un produit est 44% plus faible en utilisant des matériaux recyclés qu'en utilisant des matières premières vierges.

De plus, la gestion des déchets, quelle qu'elle soit, est à l'origine de pollution atmosphérique et de pollution des eaux mais [Giusti \(2009\)](#) semble indiquer que le recyclage est associé à moins de dégradations environnementales que l'enfouissement ou l'incinération des déchets sans valorisation énergétique ou des biogaz (tableau 1).

Par ailleurs, [Denison \(1996\)](#) note que, si une partie des pollutions liées à la gestion des déchets découlent directement du traitement des déchets (stockage, incinération ou recyclage), une pollution non négligeable résulte également de la production d'énergie nécessaire au fonctionnement du traitement des déchets. En tenant compte de ces deux sources de pollution mais également des pollutions évitées par les différentes valorisations, le recyclage émet moins de polluants atmosphériques majeurs que l'incinération avec valorisation énergétique et que le stockage sans valorisation des biogaz, et permet d'ailleurs la réduction de ces émissions par rapport au processus de production usuel ([Denison, 1996](#)). [Morris \(2005\)](#) abonde en indiquant que le recyclage génère une réduction nette des émissions de gaz à effet de serre supérieure à celle de l'enfouissement des déchets avec valorisation des biogaz. L'auteur estime d'ailleurs que la production d'un produit nécessite de produire 26% de moins d'équivalent dioxyde de carbone en faisant appel aux matériaux recyclés qu'en utilisant des matières premières vierges.

De même, [Denison \(1996\)](#) observe que le recyclage génère moins de pollution des eaux que l'incinération pour 6 catégories de polluants hydriques sur les 8 polluants étudiés, et toujours moins que le stockage sans valorisation des biogaz. À nouveau, le bilan est négatif indiquant que le recyclage permet une réduction nette des émissions de polluants hydriques.

De surcroît, le recyclage est également une gestion des déchets intéressante puisqu'il diminue les émissions de polluants acidifiants, 5 fois plus que l'enfouissement des déchets avec valorisation des biogaz notamment ([Morris, 2005](#)). Cette « économie » de pollution acidifiante contribue alors à limiter l'acidification et surtout son impact négatif sur la faune et la flore des milieux qu'elle affecte ([Craighill and Powell, 1996](#)). De la même manière, le recyclage permet d'atténuer l'eutrophisation aquatique et son impact négatif sur la faune

aquatique et la qualité de l'eau puisqu'il diminue l'émission de polluants eutrophiants, 13 fois plus que l'enfouissement avec valorisation (Morris, 2005).

Enfin, du point de vue de la santé, le recyclage permet une réduction nette de la perte d'espérance de vie en bonne santé, c'est-à-dire que le recyclage permet un gain d'espérance de vie en bonne santé et ce gain est supérieur à celui obtenu dans le cas de l'enfouissement avec valorisation des biogaz (Morris, 2005).

Si le fonctionnement du recyclage tend à représenter un coût, le coût qu'il permet d'éviter conduit à le trouver favorable dans tous les aspects considérés (Denison, 1996; Morris, 2005). Le recyclage semble donc, lorsque possible, la gestion des déchets à privilégier mais est tributaire, le plus souvent, des comportements de tri des individus. L'incitation au tri devient alors un enjeu crucial.

Le comportement de tri

L'incitation des comportements de tri nécessite de comprendre les déterminants qui poussent les individus à trier. Comme pour n'importe quel comportement pro-environnemental, différentes catégories de facteurs influencent le choix pour un individu de trier ses déchets et donc de permettre le recyclage. Barr et al. (2003) distinguent notamment 3 groupes de variables : les valeurs environnementales, les facteurs contextuels et les variables psychologiques.

Les valeurs environnementales

Barr et al. (2003) définit cette catégorie comme traduisant l'intérêt que l'individu porte à l'environnement et à quel point il l'intègre dans sa vision du monde.

À partir des réponses d'un individu à différentes affirmations, il est possible de construire une échelle de mesure de l'intérêt environnemental qui traduit l'importance qu'un individu accorde à l'environnement dans sa vision du monde. L'échelle associe donc une valeur à chaque individu, ce qui permet ensuite d'intégrer l'échelle comme variable explicative d'un modèle économétrique afin de déterminer ses effets. Parmi les échelles mesurant l'intérêt pour l'environnement, se trouve le Nouveau Paradigme Environnemental (NEP) (Dunlap and Van Liere, 1978; Dunlap et al., 2000), mesure de l'attitude environnementale la plus utilisée (Stern et al., 1995; Hawcroft and Milfont, 2010). Basée sur 12 échelles de Likert en réponse à des affirmations concernant la relation entre l'Homme et l'environnement (Dunlap and Van Liere, 1978), puis 15 dans sa version révisée (Dunlap et al., 2000), la NEP semble positivement associé au recyclage : Vining and Ebreo (1992) indiquent que les individus qui recyclent sont associés à un score plus élevé sur l'échelle NEP que ceux qui ne recyclent pas. Autrement dit, ceux qui recyclent semblent intégrer davantage l'en-

vironnement dans leur vision du monde que ceux qui ne recyclent pas. Les auteurs notent cependant que l'écart entre les deux catégories est trop faible pour traduire des valeurs diamétralement opposées mais indique plutôt une différence dans le degré d'intégration de l'environnement. Ce résultat rejoint celui de [Dunlap and Van Liere \(1978\)](#) qui indiquaient une adhésion générale à la NEP dans leur échantillon, notant cependant une adhésion à la NEP plus forte chez les membres d'une organisation environnementale. [Dunlap et al. \(2000\)](#) semblent à nouveau observer une corrélation positive entre la version révisée de la NEP et les comportements pro-environnementaux : un score NEP élevé semble associé à la déclaration de davantage de comportements pro-environnementaux. De même, [Cordano et al. \(2003\)](#) observent que des hauts scores NEP sont associés à des intentions de comportements pro-environnementaux. Cependant, la relation entre les intentions de comportements pro-environnementaux et les comportements pro-environnementaux effectivement adoptés n'est pas forcément systématique. Les auteurs estiment alors que l'adhésion à la NEP pourrait être une prédisposition aux comportements pro-environnementaux, sans être une garantie.

Même parmi les individus ayant un intérêt environnemental marqué, [Thompson and Barton \(1994\)](#) distinguent 2 motivations parmi d'autres susceptibles d'expliquer le fait d'adopter une attitude positive envers l'environnement : l'écocentrisme, qui accorde une valeur intrinsèque à la nature, et l'anthropocentrisme, qui valorise la nature pour les bénéfices qu'elle offre à l'homme. Les auteurs observent que l'écocentrisme est positivement corrélé à l'adoption de comportements pro-environnementaux dont le recyclage des canettes, la réutilisation des sacs plastiques et le fait d'éviter les générateurs aérosols.

Les facteurs de contexte

Ici, les variables situationnelles décrivent la situation dans laquelle l'individu se trouve au moment de sa prise de décision, tant au niveau des services mis à disposition que des facteurs sociodémographiques.

De manière assez intuitive, l'accès à un ramassage en porte-à-porte des déchets recyclables apparaît comme incitatif au tri et donc au recyclage : ceux qui y ont accès semblent associés à des taux de recyclage supérieurs à ceux qui n'y ont pas accès ([Derksen and Gartrell, 1993](#); [Jenkins et al., 2003](#)). En effet, le coût d'opportunité du temps consacré au recyclage semble avoir un impact significatif sur le recyclage des ménages : plus il augmente, moins l'individu est incité à trier puisque consacrer son temps à autre chose tend à être plus intéressant ([Jakus et al., 1996](#); [Halvorsen, 2008](#)). Il est donc assez logique que tout ce qui facilite le recyclage en termes de temps et de praticité soit incitatif au recyclage. De même, [Ferrara and Missios \(2012\)](#) observent que la présence d'un ramassage en porte-à-porte incite au recyclage, tout comme la mise en place d'un point de collecte

des déchets recyclables. Les auteurs notent également que le ramassage en porte-à-porte tend à être préférable au point de collecte. Au prisme du coût d'opportunité du temps de recyclage, ce résultat s'explique aisément par le fait que le point de collecte nécessite davantage de temps puisqu'il faut faire le déplacement soi-même.

Outre la facilitation de la participation au recyclage, une grande partie de la littérature s'intéresse aux incitations monétaires. Une de ces incitations monétaires au recyclage est un système de paiement à l'unité. Dans ces systèmes de *pay-as-you-throw* (PAYT), traduisible par « payez tant que vous jetez », les ménages payent un montant proportionnel au poids, au volume ou à la fréquence des déchets en mélange qu'ils génèrent. Les ménages sont alors incités à trier leurs déchets ou à composter, voire même à exiger des produits avec moins d'emballages afin de réduire leur facture (Fullerton and Kinnaman, 1994). En se basant sur 25 études estimant l'élasticité-prix d'un système de paiement à l'unité dans le cas des déchets, (Bel and Gradus, 2016) observent une élasticité-prix moyenne négative : plus le prix unitaire augmente, plus la génération de déchets en mélange diminue. De même, les auteurs notent également qu'un système de paiement à l'unité basé sur le poids semble plus efficace qu'un système de paiement à l'unité basé sur le volume. Reste alors à déterminer si la baisse de déchets en mélange se traduit bien en une augmentation du recyclage. Sans distinction du type de système de prix à l'unité, Miranda (1993) semble indiquer que oui puisqu'elle observe une diminution des déchets en mélange et une augmentation des déchets mis au recyclage suite à l'implémentation d'un système de prix à l'unité. Cependant, une crainte liée aux systèmes de paiement à l'unité est l'incitation à des comportements négatifs tels que les dépôts sauvages (Fullerton and Kinnaman, 1994; Hong, 1999) ou encore le fait de brûler ses déchets (Bel and Gradus, 2016) qui viendraient amoindrir le bénéfice de la mise en place d'un tel système.

Une autre incitation monétaire est le système de consigne. Ici, le consommateur va payer un supplément lors de l'achat d'un produit qui lui sera remboursé s'il ramène l'emballage du produit une fois consommé pour permettre son recyclage ou sa réutilisation. La consigne est une incitation monétaire qui ne déclenche pas les comportements négatifs précédemment évoqués puisque le paiement se fait au moment de l'acquisition du bien et que la seule façon de diminuer sa facture est de ramener la consigne (Walls, 2011). Ainsi, Viscusi et al. (2013) constatent qu'un système de consigne pour les bouteilles d'eau en plastique a un effet positif significatif sur le nombre de bouteilles recyclées. Selon ces mêmes auteurs, cet effet pourrait prendre la forme d'un saut discontinu et non pas progressif qui pourrait faire qu'un individu qui ne recyclait pas se mette à recycler assidûment. Le système de consigne est alors le moyen le plus efficace d'internaliser les coûts associés aux déchets puisqu'il incite sans générer de comportements négatifs (Ashenmiller, 2009) : ne pas recycler est coûteux pour le ménage, tout comme cet absence de recyclage est coûteuse pour l'environnement.

Parmi les facteurs contextuels, [Barr et al. \(2003\)](#) incluent également les variables sociodémographiques qui peuvent également participer à expliquer les comportements de tri. Les trois variables sociodémographiques les plus étudiées pour étudier les comportements de tri sont l'âge, l'éducation et le revenu ([Miafodzyeva and Brandt, 2013](#)). Dans la littérature, l'effet de l'âge sur le comportement de tri est ambiguë : certaines études ne trouvent pas de relation significative ([Corral-Verdugo, 1996](#); [Do Valle et al., 2004](#); [Vining and Ebreo, 1990](#)) tandis que d'autres observent que l'âge accroît la probabilité qu'un individu recycle ([Vining and Ebreo, 1990](#); [Lansana, 1992](#); [Derksen and Gartrell, 1993](#); [Belton et al., 1994](#); [Scott, 1999](#); [Vencatasawmy et al., 2000](#); [Guerin et al., 2001](#); [Hage et al., 2009](#)). De même, l'éducation semble avoir un impact positif sur le recyclage ([Lansana, 1992](#); [Derksen and Gartrell, 1993](#); [Vencatasawmy et al., 2000](#); [Guerin et al., 2001](#)), même si ce résultat n'est pas observé dans toutes les études ([Vining and Ebreo, 1990](#); [Corral-Verdugo, 1996](#); [Owens et al., 2000](#); [Do Valle et al., 2004](#)). La relation entre le recyclage et le revenu fait un peu moins l'objet de débat ([Schultz et al., 1995](#)) : un revenu élevé semble inciter au recyclage ([Jacobs et al., 1984](#); [Vining and Ebreo, 1990](#); [Oskamp et al., 1991](#); [Guerin et al., 2001](#)).

Enfin, les facteurs contextuels permettant d'expliquer les comportements de tri comprennent également la connaissance ([Barr et al., 2003](#)). En ce qui concerne la connaissance, [Schahn and Holzer \(1990\)](#) distingue la connaissance abstraite et la connaissance concrète : la première concerne la connaissance générale sur l'environnement et ses problématiques tandis que la deuxième porte sur une connaissance locale, c'est-à-dire la connaissance des problématiques environnementales locales et des informations sur les services à disposition. Les résultats des auteurs ne sont pas les résultats qu'ils attendaient : ils ne trouvent qu'une faible influence significative positive de la connaissance concrète sur les actions qu'un individu fait pour lutter contre la pollution environnementale, et uniquement dans le groupe des environnementalistes. En revanche, ils observent que la corrélation entre ce qu'un individu se dit prêt à faire pour lutter contre la pollution environnementale et les actions qu'un individu fait pour lutter contre cette même pollution est supérieure lorsque l'individu a une connaissance concrète élevée. Ils interprètent ce résultat comme indiquant que la connaissance concrète est une condition nécessaire à la réalisation d'un comportement de lutte contre la pollution environnementale. Pour leur part, [Oskamp et al. \(1991\)](#) incluent dans leur variable *conservation knowledge* des connaissances abstraites et concrètes et observent une influence positive et significative de cette variable sur la prédiction du comportement de recyclage.

[Vining and Ebreo \(1990\)](#) se concentrent sur la connaissance concrète et notent que celle-ci semble avoir un effet positif sur le recyclage : ils observent que les gens qui recyclent connaissent mieux les types de matériaux recyclables localement et ont davantage entendu parlé des systèmes de consignes et des points de collecte locaux. Ils attirent

l'attention sur l'importance de déterminer si les informations n'atteignent jamais les personnes qui ne recyclent pas ou si elles ne sont pas retenues par ces derniers. Dans ce dernier cas, les auteurs avancent deux hypothèses : les individus qui ne recyclent pas ne retiennent pas ces informations parce qu'elles ne leur sont pas utiles ou parce qu'elles risquent de créer une dissonance. En effet, savoir trier et ne pas le faire menacerait leur vision d'eux en tant que membre responsable de la communauté. [Barr and Gilg \(2005\)](#) notent également qu'une connaissance concrète influence positivement la volonté de recyclage et les comportements de recyclage. [Gamba and Oskamp \(1994\)](#), quant à eux, indiquent que les individus recyclant fréquemment sont significativement associés à une meilleure connaissance des matériaux recyclables par leur service de recyclage présent, mais également à une meilleure connaissance des matériaux recyclables par leur service de recyclage précédent. Une des principales barrières perçues au recyclage est le manque d'information ([De Young, 1990](#)), indiquant qu'effectivement, la connaissance est perçue comme nécessaire au recyclage.

Enfin, l'expérience a été étudiée en tant que variable situationnelle. Ainsi, [Knussen et al. \(2004\)](#) indiquent que le fait d'avoir recyclé dans le passé influence positivement et significativement l'intention de recycler. De même, [Goldenhar and Connell \(1993\)](#) observent que l'expérience passée de recyclage des journaux influence positivement et significativement à la fois l'intention de recycler mais également le comportement de recyclage. En distinguant les échantillons par sexe, ils notent que, pour les femmes, l'expérience passée influence positivement et significativement l'intention de recyclage et que cette même intention de recyclage influence positivement et significativement le comportement. Cependant, ils n'observent pas d'effet direct entre l'expérience passée et le comportement de recyclage pour les femmes. En revanche, pour les hommes, le lien direct entre l'expérience passée et le comportement existe et il est positif et significatif. Les auteurs n'observent, cependant, pas d'effet significatif de l'expérience passée sur l'intention de recyclage, ni de l'intention de recyclage sur le comportement de recyclage. [Xu et al. \(2017\)](#) répliquent leur premier résultat : l'expérience passée de recyclage influence directement l'intention de recyclage mais aussi le comportement de recyclage. Globalement, de nombreuses études s'accordent à dire que l'expérience passée de recyclage a un effet positif significatif sur les comportements de recyclage ([Boldero, 1995](#); [Cheung et al., 1999](#); [Terry et al., 1999](#); [Pakpour et al., 2014](#); [Şenyurt, 2018](#)). Cette relation positive entre l'expérience passée et le comportement de recyclage indique que le choix de trier ses déchets s'inscrit dans une démarche à long terme.

Les variables psychologiques

Les variables psychologiques de [Barr et al. \(2003\)](#) comprennent les traits de personnalité et les perceptions des individus.

Ainsi, [Ewing \(2001\)](#) indique que l'altruisme est positivement associée à la décision de recycler, contrairement à l'égoïsme qui y est associé négativement. Les auteurs mesurent ces deux traits par le biais d'échelles de Likert en réponse aux affirmations « *À quel point la collecte du recyclage aide à protéger l'environnement ?* » et « *À quel point la collecte du recyclage est gênant pour vous ?* » respectivement. De même, [Hopper and Nielsen \(1991\)](#) établissent que le recyclage peut être considéré comme un comportement altruiste au sens du modèle de [Schwartz \(1977\)](#). [Pinto et al. \(2019\)](#) distinguent l'altruisme pur et l'altruisme compétitif : dans le premier cas, l'individu qui agit par altruisme pur est prêt à des sacrifices personnels tels que son temps ou son argent pour le bénéfice d'autrui tandis que l'individu qui agit par altruisme compétitif veut accroître sa réputation ou son statut social. Dans leur enquête, les participants devaient inférer la motivation d'un individu au tri sélectif par le biais de 3 échelles de Likert d'affirmations tenant de l'altruisme pur et de 2 échelles de Likert d'affirmations tenant de l'altruisme compétitif. Les auteurs observent que les participants estiment que le recyclage est davantage motivé par l'altruisme pur.

Des motivations intrinsèques peuvent également être le moteur du comportements de tri. Ainsi, [De Young \(1985\)](#) construit une échelle de motivations intrinsèques et observe qu'en plus du fait que les participants approuvent, en moyenne, les motivations intrinsèques, ces dernières sont très positivement et significativement associées au recyclage. L'échelle de motivations intrinsèques est elle-même basée sur 5 échelles de Likert qui décrivent le recyclage comme quelque chose de naturel et de raisonnable et y associent également des sentiments positifs qui seraient intrinsèques au fait de recycler ou de voir les autres recycler. De même, [Czajkowski et al. \(2014\)](#) font l'étonnant constat que les individus qui trient déjà leurs déchets semblent avoir une nette préférence pour un tri en 5 catégories plutôt que 2 et une nette préférence pour un tri en 2 catégories plutôt qu'aucune alors même qu'il leur est indiqué que si les déchets étaient collectés non triés, ils seraient triés dans un centre de tri. Une explication possible que les auteurs avancent est que certains individus tirent un bénéfice du comportement de tri et apprécient de le faire eux-mêmes. [Czajkowski et al. \(2017\)](#) répliquent alors les résultats de [Czajkowski et al. \(2014\)](#) en complétant le questionnaire pour investiguer davantage la compréhension de ces résultats, ce que [Czajkowski et al. \(2014\)](#) ne pouvaient pas faire. Les auteurs concluent que la préférence pour le tri sélectif résulte d'une motivation intrinsèque incluant notamment que le tri est satisfaisant, que c'est un devoir moral et que tout le monde devrait le faire. De même, [Halvorsen \(2008\)](#) observe la satisfaction intrinsèque au recyclage par le biais d'une échelle de Likert traduisant le degré d'accord des participants à la motivation

au recyclage « *Le recyclage est une activité plaisante en soi* ». L'auteur observe que la satisfaction intrinsèque au recyclage est une incitation au recyclage de 4 des 6 matériaux étudiés.

Cependant, la satisfaction liée aux comportements de tri est à mettre en relation avec la littérature du *warm-glow feeling* (Andreoni, 1990), traduit par « le plaisir de donner », que Clark et al. (2003) définissent comme le sentiment positif qu'un individu perçoit en ayant un comportement pro-environnemental, indépendamment de son effet. En effet, la satisfaction ressentie lors du tri peut résulter du divertissement de l'activité tout comme du *warm-glow feeling* qu'elle procure. Ainsi, pour Halvorsen (2008), le *warm-glow feeling* résulte du fait de participer à une cause juste, qu'il étudie par le biais d'une échelle de Likert indiquant l'accord de l'individu à la motivation au recyclage « *Je veux contribuer à un meilleur environnement* ». Il observe alors que la satisfaction de participer à une cause juste est également incitative pour 3 des 6 matériaux étudiés. En revanche, pour Brekke et al. (2010), le *warm-glow feeling* est le bénéfice qu'un individu tire d'une image positive de lui-même. Cette image peut être caractérisée comme positive lorsqu'elle est en accord avec une norme morale et négative lorsqu'elle ne l'est pas. Dans le cas du recyclage, Ferrara and Missios (2012) renseignent que 88% des individus de leur échantillon sont d'accord avec la motivation au recyclage « *Trier est un devoir civique* », ce qui semble indiquer que le recyclage est associé à une norme morale. S'y conformer rapprochera donc l'individu de son idéal moral et lui donnera une image positive de lui-même, ce qui devrait l'inciter à recycler (Brekke et al., 2003). Et effectivement, Ferrara and Missios (2012) observent que la motivation devoir civique est une incitation au recyclage de 3 matériaux sur les 5 étudiés. De même, Brekke et al. (2010) indiquent une corrélation positive et significative entre le fait d'être partiellement ou complètement d'accord avec « *Je ressens une responsabilité à recycler le verre* » et le fait de recycler presque tous ou tous ses déchets de verre.

Le *warm-glow feeling* peut également découler d'une comparaison à la norme sociale. Miafodzyeva and Brandt (2013) définissent la norme sociale comme une norme à laquelle l'individu est exposée par ses proches et observent, en moyenne, une influence positive de la norme sociale sur les comportements de recyclage des ménages. En se conformant à la norme, l'individu bénéficie de l'approbation sociale tandis que lorsqu'il ne s'y conforme pas, il s'expose à la désapprobation des autres (Rege and Telle, 2004). Une norme sociale internalisée par un individu ne nécessite pas l'intervention des autres pour récompenser ou sanctionner l'action : respecter la norme sociale conduit à un sentiment d'estime de soi tandis que ne pas respecter la norme sociale génère un sentiment de culpabilité (Lindbeck, 1997). La recherche de l'estime de soi et l'évitement de la culpabilité sont autant de raisons qui peuvent alors motiver à entrer dans la norme sociale. Parmi les normes sociales, Cialdini et al. (1990) distinguent la norme descriptive et la norme injonctive, distinction largement adoptée par la littérature.

La norme injonctive découle de la perception que l'individu a des comportements approuvés ou désapprouvés par les autres (Geiger et al., 2019). Cette définition rejoint celle des normes subjectives de la Théorie du Comportement Planifié (TCP) (Ajzen, 1991) qui sont définies comme la pression sociale ressentie à adopter un comportement ou non et peuvent donc être interprétées comme des normes injonctives au sens de Cialdini et al. (1990) (White et al., 2009). La TCP prévoit qu'un comportement résulte de l'intention d'un individu à réaliser ce comportement. Cette intention est influencée par l'attitude de l'individu vis-à-vis du comportement, les normes subjectives et du contrôle du comportement perçu, c'est à dire la difficulté perçue du comportement (cf figure 2). Selon la TCP, les normes injonctives auraient donc un effet indirect sur le comportement : elles influencent l'intention de comportement qui, elle-même, influence positivement le comportement. Si certaines applications de la TCP au cas du recyclage ne semblent pas indiquer de relation significative entre les normes subjectives et l'intention de recyclage (Knussen et al., 2004; Tonglet et al., 2004; White et al., 2009; Whitmarsh et al., 2018), d'autres observent que les normes subjectives ont un impact positif significatif sur l'intention de recycler et donc, indirectement, sur le comportement de recyclage (Park and Ha, 2014; Poškus, 2015; Wan et al., 2017; Strydom, 2018).

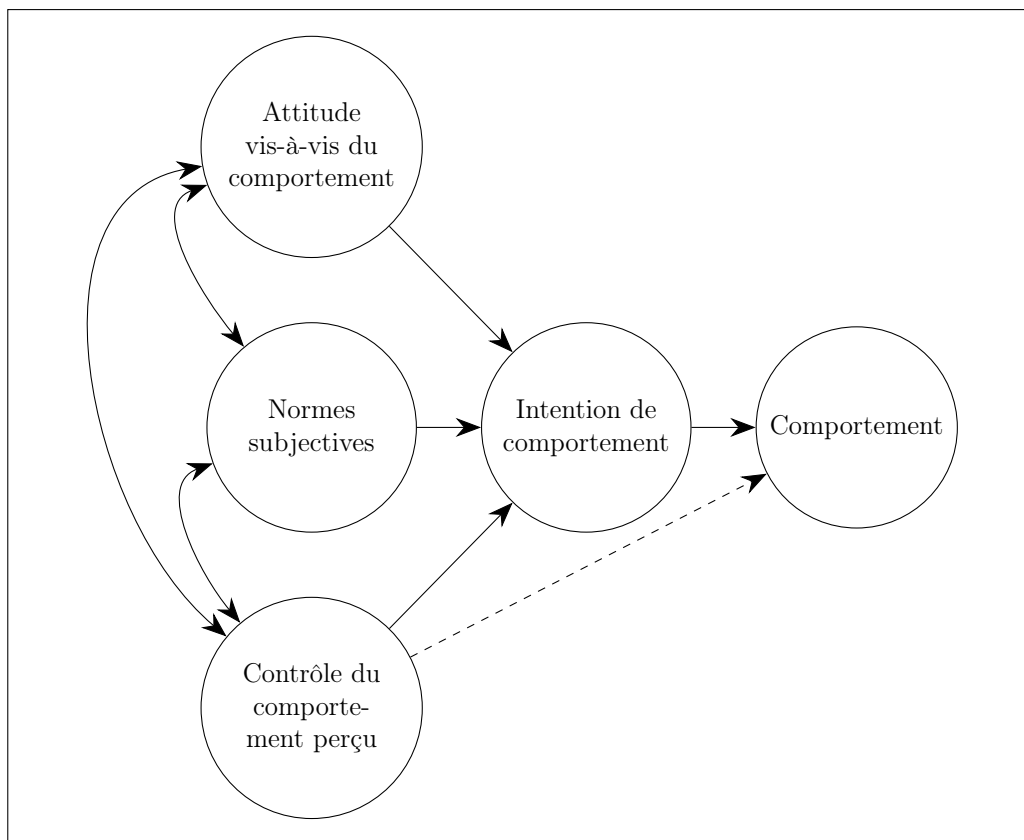


FIGURE 2 – Diagramme de la Théorie du Comportement Planifié (TCP) (Ajzen, 1991)

La norme injonctive peut provenir de plusieurs sources : [Vining and Ebreo \(1992\)](#) citent notamment la famille, les voisins, la communauté ou même la société au sens large qui peuvent servir de modèle ou lesquels laisser une mauvaise impression peut être désagréable pour l'individu. [Chan \(1998\)](#) intègre dans son analyse la norme injonctive globale, quelle que soit la source, et la norme injonctive de plusieurs sources. Pour chaque source, le participant devait indiquer sur une échelle de Likert son accord quant au fait que la source en question les incitait à utiliser des points de collecte de recyclage. D'un point de vue global, la norme injonctive était significativement plus forte pour les individus qui recyclaient assidument. Ces mêmes individus se distinguent également par une plus forte influence des magazines et journaux ainsi que des voisins. Si [Vining and Ebreo \(1989\)](#) notent que la pression familiale à recycler augmente significativement entre 1983 et 1986, cette motivation au recyclage n'en demeure pas moins considérée comme pas importante, en moyenne, tout comme la pression amicale à recycler qui, elle, ne varie pas significativement entre ces 2 années. De même, [Chan \(1998\)](#) note que les pressions amicale et familiale ne sont pas significativement différentes entre un individu qui recycle assidûment et un individu qui ne recycle pas ou peu. L'auteur observe également des corrélations positives significatives entre la norme injonctive globale et l'intention de recyclage et entre la norme injonctive globale et le recyclage. A contrario, [Matthies et al. \(2012\)](#) estiment que les sanctions de parents quand leurs enfants ne recyclent pas constituent des normes injonctives qui influencent significativement et positivement les normes subjectives de leurs enfants, qui elles-mêmes vont influencer positivement et significativement leur comportement de tri.

En revanche, la norme descriptive reflète la perception qu'un individu a du niveau de recyclage des autres ([Geiger et al., 2019](#)). En effet, le recyclage est une activité des uns qui peut être observée par les autres, notamment par la présence de poubelles à l'extérieur au moment de la collecte des déchets recyclables. Cette visibilité contribue à renforcer la norme et accentuer la pression sociale, ce qui influe positivement sur les comportements de recyclage des ménages ([Barr et al., 2001](#); [Wan et al., 2017](#)). [Nigbur et al. \(2010\)](#) et [White et al. \(2009\)](#) reprennent la TCP présentée précédemment et choisissent d'y incorporer les normes descriptives. Tous deux concluent à l'influence positive et significative des normes descriptives sur les intentions de recyclage. En revanche, si [Nigbur et al. \(2010\)](#) indiquent que les normes descriptives incitent également significativement au comportement de tri, [White et al. \(2009\)](#) n'observent pas cet effet significatif direct sur les comportements. Savoir que les autres recyclent est à l'origine d'une pression sociale que [Thomas and Sharp \(2013\)](#) estiment être plus incitative que celle créée par les normes injonctives.

Dans les facteurs psychologiques [Barr \(2007\)](#) incluent également l'efficacité personnelle, rapprochée du contrôle du comportement perçu de la TCP de [Ajzen \(1991\)](#) dont l'effet incitatif significatif sur l'intention de recyclage a largement été vérifié ([Tonglet](#)

et al., 2004; White et al., 2009; Nigbur et al., 2010; Park and Ha, 2014; Poškus, 2015; Wan et al., 2017), tout comme sur le comportement de recyclage même si ce dernier est souvent moins documenté (White et al., 2009; Poškus, 2015; Strydom, 2018).

Se percevoir capable de recycler semble donc incitatif mais encore faut-il que l'individu pense que son recyclage sera utile. En effet, une action individuelle a souvent tendance à être perçue comme peu ou pas efficace, ce qui pourrait être un frein au recyclage (Barr, 2007). Hopper and Nielsen (1991) regroupent cette conscience de l'efficacité du recyclage dans la variable *awareness of consequences*, traduisible par conscience des conséquences, et observe que celle-ci influence bel et bien le comportement de recyclage en amplifiant l'effet des normes de l'individu.

Dès lors que l'individu se sent capable de recycler et qu'il pense que le recyclage est pertinent pour améliorer l'environnement, il faut alors qu'il ait conscience de la nécessité d'améliorer l'environnement et donc qu'il ressente que son bien-être personnel serait menacé par la dégradation de l'environnement. Baldassare and Katz (1992) s'intéressent alors à l'effet d'une menace personnelle de l'environnement sur l'adoption de comportements pro-environnementaux. La menace personnelle de l'environnement mesurée par les auteurs consistait à poser la question suivante aux participants « *À quel point trouvez-vous les problèmes environnementaux tels que la pollution de l'air et de l'eau menaçants pour votre santé et votre bien-être aujourd'hui ?* » en leur proposant 3 réponses : « *pas trop menaçants* », « *légèrement menaçants* » ou « *très menaçants* ». Au final, les auteurs observent que la menace personnelle de l'environnement est non seulement significativement incitative au recyclage mais que l'ampleur de son effet est parmi les plus forts considérés.

Motivations et contributions de la thèse

L'identification des déterminants du tri rend possible l'incitation des ménages notamment par la mise en place de politiques adaptées. Tout d'abord, les variables socio-démographiques, sur lesquelles il n'est pas possible d'agir, permettent de déterminer les populations cibles prioritaires. La population cible est un critère crucial qui peut notamment influencer la stratégies à adopter : Viscusi et al. (2020) notent que certaines incitations ont des effets variables en fonction de la population visée. Ils prennent notamment l'exemple des consignes qui peuvent sembler dérisoires et donc peu incitatives pour des ménages à haut revenu, quand elles peuvent tout à fait convenir pour inciter le recyclage des ménages à revenu plus modeste.

Dès lors que la population cible est identifiée, comprendre pourquoi certains individus de la population recyclent donne l'occasion de tenter de recréer, pour d'autres individus, des conditions propices au recyclage. À l'inverse, identifier les barrières au tri est

nécessaire pour les faire disparaître au maximum. Ainsi, si l'absence de connaissance du comportement de tri semble freiner le recyclage de la population, communiquer davantage ou plus clairement sur les règles de tri contribuera à lever cette barrière. De même, lorsque le temps à consacrer au tri semble négativement perçu par la population, le réduire par le biais d'un ramassage des déchets recyclables en porte-à-porte semble pertinent.

Les moyens d'actions pour inciter au recyclage, outre la mise en place d'infrastructures, comprennent des campagnes de communication qui vont apporter des informations aux individus de la population. Elles peuvent notamment prendre l'apparence de *nudges*, ou « coups de pouce » en français, qui s'inscrivent dans le paternalisme libertaire : ils encouragent le comportement souhaitable pour la société sans annihiler la liberté de choix des individus (Thaler and Sunstein, 2008). Kirakozian (2016) précise que les *nudges* informent les individus sur le comportement adopté par le groupe, autrement dit la norme sociale alentour. Appliqué au recyclage, les *nudges* peuvent être incitatifs : Schultz (1999) observe qu'informer les individus du poids moyen de la collecte des différents matériaux de la semaine précédente, de la semaine actuelle, du poids moyen des différents matériaux collectés depuis le début de l'étude ainsi que du pourcentage de participation des ménages de la semaine semble augmenter significativement la fréquence de participation au recyclage et le poids des déchets recyclables collectés.

La littérature sur les facteurs influençant le comportement de tri continue de s'étoffer. En effet, de nombreux facteurs restent à découvrir et, même parmi ceux connus, l'étude de leurs interactions est nécessaire pour maximiser leur efficacité à moindre coût. Ainsi, les incitatives monétaires au recyclage peuvent être à l'origine d'un effet d'éviction sur les motivations intrinsèques Halvorsen (2008). En effet, dès les années 1990, Frey and Oberholzer-Gee (1997) observent que la réaction de résidents suisses à un projet de stockage de déchets nucléaires à proximité de leur habitation. Les auteurs notent que la mise en place d'une compensation monétaire, censée rendre le projet plus acceptable, rend, en réalité, les résidents moins favorables au projet. La compensation monétaire évincerait l'esprit civique qui poussait les individus à adhérer au projet en l'absence de celle-ci : accepter le projet ne relèverait plus du devoir civique mais d'un calcul économique qui les conduit à ne plus adhérer au projet. Cet effet a également déjà été observé dans le cas du tri : Han et al. (2016) observent que la mise en place de frais de collecte des déchets ménagers augmente le poids des déchets ménagers générés au lieu de diminuer ce même poids au profit des déchets mis au recyclage, ce qui semble indiquer un effet d'éviction des motivations intrinsèques.

Cette thèse participe donc à étoffer davantage la littérature sur les comportements de tri. La plupart des études portant sur le recyclage des ménages mesure l'intensité de recyclage d'un individu ou d'un ménage par le biais d'une variable qualitative ordinale qui prend une valeur élevée lorsque la proportion de déchets triés est élevée (Jenkins

et al., 2003; Kipperberg, 2007; Ferrara and Missios, 2012; Saphores and Nixon, 2014; Ferrara and Missios, 2016). L'étude du comportement de tri peut alors s'intéresser à l'intensité de tri dans son ensemble, c'est-à-dire sans distinction des matériaux, ou se focaliser sur l'intensité du tri d'un ou de plusieurs matériaux. Lorsque plusieurs matériaux sont considérés, les modèles mobilisés sont alors des modèles univariés pour lesquels les variables dépendantes considérées ne dépendent que de leurs propres variables explicatives. Autrement dit, les décisions de tri sont traitées comme des décisions indépendantes : un individu qui recycle un matériau n'a pas une probabilité spécifiquement plus ou moins forte d'en recycler un autre. Le chapitre 1 de cette thèse s'inspire de Ferrara and Missios (2016) qui, contrairement à l'écrasante majorité des études s'intéressant au recyclage de plusieurs matériaux, lie les décisions de recyclage des différents matériaux en les modélisent conjointement. En effet, les auteurs calculent un probit ordonné multivarié dont les variables dépendantes sont les intensités de recyclage de 6 matériaux (le verre, le plastique, les journaux, le carton, les canettes et les déchets alimentaires).

L'atout majeur d'une spécification multivariée, par rapport à un modèle univarié, est qu'elle rend possible la corrélation entre les termes d'erreur, c'est-à-dire qu'elle tient compte de l'existence de potentielles variables inobservables qui influencent conjointement les variables dépendantes. Ce faisant, les résultats du modèle multivarié sont enrichis de la prise en compte de la corrélation des termes d'erreur et peuvent diverger de ceux du modèle univarié. Ainsi, Ferrara and Missios (2012) observent des différences en termes de valeur et de significativité des coefficients entre un modèle probit multivariés portant sur le recyclage de 5 matériaux (verre, plastique, métal, papier et déchets alimentaires) et ses équivalents univariés. L'intuition derrière la spécification multivariée est alors que le comportement de tri est un engagement unique duquel découle le recyclage des autres matériaux. Un individu qui recycle un matériau aura donc une probabilité plus forte d'en recycler un autre.

En utilisant les données de l'enquête « Politique d'environnement et comportement des ménages » de 2011 de l'OCDE, nous avons étudié l'intensité de recyclage relative de 3 matériaux (plastique, métal et papier) par le biais d'un probit ordonné multivarié dont les variables explicatives sont des caractéristiques du ménage, la motivation au recyclage « devoir civique » et différentes politiques de gestion des déchets. Pour chaque matériau, l'intensité de recyclage considérée est relative puisque nous distinguons :

- les non-recycleurs, qui présentent une proportion de recyclage du matériau dans les 25% les plus faibles de l'échantillon,
- les recycleurs modérés, pour qui la proportion se situe entre le premier et le deuxième quartile,
- et les recycleurs assidus, qui recyclent le matériau plus que 50% des individus de

l'échantillon.

Cependant, [Greene \(2011\)](#) indique que, dans le cas d'un modèle probit ordonné univarié, l'interprétation des coefficients du modèle ne doit pas se faire directement et nécessite des calculs supplémentaires. Cette recommandation nous semblant également pertinente dans le cas d'un modèle probit ordonné multivarié, nous avons calculé les probabilités conditionnelles associées au modèle. Le calcul de ces dernières nous permet d'observer qu'effectivement, si un individu recycle assidûment deux matériaux, il est plus probable qu'il recycle également assidûment le troisième matériau. Et inversement, si un individu ne recycle pas deux matériaux, il est plus probable qu'il ne recycle pas non plus le troisième matériau. Ces résultats semblent confirmer l'intuition que les individus tendent à décider de recycler en amont et appliquent ensuite cette décision, sans grande distinction du matériau.

Afin de clarifier encore plus l'interprétation des coefficients, nous avons également calculer les effets marginaux de toutes les variables explicatives sur les probabilités conditionnelles. Ainsi, ces calculs supplémentaires ont mis en évidence l'effet indirect de certaines variables sur l'intensité de recyclage de certains matériaux. Par exemple, alors que la mise en place d'un ramassage en porte-à-porte du métal n'est pas une variable explicative de l'intensité de recyclage du papier/plastique, elle a un effet négatif significatif sur la probabilité conditionnelle de recycler assidûment le papier/plastique et positif significatif sur la probabilité conditionnelle de ne pas recycler le papier/plastique, quelles que soient les intensités de recyclage des autres matériaux. Ces résultats semblent donc indiquer que, contrairement à ce que l'interprétation directe du modèle aurait pu laisser croire, mettre en place un ramassage en porte-à-porte du métal n'accroît pas le recyclage du métal en plus des autres efforts mais aurait plutôt tendance à se traduire par une réallocation de l'effort aux dépens du papier et du plastique. L'absence de prise en compte de tels effets indirects peuvent alors conduire les décideurs publiques à surestimer le bénéfice d'une politique de gestion des déchets et résulter en une inefficacité à accroître les efforts de tri.

Les contributions du chapitre 1 sont donc empiriques mais également méthodologiques. En effet, si elles contribuent à renseigner la littérature des comportements de tri par des résultats complexes qui exploitent l'interaction entre les intensités de recyclage des différents matériaux, elles sont également l'exemple de la nécessité de compléter un modèle probit ordonné multivarié de calculs supplémentaires afin de comprendre pleinement la richesse des résultats qu'il offre.

Le chapitre 2 persiste dans la démarche empirique de l'étude des comportements de tri. Comme évoqué précédemment, les années 1970 sont marquées par les conclusions du rapport *Halte à la croissance ?* [Meadows et al. \(1972\)](#) qui annoncent un effondrement économique et démographique si les tendances actuelles se poursuivent, causant une

prise de conscience écologique qui coïncide avec l'accroissement des taux de recyclage aux Etats-Unis (USEPA, 2019). Cette observation semblerait donc indiquer qu'une attitude positive vis-à-vis de l'environnement pourrait être incitative aux comportements pro-environnementaux. L'exploration de cette hypothèse nécessite alors un outil permettant d'étudier l'attitude vis-à-vis de l'environnement.

L'échelle NEP (Dunlap and Van Liere, 1978; Dunlap et al., 2000), mesure de l'attitude vis-à-vis de l'environnement la plus répandue, quantifie l'adhésion au nouveau paradigme environnemental qui intègre davantage l'environnement dans sa vision du monde. Cependant, la dimensionnalité de l'échelle demeure le sujet de débats tant dans sa version initiale que dans sa version révisée (Edgell and Nowell, 1989; Lefcourt, 1996; Noe and Snow, 1990a,b; Bechtel et al., 2006; Xiao and Dunlap, 2007; Dunlap, 2008; Veisten et al., 2014), certains auteurs allant même à considérer chacune de ses facettes³ comme des échelles distinctes (Arcury, 1990; Vining and Ebreo, 1992; Ebreo et al., 1999). Dunlap et al. (2000) recommandent alors d'analyser la NEP dans chaque échantillon l'utilisant, afin de déterminer sa dimensionnalité et s'il est plus pertinent de la considérer comme une échelle unique ou plusieurs échelles.

Notre utilisation de la NEP a été dans le cadre d'une expérience de choix multiples à laquelle ont été soumis les passagers de ferrys dans les ports d'Ajaccio, Livourne et Cagliari en 2019. L'étude des corrélations corrigées entre chaque élément et l'échelle total révèle que certains éléments de l'échelle avait une corrélation élément-échelle inférieur au seuil acceptable (De Vaus et al., 2002; Squires et al., 2011) et semblaient donc se distinguer de la majorité des autres éléments. Et effectivement, l'exclusion de chacun des éléments améliore le coefficient alpha de Cronbach du reste de l'échelle, mesure de la consistance interne. Les éléments se distinguant se trouvent être majoritairement les éléments que Dunlap et al. (2000) définissent comme la facette « limite de la croissance ».

En approfondissant l'analyse de l'échelle NEP par une Analyse en Composantes Principales (ACP), cette dernière a semblé révéler la présence de 4 facteurs. L'un de ces facteurs semble notamment associé à tous les éléments de la facette « limite à la croissance » ainsi qu'à 3 autres. Ces éléments considérés se distinguent à nouveau des autres puisqu'ils ne sont majoritairement pas associés à la première composante principale. Inversement, les éléments associés à la première dimension ne sont, pour la plupart, pas associés à la deuxième. Les deux composantes principales semblent donc mesurer deux attitudes différentes. L'attitude mesurée par la deuxième dimension semble être la croyance d'un individu qu'il peut agir sur le stock environnemental. L'ACP nous a ensuite permis de construire, pour cette composante principale, un indice pouvant ensuite être utilisé comme variable indépendante d'un modèle (Vyas and Kumaranayake, 2006) : la responsabilité de

3. la réalité des limites de la croissance, l'anti-anthropocentrisme, la fragilité de l'équilibre de la nature, le rejet de l'exemptionnalisme et la possibilité d'une crise écologique

stock.

L'expérience de choix multiples considérée visait à éliciter les préférences de tri à bord des passagers. Durant l'expérience, les organisateurs présentaient 12 séries de 4 scénarios différents (dont une option status quo) parmi lesquels le participant devait indiquer sa préférence. Chaque scénario était caractérisé par 4 attributs : les catégories de tri proposées à bord du ferry, la distance moyenne à un point de collecte, la fréquence de collecte des poubelles et l'augmentation du prix du billet. La préférence pour les différents niveaux des attributs est ainsi élicitée en partant de l'hypothèse que les individus choisissent l'alternative leur procurant le plus d'utilité, hypothèse centrale de la Théorie de l'Utilité Aléatoire (McFadden et al., 1973). Le modèle mobilisé dans notre étude est le modèle logit multinomial à coefficients aléatoires qui permet d'estimer des coefficients propres aux individus. En effet, il n'y a aucune raison pour que les préférences des individus soient les mêmes. Ce modèle nous permet alors de déterminer le Consentement À Payer (CAP) moyen pour chaque niveau possible de l'attribut ainsi que l'écart-type qui y est associé. En plus de ces coefficients aléatoires, nous avons intégré au modèle des coefficients fixes afin de mesurer l'influence de certaines variables, dont la responsabilité de stock, sur le CAP pour les différents niveaux des attributs.

La responsabilité de stock s'est avérée avoir un effet significatif sur le CAP de tous les niveaux des attributs, sauf un. Parmi les résultats que nous avons obtenu, l'un d'eux nous a semblé contre-intuitif : alors que nous supposions que la responsabilité de stock serait incitative et devrait donc générer un CAP supérieur pour accroître le nombre de catégories de tri, nous avons observé qu'une responsabilité de stock élevée est associée à un CAP plus faible que lorsque la responsabilité de stock est faible, pour chaque catégorie de tri proposée. Nous avons alors avancé une hypothèse pour expliquer ce résultat : les individus ayant une responsabilité de stock sont convaincus de l'importance et de la nécessité du recyclage et, en conséquence, rejettent une option qui laisserait le choix aux gens de ne pas recycler. En effet, mettre des poubelles de tri à disposition ne permet pas d'assurer le tri, juste de le rendre possible. Cette recherche de l'efficacité pourrait alors se traduire par un désamour pour l'offre de catégories de tri.

Inversement, les individus associés avec une responsabilité de stock faible sont associés à un CAP positif élevé. Une responsabilité de stock faible indique que l'individu considère que le stock environnemental est abondant ou qu'il est limité mais que l'homme n'est pas capable d'agir dessus. Pour cet individu, recycler est donc inutile ou inefficace. La préférence de ces individus pour le recyclage tend donc à montrer l'existence de motivations autre que l'utilité ou l'efficacité du recyclage, parmi lesquelles on peut citer l'altruisme impur (Andreoni, 1990; Halvorsen, 2004). Ainsi, un individu percevrait de l'utilité en étant vu comme responsable ou en se conformant à la norme. Cette hypothèse est d'autant plus vraisemblable que, dans le cas du ferry, le recyclage est public et donc visible de tous.

Notre modèle semble également indiquer que les individus ayant une forte responsabilité de stock semblent également prêts à davantage d'efforts : ils sont prêts à payer davantage pour introduire le tri dans un ferry et la distance moyenne au point de collecte qu'ils valorisent le plus est la plus éloignée. Ce résultat peut s'expliquer par le fait qu'ils perçoivent une nécessité au recyclage qui les rend moins sensibles à une baisse du coût du recyclage. Et effectivement, notre modèle nous permet d'observer que plus la responsabilité de stock est élevée, plus l'individu est indifférent entre une distance moyenne de 20 mètres et une distance moyenne de 10 mètres.

Enfin, le stock de responsabilité semble donc associé à un rejet d'une fréquence de collecte trop élevée. En effet, les individus associés à une responsabilité de stock préfèrent, dans l'ordre, une fréquence de collecte « toutes les heures », « toutes les deux heures » et « toutes les demi-heures ». Ce résultat semble indiquer qu'ils préfèrent une fréquence pas assez fréquente que trop. Une hypothèse que nous avançons est que les individus ayant une responsabilité de stock élevée sont peut être engagés dans une démarche « zero déchet » qui les conduit à produire moins de déchets et donc, remplir les poubelles moins rapidement. L'hypothèse alternative que nous proposons est que des poubelles vides peuvent être perçues comme une incitation à jeter et qu'un ramassage trop fréquent peut générer des gaspillages tels qu'un sac poubelle pas assez rempli.

Ce deuxième chapitre contribue donc à la littérature de la NEP et notamment sa dimensionnalité. Si nos résultats suggèrent que la NEP est composée d'une dimension dominante, il n'en demeure pas moins qu'au total, 4 composantes se distinguent. Et même au sein de la dimension dominante, nous avons observée que la facette « limite de la croissance » n'était pas significativement associée à celle-ci. La contribution de ce chapitre est également empirique puisqu'il met en évidence l'influence significative de l'attitude vis-à-vis du stock sur les préférences pour le tri et mériterait d'être approfondie. Enfin, dans une moindre mesure, notre étude indique qu'il existe d'autres motivations au recyclage que son utilité ou son efficacité et nous soupçonnons l'une d'elle d'être l'altruisme impur ([Andreoni, 1990](#); [Halvorsen, 2008](#)).

Le chapitre 3 de cette thèse reprend cette notion de stock sur lequel l'homme peut agir et son influence mais en mobilisant, cette fois-ci, des outils d'économie expérimentale. En effet, comme d'autres avant nous ([Bernauer and Koubi, 2006](#); [Owen et al., 2012](#)), nous avons envisagé l'environnement, et plus précisément la qualité environnementale, comme un bien public et nous l'avons étudié dans le cadre d'un jeu de bien public dans lequel la contribution des individus au bien public est le tri sélectif. Afin de tenir compte des limites physiques de l'environnement, la qualité environnementale de notre jeu présente la caractéristique d'être un stock qui décroît naturellement à cause de la pollution et dont la décroissance peut être minimisée par le recyclage. Malgré cette caractéristique de quantité limitée qui semble donc faire de la qualité environnementale un bien rival, et

donc un bien commun, le fait que le recyclage soit une contribution au stock et non une utilisation de celui-ci (Gintis, 2001) et le fait que tout le monde perçoit le même bénéfice de l'environnement (Apesteguia and Maier-Rigaud, 2006) nous ont conduit à privilégier le cadre d'un jeu de bien public au cadre d'un jeu de bien commun.

Le jeu de bien public est notamment marqué par la présence d'un dilemme social ressemblant fortement au dilemme du prisonnier (Cerutti, 2017). En effet, il est socialement préférable que les joueurs d'un même groupe contribuent autant que possible au bien public tandis qu'individuellement, chaque joueur peut être tenté de ne pas contribuer pour maximiser son intérêt personnel. Un individu adoptant ce comportement, c'est-à-dire ne contribuant pas, est appelé un passager clandestin dans la littérature puisqu'il espère bénéficier de la contribution des autres sans contribuer lui-même. La théorie économique prévoit alors que l'équilibre de Nash, dans lequel personne ne contribue, se réalisera, contrairement à l'équilibre de Pareto, dans lequel la coopération est maximale. L'adoption de la stratégie de l'équilibre de Nash est ce qui cause le problème des passagers clandestins : les contributions sont insuffisantes et conduisent le bien public à être sous-approvisionné par rapport à ce qui serait socialement optimal. Dans les faits, le bien public est effectivement sous-optimal mais la contribution moyenne au bien public n'est pas systématiquement nulle et se situe à mi-chemin entre les deux équilibres (Chamberlin, 1978; Marwell and Ames, 1979, 1980, 1981; Isaac et al., 1982). Le problème des passagers clandestins existe donc mais il ne semble pas aussi dramatique que ce que la littérature prévoit : certains joueurs n'adoptent pas la stratégie de l'équilibre de Nash.

Cependant, ce constat découle de l'étude statique des jeux de bien public et occulte la durabilité de la plupart des biens publics (Battaglini et al., 2014). La répétition des périodes permet de commencer à introduire une caractéristique dynamique aux biens publics dans le jeu et est supposée atténuer le problème des passagers clandestins puisqu'elle permet d'établir progressivement la confiance entre les individus (Schelling, 1960). Dans les faits, la répétition des périodes conduit au déclin des contributions au bien public, qui tendent alors vers l'équilibre de Nash, dans de nombreuses études (Isaac et al., 1982, 1984; Kim and Walker, 1984; Isaac and Walker, 1988). Le problème des passagers clandestins semblerait alors s'aggraver au fur et à mesure du jeu.

Une limite de cette dynamique de répétition des périodes est qu'elle ne permet de capturer que les effets d'une interaction répétée entre les joueurs. En effet, chaque période se répète à l'identique, indépendamment de l'historique des décisions. Pourtant, lorsque les joueurs choisissent de contribuer ou non au bien public, ils sont confrontés à un stock de bien public qui a été accumulé auparavant et qui va évoluer en fonction des décisions d'une période à l'autre (Battaglini et al., 2016). Et en ce sens, la littérature des jeux de bien public intégrant une telle durabilité du bien public est assez ténue. Fershtman and Nitzan (1991) sont parmi les premiers à modéliser le bien public sous la forme d'un

stock et observent une divergence théorique entre l'optimisation sociale et l'optimisation individuelle, indiquant à nouveau le problème des passagers clandestins. Plus précisément, ils estiment que le problème des passagers clandestins est aggravé par le cadre dynamique. En effet, les contributions à l'équilibre de Pareto dynamique sont supérieures à celles de l'équilibre de Nash en boucle ouverte, équivalent dynamique de l'équilibre de Nash statique. Ces dernières contributions sont elles-mêmes supérieures à celles de l'équilibre de Nash parfait au sens de Markov, équilibre privilégié par la littérature (Van Long, 2010) parce que plus vraisemblable.

A contrario, si Marx and Matthews (2000) et Duffy et al. (2007) admettent également la présence du problème des passagers clandestins dans un jeu de bien public dynamique, leurs résultats, théoriques et empiriques respectivement, semblent indiquer que la dimension dynamique allégerait le problème des passagers clandestins. En effet, Marx and Matthews (2000) observent qu'un tel cadre théorique offre davantage d'équilibres de Nash parfait au sens de Markov efficaces que le cadre statique. Duffy et al. (2007), quant à eux, constatent que la version dynamique d'un jeu présente des contributions supérieures à celles de la version statique.

Le problème du passager clandestin semble donc s'observer dans le jeu de bien public dynamique (Admati and Perry, 1991; Fershtman and Nitzan, 1991; Marx and Matthews, 2000; Duffy et al., 2007; Battaglini et al., 2016), la difficulté est alors de déterminer s'il existe sous forme aggravée ou adoucie.

L'expérience développée dans le chapitre 3 de cette thèse est donc un jeu de bien public dynamique qui explore l'influence de l'introduction d'une dynamique sous forme de stock. La construction de cette expérience s'inspire notamment du traitement *partenaires* du jeu de bien public d'Andreoni (1988), que l'auteur décrit comme « *typique de la plupart des expériences de bien public* », et du bien public sous forme de stock de Battaglini et al. (2016). Le traitement *partenaires* d'Andreoni (1988) sert notamment de référentiel sans stock mais ne peut être considéré comme un traitement *contrôle*, du fait d'un certain nombre de divergences. En effet, la situation sanitaire nous a poussé à réduire l'ambition de notre expérience en un pilote nécessitant une durée plus courte et moins de joueurs qu'une expérience en laboratoire d'économie expérimentale. Les paramètres de notre pilote sont donc très proches de ceux d'Andreoni (1988), à ceci près que notre jeu ne dure que 5 périodes au lieu de 10 et que les groupes sont composés de 4 joueurs au lieu de 5. Si 5 périodes semblent suffisantes pour observer un éventuel déclin des contributions, la diminution de la taille du groupes est censée être à l'origine de contributions au bien public inférieures (Diederich et al., 2016; Battaglini et al., 2016). Enfin, nos instructions contextualisent davantage le jeu : le bien public est identifié comme la qualité environnementale et la contribution est appelé l'effort de tri sélectif.

Notre expérience distingue deux traitements : le traitement *intermédiaire* et le trai-

tement *stock*. Dans ce dernier, les joueurs contribuent à la qualité environnementale qui prend la forme d'un stock. Ce stock a une valeur initiale et est naturellement décroissant. Les contributions des joueurs, sous la forme du tri sélectif, viennent limiter la diminution du stock. Pour le joueur, l'intérêt de maintenir le stock est alors d'accroître le revenu public, fonction croissante du stock, et le don fait à l'association de protection de l'environnement *The SeaCleaners*, qui dépend de la valeur du stock à la date finale. Le traitement *intermédiaire*, quant à lui, est une tentative de reproduction du traitement *partenaires* d'Andreoni (1988) en ajoutant la dimension de stock sans que celle-ci n'affecte directement le revenu des joueurs : le revenu du bien public de ce traitement est le même que celui d'Andreoni (1988) mais le stock final de bien public est converti en don à l'association.

Du fait des différents confinements liés à la pandémie Covid-19, l'expérience n'a pas pu être réalisée dans un laboratoire d'économie expérimentale et nous avons opté pour un pilote sur internet. L'échantillon total résultant n'est donc composé que de 31 observations⁴ pour lesquelles le recrutement n'a pas permis d'assurer la représentativité des données. Nous avons tout de même analysé les données afin de réfléchir à des améliorations en vue d'une expérience finale.

La comparaison des résultats obtenus lors du pilotes aux équilibres calculés de Pareto et de Nash parfait au sens de Markov, marqués par des contributions quasi-maximales et quasi-nulles respectivement, permet effectivement d'observer le problème des passagers clandestins : les contributions moyennes au bien public ne sont pas socialement optimales. Cependant, il n'est pas aussi dramatique que ce que la littérature prévoit : tous les joueurs n'adoptent pas l'itinéraire de contributions de l'équilibre de Nash parfait au sens de Markov.

Si la littérature des jeux de bien public répétés s'illustre par le déclin des contributions, ce dernier ne s'observe dans aucun de nos traitements, ce qui semble indiquer que le problème des passagers clandestins y est adouci. De plus, les valeurs moyennes des contributions moyennes au bien public de nos traitements tendent à être supérieures, en pourcentage de l'optimum social, à celles des jeux de bien public statiques. De même, la comparaison au référentiel sans stock, le traitement *partenaires* d'Andreoni (1988), semble indiquer une divergence entre nos résultats et les siens, laissant supposer que le problème des passagers clandestins est adouci dans nos traitements.

Nos deux traitements ne présentant pas de différences significatives en termes de contributions au bien public, plusieurs pistes communes aux deux traitements sont envisagées pour expliquer l'adoucissement du problème des passagers clandestins :

- la valorisation finale du stock, convertie en don à l'association *The SeaCleaners*. Si cette composante altruiste incite à la contribution au bien public, l'altruisme postulé

4. dont 2 individus à réponses simulées

dans notre modèle est inadapté par sa valeur et sa constance. Nous avançons alors l'hypothèse que l'altruisme serait une fonction décroissante du stock final : plus le stock final est élevé, moins l'individu est sensible à une unité supplémentaire de stock final. Le stock final étant une fonction croissante de la contribution au bien public à la date t , l'altruisme serait alors une fonction décroissante de la contribution à la date t : à chaque période, la valorisation d'une unité de contribution supplémentaire diminuerait à mesure que l'effort individuel de tri augmente.

- un coût de dépossession. En effet, à la période initial, l'individu reçoit un stock qu'il peut avoir tendance à considérer comme un acquis. Ce faisant, la perte d'unité de stock peut représenter un coût marginal à l'investissement dans le compte privé qui peut décourager ce dernier. Ce coût marginal peut être une fonction décroissante du stock final, et donc des contributions à la date, tel que la perte d'une unité de stock final est de plus en plus coûteuse, à mesure que le stock final diminue.

Un altruisme ou un coût de dépossession décroissant du stock final entraînerait des contributions au bien public positive qui tendent à croître. Cette tendance à la hausse est une caractéristique non significative que présentait effectivement nos données. Prolonger le jeu lors de l'expérience finale permettrait d'observer si cette tendance se poursuit significativement ou d'exclure ces explications.

Enfin, il est à rappeler que la contextualisation dans notre jeu est supérieure à celle du jeu d'[Andreoni \(1988\)](#) et peut également être à l'origine d'une augmentation des contributions au bien public. Ce faisant, l'expérience en laboratoire découlant de notre chapitre 3 devrait intégrer un traitement *contrôle* adapté qui reprendrait le traitement *partenaires* d'[Andreoni \(1988\)](#) en le contextualisant afin de contrôler l'effet de la contextualisation sur les contributions. De même, les paiements au format non monétaires peuvent avoir rendu le compte privé moins attractif et avoir généré une hausse des contributions, en conséquent. L'expérience en laboratoire pourrait également corriger cet éventuel effet, en plus de permettre l'obtention de résultats plus fiables basés sur un échantillon de taille supérieure et représentatif.

Le chapitre 3 de cette thèse contribue donc à la littérature des jeux de bien public dynamiques en proposant le protocole d'une expérience de jeu bien public dans laquelle le bien public prend la forme d'un stock et dont la valeur finale est convertie en don à une association de protection de l'environnement. L'utilisation de ce protocole dans le cadre d'un pilote a ainsi permis d'apporter des pistes d'amélioration pour la réalisation d'une expérience en laboratoire basée sur ce protocole.

Chapter 1

Exploring in-depth joint pro-environmental behaviors: a multivariate ordered probit approach ¹

1.1 Introduction

Policy makers commonly wonder how to foster the level of households' commitment to pro-environmental behaviors. Of course, this legitimate question has inspired, and still inspires, lots of academic works, be in the field of political science, sociological science or in economics, to name but a few. From an economics standpoint, pro-environmental behaviors may be encouraged by monetary, as well as non-monetary incentives. When it comes to household recycling behavior, monetary incentives include deposit-and-refund systems, pay-as-you throw (PAYT) schemes or fines for households discarding recyclables (Bel and Gradus, 2016). For example, Viscusi et al. (2012) found convincing evidence that plastic water bottle deposits in the US can turn nonrecyclers into diligent recyclers. Non-monetary incentives range from improving accessibility of recycling services to providing information and even "nudges" to households (Kirakozyan, 2016). Likewise, a still growing strand of literature focuses on the role of social norms and attitudes on household recycling, besides economic instruments (Berglund, 2006; Halvorsen, 2008; Brekke et al., 2010; Czajkowski et al., 2014).

Thus, the identification of enablers and constraints to households' commitment to pro-environmental behavior is still of primary importance. Also, it requires appropriate data and appropriate data analysis techniques. Most of the time, the level of households' commitment to pro-environmental behaviors is measured through Likert-style ques-

1. This chapter is co-authored with O. Beaumais.

tions/items² and, in the case of household recycling behavior, through ordinal variables constructed from recycling intensities (Jenkins et al., 2003; Kipperberg, 2007; Ferrara and Missios, 2012; Saphores and Nixon, 2014; Ferrara and Missios, 2016). The vast majority of these studies relies on the estimation of *univariate* ordered logit models, with the recycling levels of various materials (glass, plastic, newspaper, cardboard, cans, food, metal, etc.) as dependent variables, which implies that the recycling levels are considered as unrelated, i.e., the recycling decisions are not jointly modeled. A noticeable exception is the recent paper of Ferrara and Missios (2016) who explicitly examine the relationship between waste prevention, waste recycling and waste disposal. Estimating a three-equation system, they allow the unobservables involved in each of the three behaviors to be correlated, as the error terms in the three corresponding equations are supposed to be jointly normally distributed. Likewise, they estimate a multivariate ordered probit model in order to capture possible correlations between the unobservables governing the level of recycling of five types of material.

We agree with Ferrara and Missios (2016) that allowing for such correlations is a necessary step to analyze joint recycling behaviors, more generally to analyze the level of households' commitment to pro-environmental behaviors. Consequently, we also propose to use the multivariate probit model for that purpose. However, estimating a multivariate probit model and checking for the significance of predictors is not sufficient enough to explore in-depth joint pro-environmental behaviors. Indeed, as H. (2011) notes, "without a fair amount of extra calculation, it is quite unclear how the coefficients in the [univariate] ordered probit model should be interpreted". What is true for the univariate ordered probit model is all the more true for the multivariate ordered probit model. Despite that, most, if not all, articles based on the estimation of multivariate probit models simply discuss the statistical significance of individual parameter estimates (including correlations between the unobservables, see Cirillo et al. (2017) for an application to vehicle ownership and use), without truly exploiting the richness of the underlying data-generating process.

Therefore, the purpose of the present article is both methodological and empirical. From a methodological viewpoint, we show how computing various quantities, such as joint probabilities, conditional probabilities, partial effects on these quantities *and the associated standard errors* considerably improves the initial picture resulting from the simple estimation of a multivariate ordered probit model. Of course, this methodological contribution is not limited to environmental economics. We think that it can be applied to other fields of economic analysis, where the study of joint behaviors matters, such as transportation economics, health economics or marketing research (see Kenne Pagui and

2. For example, "How concerned are you about the following environmental issues?", with five possible answers for each of the listed environmental issues: "Strongly Disagree, Disagree, Neutral, Agree, Strongly Agree".

Canale 2016 for an application to customer satisfaction data). From an empirical viewpoint, we show that joint recycling behaviors are indeed governed by common observable and unobservable variables, which results in subtle reallocation effects of the recycling effort.

The rest of the paper is organized as follows. Section 2 introduces the multivariate ordered probit model and shows how to derive some quantities of interest. Section 3 presents the data and the main results, whereas Section 4 offers some concluding insights.

1.2 Model

The multivariate ordered probit model can be viewed as a natural extension of the univariate ordered probit model (Greene and Hensher, 2010). Though it was initially developed for ordered categorical dependent variables, ordered-response systems are also used for count outcomes, notably in the transportation literature (Scott and Kanaroglou, 2002; Ferdous et al., 2010). Such multivariate model, for q outcomes, is specified in the seemingly unrelated regressions (SUR) q -equation system (1.1).

$$\begin{cases} y_{i,1}^* = x_{i,1}\beta_1 + \varepsilon_{i,1} \\ \dots \\ y_{i,q}^* = x_{i,q}\beta_q + \varepsilon_{i,q} \end{cases} \quad (1.1)$$

For individual i , each latent variable $y_{i,n}^*$ (for example the continuous individual recycling intensity for material n) is a function of a vector of independent variables $x_{i,n}$, a vector of parameters β_n and an error term $\varepsilon_{i,n}$ with $n = \{1, \dots, q\}$. Each error term follows a standard normal distribution $\varepsilon_{i,n} \sim \mathcal{N}(0, 1)$ and the multivariate distribution of the error terms is multivariate normal with mean 0 and *correlation* matrix R (remember that unrestricted variance parameters are unidentified, see Boes and Winkelmann (2006); Greene and Hensher (2010) in the following, Φ_R and ϕ_R denote, respectively, the cumulative and density of the multivariate normal with mean 0 and correlation matrix R).

$$\{\varepsilon_{i,1}, \dots, \varepsilon_{i,q}\} \sim \mathcal{N}(0, R)$$

$$\text{and } R = \begin{pmatrix} 1 & \rho_{12} & \dots & \rho_{1q} \\ \rho_{12} & 1 & \dots & \rho_{2q} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{1q} & \rho_{2q} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

with $\rho_{nn'}$ correlation coefficient between errors terms $\varepsilon_{i,n}$ and $\varepsilon_{i,n'}$.

Therefore, each latent variable is described by a linear equation and is linked to other latent variables through error terms which are assumed to be correlated across the equations. Consequently, the model accommodates both observable and unobservable common factors, respectively through the independent variables and the error terms included in the equations.

For the q -multivariate probit model, the relation between each latent continuous variable and each corresponding observed ordered discrete variable can be described by equation (1.2) and illustrated in Figure 1.1. Assuming the ordered variable $y_{i,n}$ can take value $j_n = \{j_{\text{inf},n}, \dots, j_{\text{sup},n}\}$, then:

$$y_{i,n} = j_n \text{ if } \delta_{(j_n-1),n} < y_{i,n}^* < \delta_{j_n,n} \quad (1.2)$$

where the δ 's are known in the literature as threshold or cutpoint parameters. Normalization requires that $\delta_{(j_{\text{inf},n}-1),n} = -\infty$ and $\delta_{j_{\text{sup},n},n} = +\infty$.

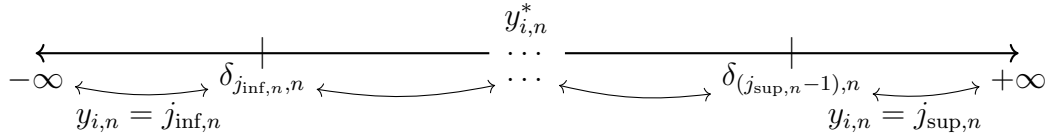


Figure 1.1 – Relation between latent variable and dependent variable

Within the multivariate ordered probit model, joint probabilities can appropriately measure engagement in joint behaviors. For example, if we are interested in the predicted probability of $y_{i,1}$ being equal to $j_{\text{sup},1}$ while $y_{i,q}$ being equal to $j_{\text{inf},q}$, such probability can be computed using the following expression (denoting the estimated coefficients as $\hat{\delta}$, $\hat{\beta}$):

$$\widehat{Pr}(y_{i,1} = j_{\text{sup},1}; y_{i,q} = j_{\text{inf},q}) = \int_{\hat{\omega}_{(j_{\text{inf},q}-1),q}}^{\hat{\omega}_{j_{\text{inf},q},q}} \int_{\hat{\omega}_{(j_{\text{sup},1}-1),1}}^{\hat{\omega}_{j_{\text{sup},1},1}} \phi_{R_{1,q}}(\varepsilon_{i,1}; \varepsilon_{i,q}) d\varepsilon_{i,1} d\varepsilon_{i,q} \quad (1.3)$$

with $\hat{\omega}_{p,n} = \hat{\delta}_{p,n} - x_{i,n} \hat{\beta}_n$

where $R_{1,q}$ is the relevant sub-matrix of R , i.e.,

$$R_{1,q} = \begin{pmatrix} 1 & \rho_{1q} \\ \rho_{1q} & 1 \end{pmatrix}$$

Likewise, focusing now on the trivariate case ($q = 3$ as in our empirical application, see below) equation (1.4) gives the predicted joint probability of $y_{i,1}$ being equal to j_1 , $y_{i,2}$ being equal to j_2 and $y_{i,3}$ being equal to j_3 .

$$\widehat{Pr}(y_{i,1} = j_1; y_{i,2} = j_2; y_{i,3} = j_3) = \int_{\hat{\omega}_{(j_3-1),3}}^{\hat{\omega}_{j_3,3}} \int_{\hat{\omega}_{(j_2-1),2}}^{\hat{\omega}_{j_2,2}} \int_{\hat{\omega}_{(j_1-1),1}}^{\hat{\omega}_{j_1,1}} \phi_R(\varepsilon_{i,1}; \varepsilon_{i,2}; \varepsilon_{i,3}) d\varepsilon_{i,1} d\varepsilon_{i,2} d\varepsilon_{i,3} \quad (1.4)$$

Furthermore, both equations (1.3) and (1.4) make it possible to compute conditional probabilities (trivariate case, again, without any loss of generality). Equation (1.5) describes the probability of $y_{i,3}$ being equal to j_3 given that $y_{i,1}$ is equal to j_1 and $y_{i,2}$ is equal to j_2 :

$$\begin{aligned} \widehat{Pr}(y_{i,3} = j_3 | y_{i,1} = j_1; y_{i,2} = j_2) &= \frac{\widehat{Pr}(y_{i,1} = j_1; y_{i,2} = j_2; y_{i,3} = j_3)}{\widehat{Pr}(y_{i,1} = j_1; y_{i,2} = j_2)} \\ &= \frac{\int_{\hat{\omega}_{(j_3-1),3}}^{\hat{\omega}_{j_3,3}} \int_{\hat{\omega}_{(j_2-1),2}}^{\hat{\omega}_{j_2,2}} \int_{\hat{\omega}_{(j_1-1),1}}^{\hat{\omega}_{j_1,1}} \phi_R(\varepsilon_{i,1}; \varepsilon_{i,2}; \varepsilon_{i,3}) d\varepsilon_{i,1} d\varepsilon_{i,2} d\varepsilon_{i,3}}{\int_{\hat{\omega}_{(j_2-1),2}}^{\hat{\omega}_{j_2,2}} \int_{\hat{\omega}_{(j_1-1),1}}^{\hat{\omega}_{j_1,1}} \phi_{R,1,2}(\varepsilon_{i,1}; \varepsilon_{i,2}) d\varepsilon_{i,1} d\varepsilon_{i,2}} \end{aligned} \quad (1.5)$$

It is important here to understand that the joint distribution involves *all the variables* included in *all the vectors* of independent variables ($x_{i,n}$) through the $\hat{\omega}_{p,n}$'s. Which means that, for example, even if a variable is not included in the $x_{i,3}$ vector of independent variables but is included in the $x_{i,1}$ vector of independent variables and/or in the $x_{i,2}$ vector of independent variables, it does actually influence the above conditional probabilities. Thus the calculation of partial effects of all the variables included in all the vectors of independent variables on all the conditional probabilities is potentially of great interest. Of course, when the correlation coefficients (ρ 's) are 0, the joint probabilities factor into the products of the marginals and the above expression simplifies:

$$\widehat{Pr}(y_{i,3} = j_3 | y_{i,1} = j_1; y_{i,2} = j_2) = \widehat{Pr}(y_{i,3} = j_3) \quad (1.6)$$

That case corresponds to a system of three *univariate* ordered probit models, which implies that the conditional probability in equation (1.5) is *no longer* influenced by independent variables that are *not* included in the $x_{i,3}$ vector.

The model can be estimated by full information maximum likelihood³. Thus, estimating the multivariate ordered probit model and computing the aforementioned quantities require the evaluation of multivariate normal integrals, which do not have closed-form solution, and have to be approximated by numerical methods. This involves high computational costs that can be further alleviated, for high q -dimensional integrals, by appro-

3. Note that [DeYoreo and Kottas \(2018\)](#) recently introduced a Bayesian nonparametric modeling approach for univariate and multivariate ordinal regression. This approach seems very promising in terms of inferential flexibility, but goes obviously beyond the scope of the present article.

appropriate approximations methods such as the pairwise or tripletwise likelihood approaches (Kenne Pagui and Canale, 2016; Hirk et al., 2019) or Genz approximation (Cirillo et al., 2017). For example, the pairwise approach proceeds by replacing the full likelihood by a pseudo-likelihood constructed from bivariate margins, resulting in clear gains of computation time and tractability, at the cost of a loss in efficiency, when compared with full likelihood (Kenne Pagui and Canale, 2016).

However, since the main objective of our paper is to demonstrate the feasibility and usefulness of calculating the aforementioned quantities, we have chosen a full likelihood approach, thus restricting, for the empirical application, the number of outcomes to three ($q = 3$, trivariate ordered probit model). We leave the cost-benefit analysis of using approximations methods in this context to further research. Partial effects on conditional probabilities are calculated as differences in predicted (conditional) probabilities. The associated standard errors have been computed by bootstrap, as suggested by Mullahy (2017)⁴.

1.3 Application

1.3.1 Data set

This article uses data from a periodic OECD survey: the Environmental Policy and Individual Choice (EPIC) survey and more precisely, the second round conducted in 2011. The questionnaire was developed considering the recommendations of national experts through an Advisory Committee. In order to ensure comparability between first and second rounds (respectively 2008 and 2011 surveys), the 2008 questionnaire was used as a basis and refinements were made. For example, if the five same topics (energy, food, transport, waste and water) are met in both surveys, the 2011 questionnaire asked respondents to estimate approximately the percentage of a material recycled by their household between 0 and 100% while the 2008 questionnaire suggested five answers: "0%", "25%", "50%", "75%" and "100%" (plus an opt-out option).

The full sample consisted of 12,202 observations from online household panels gathered by Global Market Insite. Between February and March 2011, the survey was conducted in 11 countries (Australia, Canada, Chili, France, Israel, Japan, Korea, Netherlands, Spain, Sweden and Switzerland) and the present paper focuses on the case of France which consists of a subsample of 1,007 observations. As the OECD performed several data checks (see for Economic Co-operation and Development 2014), we are confident that the

4. We used Stata MP 14. The trivariate model was estimated with `cmp` (Roodman, 2011) and the joint probabilities, conditional probabilities, marginal effects were computed using `mvnnormal` (Grayling et al., 2015).

data set is highly reliable.

1.3.2 Variables

As mentioned earlier, the respondents were asked to estimate the intensity of recycling for five materials (plastic, metal, paper, glass and food) out of which only the three most representative are explored in this paper (plastic, metal and paper). The dependent variable for each material reflects the household's level of recycling relatively to other households' through the assignment of 1 for "household's i recycling intensity is below first quartile / nonrecycler", 2 for "household's i recycling intensity is above first quartile but below second quartile / moderate recycler" and 3 for "household's i recycling intensity is above second quartile / diligent recycler". For example, if a dependent variable is equal to 3, it means that the household recycles that material relatively more than 50% of the households of the French sample and is thus considered as a diligent recycler. Notice that studies which analyze the intensity of recycling sometimes take the proportion of materials that is recycled as dependent variables (see, for example, Ferrara and Missios 2016). However, from a policy perspective, we consider that the level of households' commitment to recycling is better captured by ordinal variables as we define them⁵. Table 1.1 reports the Spearman rank correlations between the levels of commitment to the recycling of the three materials, along with 95% confidence intervals. The Spearman correlations are found to be highly significant, and positive, suggesting as expected that households engage actively in joint pro-recycling behaviors.

| | Plastic | Metal | Paper |
|---------|---|---------------|-------|
| | [95% confidence interval into brackets] | | |
| Plastic | 1 | - | - |
| Metal | 0.71 | 1 | - |
| | [0.68 ; 0.74] | | |
| Paper | 0.64 | 0.62 | 1 |
| | [0.60 ; 0.68] | [0.58 ; 0.66] | |

Table 1.1 – Spearman rank correlations

The independent variables of the model are described in Table 1.2. They were inspired by the independent variables in Ferrara and Missios (2012) and can be divided into three

5. This way of constructing our variables of interest probably leads us to waste some of the information provided by the raw data (recycling intensities). From this point of view, it would be relevant to estimate a multivariate version of the fractional response model introduced by Papke and Wooldridge (1996, 2008) by taking the recycling intensities of each of the three materials as dependent variables. However, in addition to the fact that we are not aware of any work based on the estimation of multivariate fractional response models for the study of pro-environmental behaviors, while many models explore these behaviors using ordinal regression analysis, this would take us away from our main objective, which focuses on the properties of the multivariate ordered probit model. We therefore leave the exploration of a multivariate version of the fractional response model to future work.

categories: household's characteristics, attitudinal variables and waste management policy variables.

| Variable | Description |
|---------------------------|---|
| Household characteristics | |
| <i>AGE_CLASS_18_24</i> | Age between 18 and 24 indicator |
| <i>AGE_CLASS_25_34</i> | Age between 25 and 34 indicator |
| <i>AGE_CLASS_35_44</i> | Age between 35 and 44 indicator |
| <i>INCOME_CONT</i> | Annual income after tax |
| <i>AREADESC_SUBURBAN</i> | Residence in a suburban indicator |
| <i>RESDYRS_2_5</i> | Living in residence for 2 to 5 years indicator |
| Attitudinal variables | |
| <i>DUTY_MOTIVE</i> | Civic duty motivation |
| Waste management policy | |
| <i>FLAT</i> | Flat fee indicator |
| <i>COLLFREQ_EVDAY</i> | Mixed waste collected everyday indicator |
| <i>RCYCLCOLDTD_PLST</i> | Door-to-door plastic collection service indicator |
| <i>RCYCLCOLDTD_MTAL</i> | Door-to-door metal collection service indicator |
| <i>RCYCLCOLDTD_PAPR</i> | Door-to-door paper collection service indicator |

Table 1.2 – Independent variables

The final model was selected based on the Bayesian Information Criterion (*BIC*). Our goal was to get a simple, yet effective, model to explore the joint pro-recycling behavior. Most of the variables are binary variables, notably household characteristics and waste management policy variables. *INCOME_CONT* is an exception, as it represents the household's annual income in euros. *DUTY_MOTIVE* is an attitudinal variable, captured by an eleven-point Likert variable, ranging from 0 indicating that the statement "I think it is my civic duty" is considered "not important" to 10 indicating that it is considered "very important" in motivating the respondent to recycle.

Table 1.3 provides summary statistics for the independent variables. According to our sample, door-to-door collection systems are common since 59% of households claim that their plastic waste are collected by door-to-door, 55% that their paper waste are collected by door-to-door while only 50% of them benefit from this service for metal waste. Likewise, mixed waste collection would appear to be mostly charged through flat fee. Not surprisingly, we observe that most of households' mixed waste are not collected everyday. On average, the respondents indicate that the civic duty motive is equal to 8 on the eleven-point Likert question and thus is perceived as an important motive to recycle.

1.3.3 Joint Pro-recycling Behaviors

The three-equation system (1.7) describes the latent variables system associated with an individual *i*'s recycling intensities for three materials respectively for "plastic (1)",

| Variable | Mean (std) |
|---|-----------------|
| Household characteristics | |
| Age between 18 and 24 indicator | 0.14 (0.35) |
| Age between 25 and 34 indicator | 0.15 (0.36) |
| Age between 35 and 44 indicator | 0.21 (0.41) |
| Income | 38,554 (17,376) |
| Residence in a suburban indicator | 0.22 (0.41) |
| Living in residence for 2 to 5 years indicator | 0.23 (0.42) |
| Attitudinal variables | |
| Civic duty motivation | 8.22 (1.90) |
| Waste management policy | |
| Flat fee indicator | 0.61 (0.49) |
| Mixed waste collected everyday indicator | 0.12 (0.32) |
| Door-to-door plastic collection service indicator | 0.59 (0.49) |
| Door-to-door metal collection service indicator | 0.50 (0.50) |
| Door-to-door paper collection service indicator | 0.55 (0.50) |

Table 1.3 – Summary statistics for independent variables

"metal (2)" and "paper (3)".

$$\begin{cases} y_{i,1}^* = x_{i,1}\beta_1 + \varepsilon_{i,1} \\ y_{i,2}^* = x_{i,2}\beta_2 + \varepsilon_{i,2} \\ y_{i,3}^* = x_{i,3}\beta_3 + \varepsilon_{i,3} \end{cases} \quad (1.7)$$

Estimation of the corresponding trivariate ordered probit model will allow us to calculate joint and conditional probabilities for an individual. As an example of the latter, if we assume that an individual is nonrecycler for plastic and metal, we can compute his/her probability of being a diligent recycler for paper. This probability may be or may not be lower for this individual than the same conditional probability for a diligent recycler of plastic and metal.

Such results might be interesting for decision-makers. Indeed, recycling policies are costly and not always coordinated between materials. Such barriers favor inertia and force authorities to focus on a particular material when seeking to improve recycling policy. Yet, most of the time, effects of a change for one material on other materials' recycling intensity are not taken into account and when they are, the existing levels of recycling are not considered. The decision-maker may then overestimate or underestimate the benefits of his investment. For example, the introduction of a specific material door-to-door service is expected to increase this material recycling intensity, but what about the other materials' recycling intensities? One can expect that the door-to-door service may awaken environmental concerns and lead to an increase in all recycling intensities but one can also expect that the time allocated to recycle this particular material will be

spent at the expense of the time allocated to other materials. Both effects may co-exist, but one may apply when existing recycling intensities are low and the other when existing recycling intensities are high. Conditional probabilities are then relevant to unravel the potential impacts of a recycling policy change.

1.3.4 Results

The results of the trivariate probit model are reported in Table 1.4. Notice, as recalled in the Introduction, that the significance of individual parameters does not say much on the significance of the marginal effects of variables on the joint/conditional probabilities of being nonrecycler, moderate recycler or diligent recycler, etc.

| Variable | Plastic coefficient (<i>std</i>) | Metal coefficient (<i>std</i>) | Paper coefficient (<i>std</i>) |
|--|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| AGE_CLASS_18_24 | – | – | –0.31*** (0.091) |
| AGE_CLASS_25_34 | 0.36*** (0.085) | 0.34*** (0.094) | – |
| AGE_CLASS_35_44 | 0.15** (0.075) | 0.22*** (0.082) | – |
| INCOME_CONT | – | – | –0.01** (0.002) |
| AREADESC_SUBURBAN | –0.12* (0.066) | – | –0.17** (0.080) |
| RESDYRS_2_5 | – | –0.22*** (0.070) | –0.21*** (0.074) |
| DUTY_MOTIVE | 0.14*** (0.019) | 0.16*** (0.021) | 0.15*** (0.021) |
| FLAT | 0.15*** (0.052) | – | – |
| COLLFREQ_EVDAY | – | –0.26*** (0.091) | –0.25** (0.098) |
| RCYCLCOLDTD_PLST | 0.26*** (0.064) | – | – |
| RCYCLCOLDTD_MTAL | – | 0.38*** (0.067) | – |
| RCYCLCOLDTD_PAPR | – | – | 0.39*** (0.020) |
| Cutpoint parameter | | | |
| $\delta_{1,n}$ | 0.69*** | 0.89*** | 0.42** |
| $\delta_{2,n}$ | 1.47*** | 1.63*** | 1.17*** |
| Correlation between the unobservables | | | |
| ρ_{1n} | – | 0.83*** | 0.77*** |
| ρ_{2n} | 0.83*** | – | 0.73*** |
| ρ_{3n} | 0.77*** | 0.73*** | – |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

Table 1.4 – Trivariate ordered probit model

First, the estimated coefficients of correlation between the unobservables⁶ governing

6. The degree of environmentalism of individuals might be one of the unobservables. For example, Kahn (2007) argues that the community's share of Green Party registered voters in California is a good proxy for environmentalism. He then shows, based on California data, that greens are more inclined to use public transport, consume less gasoline, and buy more hybrid vehicles.

the three levels of commitment to recycling (ρ 's) are found highly significant and positive, which supports the use of a multivariate ordered probit model to analyze the data. In line with the observed positive Spearman rank correlation, a random increase in the level of commitment to the recycling of any material tends to correspond to a random increase in the level of commitment to the recycling of all the other materials.

Second, of the household characteristics, age (18-24) seems to be only a significant predictor of the level of commitment to paper recycling while age (25-34) and (35-44) matter for plastic and metal. Income, which is often presented as a proxy of the opportunity cost of time spent recycling, appears to influence significantly and negatively the level of commitment to paper recycling. However, the interpretation of the income as reflecting the opportunity cost of time spent recycling has to be taken with caution. In a recent paper, using a discrete choice experiment approach, [Beaumais and Prunetti \(2018\)](#) show that the opportunity cost of recycling is highly heterogeneous across individuals, making it difficult to be captured by a single income coefficient. Both AREADESC_SUBURBAN and RESDYRS_2_5—describing the area of the residence as a suburban and living in the residence for 2 to 5 years—appear to have a clear significant negative effect on the commitment to recycling plastic and paper for the former and metal and paper for the latter.

Conversely, the civic duty motive acts significantly and positively on the level of commitment to the recycling of the three materials, which is in line with the findings of [Ferrara and Missios \(2012\)](#). This personal motive, based on social considerations, can be seen as a desire to behave responsibly.

Finally, we did not find evidence that PAYT schemes increase the level of commitment to recycling, which can be explained by the fact that, for now, PAYT is rarely implemented in France (about 4% of the respondents). Of the policy variables, door-to-door waste collection (availability of curbside disposal) improves the intensities of recycling, which, again, is in line with the previous literature (see, for example, [Ferrara and Missios 2012](#)).

Beyond these results, we now turn to the calculation of additional quantities, both to illustrate the richness of the multivariate ordered probit model and to assess the significance and magnitude of partial effects of the independent variables on the level of households' commitment to recycling of materials. Due to space limitation, we present *some* of the conditional probabilities (see equation (1.5)) in the text body, while the full results are given in Appendix A. Also, we only comment the marginal effects for one variable of each of the categories listed in Table 1.2, namely living in a suburban area, door-to-door metal collection services and civic duty motive, while all the marginal effects are given in Appendix B.

Table 1.5 provides the predicted conditional probabilities derived from the estimated

model for an average individual⁷. Each and every one of these probabilities are found highly significant. Of particular interest are the cases in which the given recycling levels are extreme (nonrecycler or diligent recycler): consistent with the intuition of linked recycling levels, the highest predicted probability is that the households' recycling level for the third material is the same as the others' (for example, $Pr(\text{nonrecycler} | (\text{nonrecycler} \wedge \text{nonrecycler}))$). We can also notice that the lowest probability is for the recycling level opposite to the two others (for example, $Pr(\text{diligentrecycler} | (\text{nonrecycler} \wedge \text{nonrecycler}))$). This can be interpreted as a commitment to recycling: once an individual chooses to be a diligent recycler or a nonrecycler for two materials, he is most likely to act in the same way for the third material. More generally, one can observe a consistency across recycling levels: given that the recycling levels for two materials are the same, the highest probability is that the third material is recycled at the same level as the others'.

In the extreme cases mentioned above, the highest and lowest conditional probabilities are around 0.850 and 0.010 respectively, with one exception: when the household is a plastic and metal nonrecycler, the conditional probabilities of commitment to paper recycling tend to be more equally distributed. This result may indicate that households dissociate more the paper recycling from the plastic and metal recycling.

| | | Probability of an household being a | | |
|--|-------------------|-------------------------------------|----------------------|----------------------|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... |
| given that the household is a plastic nonrecycler and a paper... | nonrecycler | 0.83 *** | 0.16 *** | 0.02 *** |
| | moderate recycler | 0.63 *** | 0.32 *** | 0.05 *** |
| | diligent recycler | 0.46 *** | 0.43 *** | 0.11 *** |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a paper... | nonrecycler | 0.41 *** | 0.45 *** | 0.14 *** |
| | moderate recycler | 0.27 *** | 0.49 *** | 0.24 *** |
| | diligent recycler | 0.15 *** | 0.46 *** | 0.39 *** |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a paper... | nonrecycler | 0.13 *** | 0.45 *** | 0.43 *** |
| | moderate recycler | 0.06 *** | 0.35 *** | 0.59 *** |
| | diligent recycler | 0.01 *** | 0.13 *** | 0.85 *** |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

Table 1.5 – Conditional probabilities of metal recycling

Looking at all the conditional probabilities, one can notice that if the household is a diligent recycler for at least one of two materials, the lowest probability tends to be that the household is a nonrecycler for the third material and, to a lesser extent, the highest probability tends to be that the household is a diligent recycler for the third material.

7. This average individual is not living in a suburban area, his mixed waste are not collected everyday and are charged through flat fee. He assessed civic duty to be equal to 8 on the Likert scale used to estimate the importance of this motive. His plastic, metal and paper wastes are collected by door-to-door services.

This can be seen as a ripple effect in which the commitment to be a diligent recycler for at least one material favors the recycling of another material. Likewise, an opposite ripple effect is found in the results: if a household is a nonrecycler for at least one of two materials, the lowest probability tends to be that the household is a diligent recycler for the third material.

It may be worth noting that the paper recycling level appears less effective than the plastic recycling level to predict the metal recycling level. Indeed, regardless of the paper recycling level, the predicted metal recycling level is almost always the same as that for the plastic.

Additionally, in order to clarify the interpretation of the coefficients, we compute partial effects (Tables 1.6, 1.7, 1.8). While living in a suburban area was not included in the metal equation in the estimated model, its marginal effects on the metal recycling level conditional probabilities were found significant and appear to increase the probability of being a metal diligent recycler. Conversely, though living in a suburban area was significant for plastic, no significant marginal effects were found for the plastic recycling level of our given individual. However, and as could have been expected according to the estimated model, the effect of living in a suburban area—when significant—is negative on the probability of being a diligent paper recycler.

| | | Marginal effects of residence being in an area described as a suburban on probability of an household being a metal... | | | |
|--|-------------------|--|----------------------|----------------------|--|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... | |
| given that the household is a plastic non recycler and a paper... | nonrecycler | -0.05 ** | 0.04 ** | 0.01 * | |
| | moderate recycler | -0.08 ** | 0.05 ** | 0.03 ** | |
| | diligent recycler | -0.08 ** | 0.03 ** | 0.04 * | |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a paper... | nonrecycler | -0.08 ** | 0.03 | 0.05 ** | |
| | moderate recycler | -0.06 ** | -0.01 | 0.07 ** | |
| | diligent recycler | -0.04 ** | -0.04 * | 0.08 ** | |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a paper... | nonrecycler | 0.04 ** | -0.04 * | 0.08 ** | |
| | moderate recycler | -0.02 ** | -0.05 ** | 0.08 ** | |
| | diligent recycler | -0.01 ** | -0.03 ** | 0.03 ** | |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

Table 1.6 – Suburban marginal effects on the commitment to metal recycling

Some marginal effects are strong enough to change the predicted behavior. For example, while an individual who is not living in a suburban (our average individual), who is a plastic nonrecycler and a paper diligent recycler is predicted to be a metal nonrecycler (highest predicted conditional probability, $Pr = 0.459$, see Table 1.5), an individual living in a suburban area, whose characteristics, in all other respects, are identical to

those of our average individual, who is a plastic nonrecycler and a paper diligent recycler, is predicted to be a metal moderate recycler (highest predicted conditional probability, $Pr = 0.427 + 0.034$, see Table 1.5 and Table 1.6). This result illustrates the fact that, within the multivariate ordered probit model, a variable can have strong effects on the predicted recycling behavior for a given material while not included as an explanatory variable in the individual equation for that material. As mentioned above, this is due to the fact that joint probabilities actually include all the model variables.

| | | Marginal effects of a door-to-door metal collection on probability of an household being a metal... | | | | | |
|--|-------------------|---|-----|----------------------|-----|----------------------|-----|
| | | nonrecycler.. | | moderate recycler... | | diligent recycler... | |
| given that the household is a plastic non recycler and a paper... | nonrecycler | -0.12 | *** | 0.10 | *** | 0.01 | *** |
| | moderate recycler | -0.21 | *** | 0.17 | *** | 0.04 | *** |
| | diligent recycler | -0.26 | *** | 0.17 | *** | 0.08 | *** |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a paper... | nonrecycler | -0.27 | *** | 0.17 | *** | 0.10 | *** |
| | moderate recycler | -0.26 | *** | 0.10 | *** | 0.16 | *** |
| | diligent recycler | -0.21 | *** | -0.01 | | 0.22 | *** |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a paper... | nonrecycler | -0.20 | *** | -0.03 | | 0.23 | *** |
| | moderate recycler | -0.13 | *** | -0.12 | *** | 0.26 | *** |
| | diligent recycler | -0.04 | *** | -0.13 | *** | 0.17 | *** |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

Table 1.7 – Door-to-door metal collection marginal effects on the commitment to metal recycling

How can we further interpret the suburban effect? Actually, recent literature has shown the importance of what [Mueller \(2013\)](#) or [Bell et al. \(2017\)](#) call inconvenience costs on recycling behavior. Inconvenience costs notably include the cost of space devoted to in-home waste storage, or low accessibility to recycling drop-off centers. With our data, we cannot control directly for these convenience costs, given that we have no detailed information on the amenities made available to individuals to support their recycling efforts. Thus, the effects of convenience costs are mainly captured through the unobservable variables, and / or proxied by some of the observed variables included in the model. Here, it is likely that when living in a suburban area, an individual may lack of space to stock recyclables compared to rural area, but may also not be close enough to a drop-off center (compared to an urban area). These two effects may lead individual to decrease his recycling levels of paper and plastic (voluminous waste) and to reallocate part of his recycling effort in favor to metal sorting.

Likewise, such a result is observed with door-to-door metal collection. The availability of a metal curbside disposal increases the probability for the household to be a metal diligent recycler and decreases the probability to be a metal nonrecycler. Here, the magnitude

of some marginal effects is sufficient to shift the predicted behavior to a higher recycling level. To a lesser extent, the availability of a door-to-door metal collection service has significant marginal effects on paper and plastic conditional probabilities while not included as explanatory variables of those materials' recycling probabilities (see Table B.31 and Table B.33 in the Appendix B). Those marginal effects tend to increase the probability of the household to be a paper or a plastic nonrecycler and are strong enough to favor lower predicted recycling levels. Implementing a door-to-door metal collection service may not result in increased recycling efforts, but rather in a reallocation of recycling efforts in favor of metal. This "reallocation rather than increase" effect could be interpreted as a time limit effect, keeping in mind that the opportunity cost of time spent recycling is known to be a major determinant of household recycling (Beaumais and Prunetti, 2018).

| | | Marginal effects of civic duty being a very important motive on probability of an household being a metal... | | | | |
|--|-------------------|--|----------------------|----------------------|--|--|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... | | |
| given that the household is a plastic non recycler and a paper... | nonrecycler | -0.02 *** | 0.02 *** | 0.00 * | | |
| | moderate recycler | -0.03 ** | 0.02 ** | 0.01 ** | | |
| | diligent recycler | -0.03 ** | 0.01 ** | 0.01 ** | | |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a paper... | nonrecycler | -0.03 ** | 0.01 ** | 0.02 ** | | |
| | moderate recycler | -0.02 ** | 0.00 | 0.02 ** | | |
| | diligent recycler | -0.02 ** | -0.01 ** | 0.03 ** | | |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a paper... | nonrecycler | -0.01 ** | -0.01 * | 0.03 ** | | |
| | moderate recycler | -0.01 ** | -0.02 ** | 0.03 ** | | |
| | diligent recycler | 0.00 *** | -0.02 *** | 0.02 *** | | |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

Table 1.8 – Civic duty marginal effects on the commitment to metal recycling

Finally, although civic duty is found to be the most significant variable in the estimated model, the associated marginal effects exhibit low significance and magnitude. When it comes to the conditional probabilities of plastic recycling level, only two marginal effects are significant at 10% and these effects are very weak. Though, an increase in believing that civic duty is an important factor appears to favor diligent recyclers. Those marginal effects also shift some of the predicted decisions to a higher metal recycling level which is in line with the literature (Ferrara and Missios, 2012; Halvorsen, 2012). The civic duty may be more associated with metal since it was the first recycled material since Bronze Age.

We believe that our results are in line with the findings of Bell et al. (2017) who support single-stream recycling as an incentive to recycling. By enabling household to recycle materials without sorting them, single-stream recycling reduces recycling time

costs and can thus increase recycling commitment. *Had we estimated a system of three univariate ordered probit models, we could not have revealed such a reallocation effect.*

1.3.5 Discussion

What is the benefit, in terms of policy recommendation, of modeling joint pro-environmental behavior? From the results we obtain for recycling behaviors, we believe that we have first to underline what it means that a variable not included in the equation modeling recycling of a given material, but included in the equations (at least one) modeling recycling for the other materials may actually influence the probability of being a diligent recycler for this material, conditional on being diligent, or not, for the other materials. In concrete terms, this means that a policymaker who is interested in ways of influencing the commitment of a given sub-population of recyclers (diligent, moderate, nonrecycler) to the recycling of an additional material, can have a more precise idea of the levers at his disposal to move in the desired direction. The multivariate approach broadens the spectrum of policy interventions by broadening the set of variables identified as being associated with joint pro-environmental behavior: a variable that might have appeared unimportant, not significant, to explain the recycling of a specific material may prove to be a relevant instrument when recycling behaviors are jointly analyzed.

According to our findings, the implementation of a door-to-door collection system for a new material results in a reallocation of the recycling effort. We believe that this develops further [Bell et al. \(2017\)](#)'s results on the value of collecting recyclable materials in single-stream systems, rather than in dual-stream systems. Single-stream collection involves organizing the sorting so that individuals can place all recyclable materials into one container, rather than asking them to sort each of the materials in separate containers. When waste is collected in single-stream systems rather than dual-stream systems, and in the case of Wisconsin, [Bell et al. \(2017\)](#) find that the sorting intensity is boosted by about 5%. Focusing on a specific Wisconsin county (Winnebago County) they find that a shift from a dual-stream recycling to a single-stream recycling provides a positive net social benefit. However, note that [Bell et al. \(2017\)](#) do not model joint sorting behaviors by a multivariate approach, but by a univariate approach: the decision to recycle paper, cans, plastic and glass is modeled separately, notably by estimating a series of univariate probit. As a result, it is not possible for them to capture the reallocation effects that our results identify.

In France, according to the French Environment and Energy Management Agency ([ADEME, 2016](#)), apart from glass, which is collected separately, waste is mainly collected in single-stream systems (63% of the population). Dual-streams systems (paper / other packaging including metal, or paper and cardboard / other packaging including metal)

cover about 25% of the population. The rest of the population is served by mixed, heterogeneous systems throughout the territory.

Material by material, our results confirm the value of offering door-to-door collection. Door-to-door collection has a positive effect on the commitment of individuals to sorting. The French Environment and Energy Management Agency has calculated (ADEME, 2016) that the quantities of waste (per capita per year) collected door-to-door were about 20% higher than the quantities collected on a voluntary basis (community bins).

However, for several years now, French public authorities have observed that recycling rates hit a ceiling, particularly for plastics. Since 2012, they have been trying to promote plastic recycling through extended sorting instructions. These extended sorting instructions indicate to individuals that it is now possible to place more plastic packaging in their recycling bin than before. For the groups of municipalities that have implemented these extended sorting instructions, the collection of plastic packaging has increased from 5.9 kg to 7.6 kg per capita per year. It is therefore planned to generalize these sorting instructions, which will be extended to all municipalities by 2022. Even if plastic recycling is done in single-stream systems, our results suggest that the extended sorting instructions on the plastic could be accompanied by a reallocation of sorting efforts, to the detriment of other materials. By requiring additional effort for one of the materials (plastic) it is likely that the relative effort for the other materials will decrease.

This point deserves all the more attention as extended sorting instruction implies a modernization of sorting centers, since the fine separation of materials is no longer done at household level. In the French case, to support the implementation of extended sorting instructions, ADEME calculated that the modernization of the current stock of sorting centers would cost between €1.2 and €1.8 billion, an amount that can be compared to the estimated current value of the stock of sorting centers in France (€1.5 billion; ADEME (2014)). Also, the benefits of the generalization of extended sorting instructions would deserve to be precisely assessed through, as we do, a multivariate approach of sorting behavior, in order to be appropriately compared with the associated costs.

1.4 Concluding remarks

In this paper, we show that the multivariate ordered probit model is an appropriate tool to fully unveil the subtlety of joint pro-environmental behaviors. We acknowledge that it comes at a cost, given that the calculation of the relevant quantities—joint probabilities, conditional probabilities, partial effects—is burdensome⁸. But, the calculation of these quantities also considerably enriches the analysis. In particular, in that kind of

8. Using Stata MP4, it took approximately two months to compute all these quantities on a computer with a quad-core i7, 3.4 Ghz processor and 8 GB of RAM.

simultaneous equation framework, the channels through which an independent variable influences the outcomes of interest cannot be summarized by simple partial effects computed on the marginal distribution of these outcomes. The calculation of additional quantities is necessary to understand all the aspects of the phenomenon at stake. Indeed, recycling policies face barriers which force authorities to improve recycling flow one material by one. But when investing in waste management infrastructure or in targeted information campaigns on recycling, decision-makers have to take into account both the expected and existing materials' recycling intensities in order not to overestimate or underestimate the benefits of the investment. This analysis refinement may be applicable in other fields such as health economics in the case of joint addictive behaviors, for example.

From a waste economics perspective, this paper contributes to the received literature by exploring factors associated with the level of commitment to recycling of materials. Households characteristics, as well as attitudinal variables and policy variables matter to explain why individuals engage more or less in recycling. The desire to act responsibly is a strong driver of the engagement in recycling activities. Also, we do not find that PAYT schemes matter, which can simply be explained by the fact that PAYT schemes just start to be implemented in France. Therefore, for now, providing door-to-door collection services seems to be an efficient way to foster households' commitment to recycling. Results regarding household characteristics which influence recycling rates could help to design targeted waste management strategies.

Finally examining other facets of households' waste management behavior in France, such as waste prevention, would require specific data, which, for now, is not available, but is clearly worthy to be made available. From a pure methodological viewpoint, we believe that it would be worth comparing the properties of the multivariate probit model with those of the multivariate logit model, as [Hirk et al. \(2019\)](#) do it, with an application to corporate credit ratings.

Chapter 2

Measuring the effect of pro-environmental attitudes on pro-environmental behavior: the case of waste sorting on ferries

2.1 Introduction

In the 1970s, the report *The Limits to Growth* (Meadows et al., 1972) concludes that population and economic growth can not be infinite in a finite world without sooner or later collapsing. Indeed, post-World War II economic expansion is associated with the dawn of mass consumption (Daumas, 2018) in which individual consumption increased. Production then increased in order to meet the growing demand causing more environmental pollution and resource consumption. On the other hand, demographic growth also pressured the environment by creating more resource harvesting to feed the population and even more consumerism. Meadows et al. (1972) extended the trends observed at that time by computer simulation and found that economic and demographic growth will decrease nonrenewable resource base until its depletion. Resource exhaustion would then lead to industrial collapse and due to the growing dependence of agriculture and services on industry, food and medical services would be insufficient and result in a decrease of population. In this scenario, collapse is expected to happen around the second half of XXIst century (Colombo, 2001).

This finding raised public awareness about the environmental damages of the economic growth and led individuals to care more about the environment. At the same time, recycling rates started to increase in the United States (USEPA, 2019). Intuitively, one may postulate a positive relationship between pro-environmental attitudes and pro-

environmental behaviors: individuals who care more about the environment may be more willing to engage in costly pro-environmental behaviors such as recycling. However, environmental attitudes requires measurement in order to explore this relationship.

The New Environmental Paradigm (NEP) Scale (Dunlap and Van Liere, 1978; Dunlap et al., 2000) is the most widely used measure of environmental attitudes (Stern et al., 1995; Hawcroft and Milfont, 2010). With this scale, Dunlap and Van Liere (1978) aimed at measuring the endorsement to the New Environmental Paradigm which differs from the previously dominant paradigm by being more sensitive to environmental problems and thus being more pro-ecological. In the 2000s, Dunlap et al. (2000) improved the scale by adding 3 more items, rephrasing some old items and balancing pro- and anti-NEP items in a revised version.

Though the NEP scale was intended to measure one single construct, this attribute of the NEP is not consensual and inspired a lot of studies for both original (Edgell and Nowell, 1989; Lefcourt, 1996; Noe and Snow, 1990*a,b*) and revised versions (Bechtel et al., 2006; Xiao and Dunlap, 2007; Dunlap, 2008; Veisten et al., 2014). Indeed, as NEP scale is defined by 5 facets¹, some authors argue in favor of treating each facet as a subscale (Arcury, 1990; Vining and Ebreo, 1992; Ebreo et al., 1999). From the literature based on their initial NEP scale, Dunlap et al. (2000) recommand to perform an analysis of the whole set of items in order to determine its dimensionality in each sample using it. If and only if distinct dimensions emerged from the analysis, the NEP scale can then be divide in subscales.

When revising the scale, Dunlap et al. (2000) mailed the revised NEP scale in a survey of the residents of the State of Washington in 1990 and found evidence suggesting that NEP scale measure one single construct. Indeed, the authors found that every item appears correlated with the rest of the scale and a strong Cronbach's alpha of 0.83. Though the Principal Components Analysis (PCA) yields eigenvalues that indicate 4 principal components, one factor is predominant and every item seems to load heavily on it. Dunlap et al. (2000) thus conclude for the unidimensionality of the NEP scale in their study while also reminding that a different sample may advocate multidimensionality.

In this chapter, the NEP scale was used in the survey associated with a Discrete Choice Experiment (DCE) which took place on ferries. After a section 2 presenting the data set, section 3 analyzes the results of the NEP scale as suggested by Dunlap et al. (2000) and also finds 4 factors emerging among which one of them is dominant. However, unlike Dunlap et al. (2000), not every item is correlated with the rest of the scale and load on the 1st principal component. Indeed, the facet "limits to growth" doesn't load on the 1st factor but does on the 2nd with 3 other items indicating that this component measure the

1. The reality of limits to growth, anti-anthropocentrism, the fragility of nature's balance, rejection of exemptionalism and the possibility of an ecocrisis

propensity at which an individual is aware of the environmental limited stock and thinks he can act on it. An index for this pro-environmental attitude is then created from the 2nd component of the PCA in section 4 in order to be used in a Mixed Multinomial Logit (MMNL) model introduced in section 5. Section 6 presents the impact of the index on the preferences for waste sorting in a ferry.

2.2 Data set

The data set used in this article comes from Marittimo Interreg's GRRinPORT project ². One of the objectives of this project was to improve the management of waste partly due to maritime traffic. In order to do so, an elicitation of waste management preferences on board of vessels was required which is why a Discrete Choice Experiment (DCE) was conducted on 410 ferries' passengers in Ajaccio, Livourne and Cagliari ports in 2019. Indeed, the DCE technique is a non-market valuation method allowing to elicit preferences by inferring it from the choices respondents make to a series of scenarios (Louviere et al., 2000; Hoyos, 2010). The DCE technique was developed by Louviere and Woodworth (1983) and has been used more and more ever since, especially in the environmental literature (Börger et al., 2014; Christie et al., 2015; Deng et al., 2016; Chaikaew et al., 2017; Mueller et al., 2017; Xuan et al., 2017; Häfner et al., 2018; Valasiuk et al., 2018).

In this DCE, respondents were presented 12 task choices of 4 scenarios describing sorting waste aboard by the 4 attributes listed in Table 2.1. The 4th alternative always proposed the status quo and was associated with no increase in the ticket price. For each task choice, the respondent had to indicate which scenario he preferred.

The DCE was preceded of a survey in which respondents were asked to indicate the extent to which they agree with the 15 items of the revised NEP Scale, listed in Table 2.2: strongly agree, agree, no opinion, disagree, strongly disagree. A pro-NEP orientation is associated with agreement with odd-numbered items and disagreement with even-numbered items. Thus responses are coded as Likert-scales that take the value of 5 when response is pro-NEP, 1 when response is anti-NEP and 3 when respondent has no opinion. As designed by Dunlap and Van Liere (1978) and Dunlap et al. (2000), a NEP score can then be computed for each respondent by summing his score on all items.

2. I thank Olivier Beaumais, Claudio Dettoto, Corinne Idda and Dominique Prunetti (UMR CNRS 6240 LISA, University of Corsica) for allowing me to use part of the data.

| | |
|--|---|
| Type of waste to sort | <ul style="list-style-type: none"> - None* - Recyclable/Non-recyclable - Recyclable/Biowaste/Other - Paper/Glass/Soda can/Plastic/Other |
| Average distance before a collection point | <ul style="list-style-type: none"> - 10 meters - 20 meters - 20-50 meters - > 50 meters* |
| Collection frequency | <ul style="list-style-type: none"> - Every 30 minutes - Every hour - Every 2 hours - Only a few minutes before landing* |
| Increase in the ticket price | <ul style="list-style-type: none"> - 1€ - 3€ - 5€ - 8€ |

* attributes associated with the status quo

Table 2.1 – Attributes and attributes' levels

2.3 NEP analysis

Though the theoretical NEP score varies from 15 to 75 from an anti-ecological to a pro-ecological worldview respectively, the minimum and maximum NEP scores reached in our sample are 27 and 68 which indicates that not a single respondent has a fully pro-NEP orientation nor a fully anti-NEP orientation.

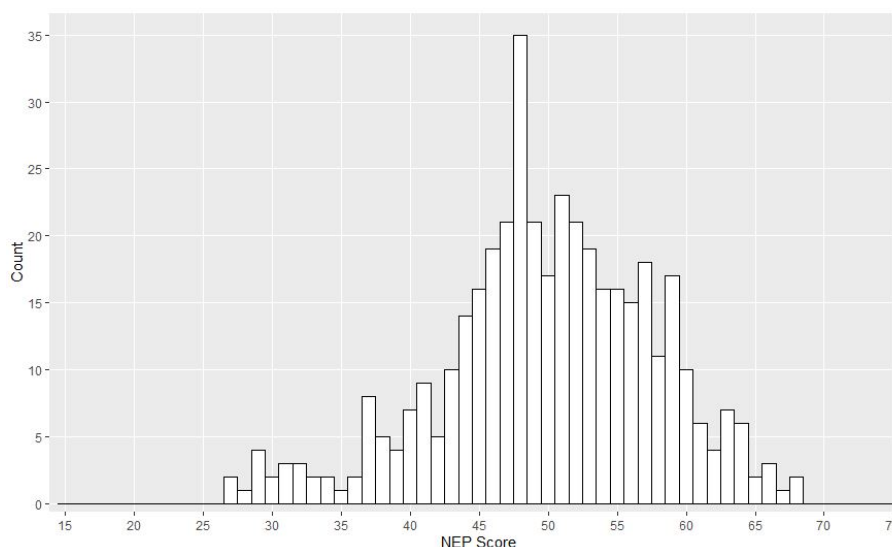


Figure 2.1 – NEP Score histogram

Yet, when looking at the NEP score histogram, one can notice that most respondents

tend to have a score that is higher than 45 and indeed, the median NEP score is 50. Thus, respondents tend to have a pro-NEP orientation, meaning that their worldview tend to be pro-ecological.

| Items | Mean (std) | Agree | Unsure | Disagree |
|---|----------------|--------|--------|----------|
| 1. We are approaching the limit of the number of people the earth can support. | 3.74 (1.02) | 73.20% | 9.50% | 17.30% |
| 2. Humans have the right to modify the natural environment to suit their needs. | 3.47 (1.30) | 34.90% | 4.90% | 60.20% |
| 3. When humans interfere with nature it often produces disastrous consequences. | 3.36 (1.27) | 57.60% | 5.80% | 36.60% |
| 4. Human ingenuity will insure that we do NOT make the earth unlivable. | 2.89 (1.15) | 44.90% | 16.30% | 38.80% |
| 5. Humans are severely abusing the environment. | 3.98 (1.05) | 76.10% | 9.70% | 14.20% |
| 6. The earth has plenty of natural resources if we just learn how to develop them. | 2.27 (1.12) | 67.80% | 12.90% | 19.30% |
| 7. Plants and animals have as much right as humans to exist. | 4.00 (1.11) | 79.50% | 4.40% | 16.10% |
| 8. The balance of nature is strong enough to cope with impacts of modern industrial nations. | 2.67 (1.29) | 54.90% | 10.00% | 35.10% |
| 9. Despite our special abilities humans are still subject to the laws of nature. | 4.09 (0.93) | 84.60% | 5.20% | 10.20% |
| 10. The so-called "ecological crisis" facing humankind has been greatly exaggerated. | 3.39 (1.23) | 31.00% | 9.00% | 60.00% |
| 11. The earth is like a spaceship with very limited room and resources. | 2.91 (1.16) | 33.90% | 21.70% | 44.40% |
| 12. Humans were meant to rule over the rest of nature. | 3.10 (1.33) | 45.90% | 8.00% | 46.10% |
| 13. The balance of nature is very delicate and easily upset. | 3.40 (1.19) | 59.00% | 9.30% | 31.70% |
| 14. Humans will eventually learn enough about how nature works to be able to control it. | 3.09 (1.21) | 37.80% | 16.10% | 46.10% |
| 15. If things continue on their present course, we will soon experience a major ecological catastrophe. | 3.58 (1.17) | 62.40% | 12.00% | 25.60% |

Odd-numbered item: strongly disagree=1; mildly disagree=2; unsure=3; mildly agree=4; strongly agree=5 and even-numbered item: strongly agree=1; mildly agree=2; unsure=3; mildly disagree=4; strongly disagree=5

Table 2.2 – Means and proportion of the items of the NEP scale

As expected, the observed pro-NEP orientation in figure 2.1 results from more individuals approving odd-numbered items and disapproving even-numbered items (table 2.2). However, this acceptance of the NEP is not universal among items: items 4, 6, 8 and 11 are exceptions.

From agreements with items 4 and 6 and disagreement with item 11, one can assume that a majority of respondents are optimistic about humans' adaptability. For example, they seem to believe that human ingenuity will ensure viable life conditions or that humans will never lack resources: once a vital resource is missing, humans will develop an alternative.

Agreement with item 8 is more surprising. Indeed, [Dunlap et al. \(2000\)](#) suggested that items 5, 10 and 15 form the "possibility of an ecocrisis" facet, one of the 5 hypothesized facets that contribute to an ecological worldview. Table 1 indicates that respondents endorse to that facet, meaning that they acknowledge the existence of an ecological crisis and that humans damage the environment. By agreeing with item 15, they even state that status quo will lead to a major ecological catastrophe. However, by agreeing with item 8, they seem to exclude modern industrial nations as a cause of the ecological crisis.

The NEP Scale's internal consistency can be examined through Cronbach's alpha which evaluates how reliable a measurement is: a high coefficient alpha indicates that the scale effectively measure a consistent construct while a low value suggests inconsistencies in the results. In our sample, Cronbach's alpha is equal to 0.72 which is an acceptable value and is an argument for internal consistency. However, one can notice that NEP Scale performed better in [Dunlap et al. \(2000\)](#) as Cronbach's alpha reaches 0.83 and thus a good internal consistency. Our result is more like [Schleyer-Lindenmann et al. \(2016\)](#) who found a 0.67 coefficient alpha and suggest that it may reflects several correlated dimensions making up the NEP Scale.

Corrected item-total correlations are another assessment of the reliability of a scale: a reliable scale is expected to have each item correlated with the sum of the other items. A high corrected item-total correlation means that when a respondent have a high score for this item, he tends to have a high score for the rest of the scale. Thus, the scale is internally consistent. The minimum acceptable corrected item-total correlation is 0.30: below this threshold, the item doesn't correlate enough with the rest of the scale and can be considered as unnecessary ([De Vaus et al., 2002](#); [Squires et al., 2011](#)). In table 2, most corrected item-total correlations range from 0.332 to 0.584. This result is similar to that in [Dunlap et al. \(2000\)](#) who indicated corrected item-total correlations between 0.33 to 0.62.

However, 4 corrected item-total correlations are inferior to 0.30 in our sample and by far: individuals who agree with item 1 or 11 or disagree with item 6 or 8 are not associated with high scores on the rest of the scale. This result is surprising as approval of item 1

| | Corrected item-total correlation | Cronbach's alpha without the item i, α'_i |
|--|----------------------------------|--|
| 1. We are approaching the limit of the number of people the earth can support. | 0.12 | 0.722 |
| 2. Humans have the right to modify the natural environment to suit their needs. | 0.49 | 0.681 |
| 3. When humans interfere with nature it often produces disastrous consequences. | 0.51 | 0.678 |
| 4. Human ingenuity will insure that we do NOT make the earth unlivable. | 0.33 | 0.701 |
| 5. Humans are severely abusing the environment. | 0.58 | 0.675 |
| 6. The earth has plenty of natural resources if we just learn how to develop them. | -0.09 | 0.744 |
| 7. Plants and animals have as much right as humans to exist. | 0.36 | 0.698 |
| 8. The balance of nature is strong enough to cope with impacts of modern industrial nations. | 0.09 | 0.730 |
| 9. Despite our special abilities humans are still subject to the laws of nature. | 0.36 | 0.700 |
| 10. The so-called "ecological crisis" facing humankind has been greatly exaggerated. | 0.44 | 0.688 |
| 11. The earth is like a spaceship with very limited room and resources. | -0.01 | 0.738 |
| 12. Humans were meant to rule over the rest of nature | 0.42 | 0.690 |
| 13. The balance of nature is very delicate and easily upset | 0.33 | 0.701 |
| 14. Humans will eventually learn enough about how nature works to be able to control it | 0.40 | 0.693 |
| 15. If things continue on their present course, we will soon experience a major ecological catastrophe | 0.53 | 0.678 |

In bold, α'_i that are superior to the scale's Cronbach's alpha, 0.72

Table 2.3 – *Corrected item-total correlations and Cronbach's alpha without the item of the items of the NEP scale*

or item 11 and disapproval of item 6 or item 8 are indicators of awareness of the limited environmental stock. Indeed, those responses are stating on the existence of a natural resource limit which might become problematic. Thus, one would expect this belief to lead to pro-environmental worldview.

| Component | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Eigenvalue | 3.72 | 1.51 | 1.28 | 1.04 | 0.98 | 0.92 | 0.81 | 0.79 | 0.74 | 0.66 |
| Proportion of variance explained by the component | 24.8% | 10.1% | 8.5% | 7.0% | 6.5% | 6.1% | 5.4% | 5.2% | 4.9% | 4.4% |
| Cumulative proportion of variance explained by the component | 24.8% | 34.9% | 43.4% | 50.4% | 56.9% | 63.0% | 68.4% | 73.6% | 78.5% | 82.9% |

Table 2.4 – Importance of the components of the PCA

A low corrected item-total correlation decreases the Cronbach's alpha (Birnbaum, 1968) by creating statistical noise. Cronbach's alpha without a weakly correlated item is then better which is why weakly correlated items can be considered as unnecessary and may be excluded from the analysis. From 2.3, one can notice that α'_1 , α'_6 and α'_{11} are superior to 0.72: the NEP scale reliability increases by excluding the whole "limits to growth" facet defined by Dunlap et al. (2000). This is also the case for item 8.

Analyzing principal components analysis' eigenvalues is a simple method to determine whether the scale is unidimensional or multidimensional (Mars, 2010). The results are shown in table 2.4. Kaiser's rule suggests to retain principal components associated with a eigenvalue superior to 1. Thus, according to Kaiser criterion, 4 factors emerge from the NEP scale and their eigenvalues range from 3.72 to 1.04. The first principal component explains 24.8% of the total variance among the items which is twice as much as the second principal component, indicating that the first principal component might be dominant. These results are very similar to that in Dunlap et al. (2000).

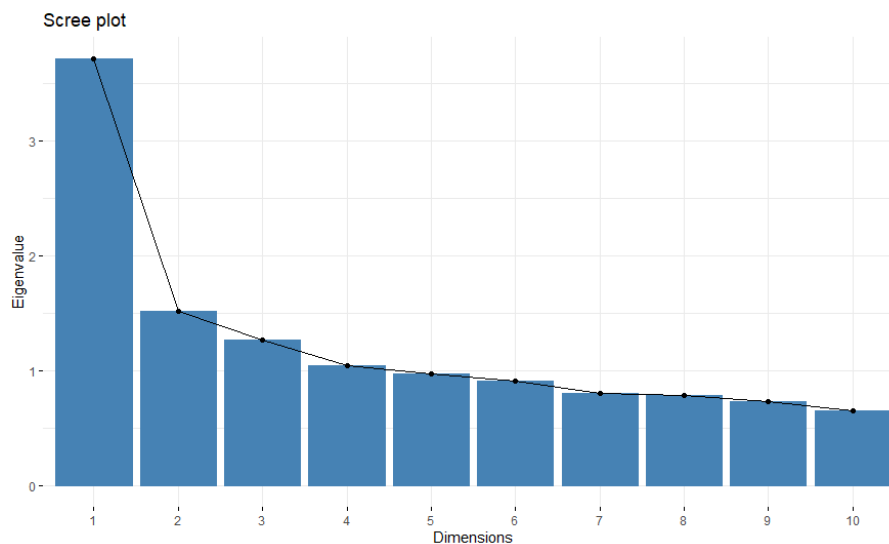


Figure 2.2 – Scree plot of the PCA

However, Kaiser's rule tends to retain extra factors (Reckase, 1979; Zwick and Velicer, 1986) and needs to be confirmed by an examination of the scree plot. In figure 2.2, one can see that eigenvalue steeply drops after the first dimension and then appears to decrease perceptibly until the fourth dimension. Decreases in eigenvalue then appear to be less visible. This result is another argument suggesting the presence of one major factor and 3 smaller factors.

Looking at the factor loadings of the major factor in table 2.5, one can notice that most items load heavily on the first component, indicating that the NEP scale measures an underlying dimension that is influenced by most items. However, items which don't load on the first principal component are the same as those which are not correlated with

| | Principal component | | | |
|--|---------------------|--------------|--------------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. We are approaching the limit of the number of people the earth can support. | -0.17 | -0.51 | -0.36 | 0.22 |
| 2. Humans have the right to modify the natural environment to suit their needs. | -0.66 | 0.07 | -0.29 | 0.04 |
| 3. When humans interfere with nature it often produces disastrous consequences. | -0.66 | -0.11 | -0.10 | -0.08 |
| 4. Human ingenuity will insure that we do NOT make the earth unlivable. | -0.48 | 0.31 | 0.22 | -0.26 |
| 5. Humans are severely abusing the environment. | -0.72 | -0.04 | 0.04 | -0.04 |
| 6. The earth has plenty of natural resources if we just learn how to develop them. | 0.09 | 0.44 | 0.51 | 0.49 |
| 7. Plants and animals have as much right as humans to exist | -0.55 | 0.23 | -0.17 | 0.01 |
| 8. The balance of nature is strong enough to cope with impacts of modern industrial nations. | -0.10 | -0.46 | 0.56 | -0.41 |
| 9. Despite our special abilities humans are still subject to the laws of nature. | -0.48 | 0.02 | -0.10 | 0.50 |
| 10. The so-called “ecological crisis” facing humankind has been greatly exaggerated. | -0.58 | 0.14 | 0.20 | 0.07 |
| 11. The earth is like a spaceship with very limited room and resources. | 0.04 | -0.57 | 0.13 | 0.45 |
| 12. Humans were meant to rule over the rest of nature. | -0.61 | 0.19 | -0.29 | -0.17 |
| 13. The balance of nature is very delicate and easily upset. | -0.42 | -0.53 | 0.10 | -0.09 |
| 14. Humans will eventually learn enough about how nature works to be able to control it | -0.49 | 0.05 | 0.41 | 0.12 |
| 15. If things continue on their present course, we will soon experience a major ecological catastrophe | -0.64 | -0.14 | 0.22 | 0.08 |

In bold, factor loadings that are superior or equal to 0.30

Table 2.5 – *Standardized PCA’s factor loadings*

the rest of the NEP score (table 2.3): items 1, 6, 8 and 11. Indeed, the whole “limits to growth” facet and item 8 don’t load on the first principal component and thus don’t seem to influence it.

However, one of the smaller retained factor caught our attention. Indeed all the items which don’t load on the first factor highly load on the second principal component. Thus items 1, 6, 8 and 11 appear to explain a substantial part of the variance in the dataset only

through the second factor. In order to ease the interpretation of this factor and unveil the underlying dimension it measured, items associated with a factor loading superior to 0.30 on the second factor are plotted in the variable correlation plot (figure 2.3).

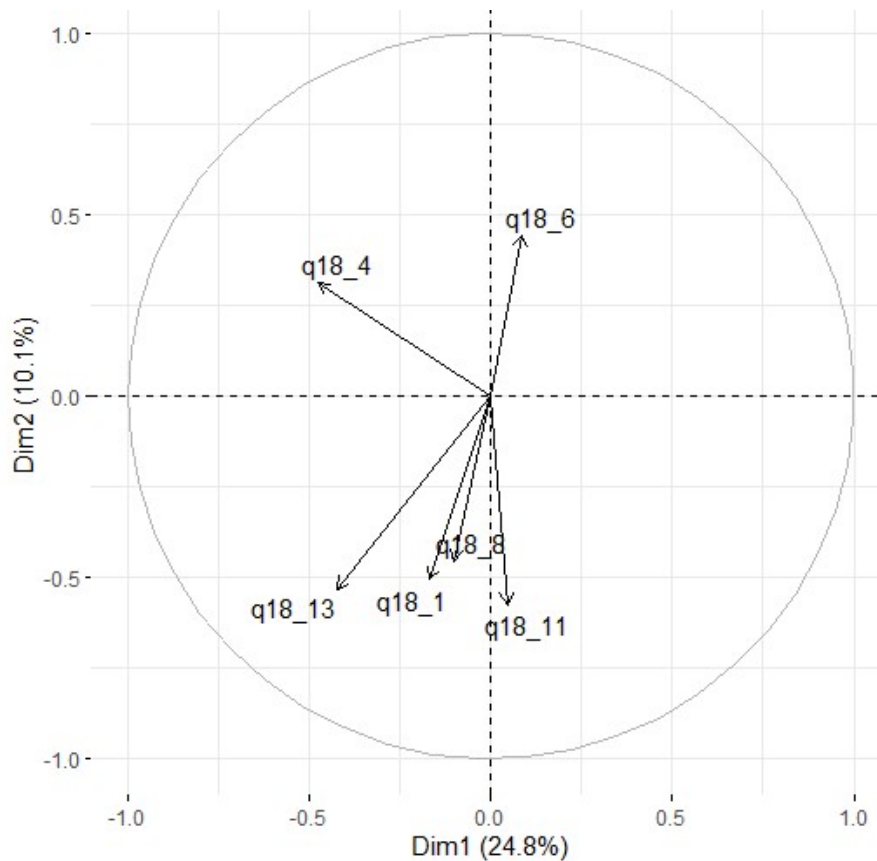


Figure 2.3 – Variable correlation plot of the 2nd principal component

Items 1, 8 and 11 are negatively correlated with dimension 2: the higher an individual scores on these items, the lower he will score on the second component. By agreeing with items 1 and 11, the individual clearly exhibits an awareness to physical environmental limits. Approval of item 1 and disapproval of item 8 are both indicators that these limits are worrying because we are approaching them. Thus, the more an individual is concerned with the stock of environment, the less he will score on the second component.

Conversely, the less an individual perceives environmental limits, the higher he will score on dimension 2. This result is strengthened by item 6: individuals who think that natural resources are abundant will score high on item 6 by disagreeing with the *if* condition. Indeed, since abundance is given humans don't have to acquire it. In table 2.5, one can notice that the correlation between item 6 and the second principal component is positive, meaning that a high score on item 6 is associated with a high score on the second principal component. Thus, if an individual believes that natural resources are abundant, he will score high on the second component.

But item 6's correlation also means that second component's lower scores are associated with agreement with item 6: though individuals perceive environmental limits, they think humans can learn to acquire the abundance of the natural resources. This last result strengthens when looking at item 4's correlation with dimension 2: the more an individual trusts human ingenuity and thus scores low on item 4, the lower his score on dimension 2 will be.

Finally, a high score on item 8 or on item 13 decreases the score on the second principal component which is in line with the previous result. Indeed, disagreement with item 8 and agreement with item 13 state that nature was balanced until modern world and that it can easily be upset. By feeling responsible or by acknowledging the risk, the individual indicates that humans are able to influence environment.

Dimension 2 seems to discriminate one profile with low scores and associate all the other profiles with a high score. Indeed, individuals who are concerned with environmental stock while thinking that humans are able to do something about it are associated with a low score on dimension 2. On the other hand, high scores are associated with individuals who think natural resources are abundant and with individuals who think natural resources are limited but humans are powerless about it. The second principal component would then measure the propensity at which an individual believes that he can act on the environmental limited stock and the lower the propensity, the higher the score.

2.4 Index construction

Many studies created an index from the principal components analysis (Pomeroy et al., 1997; Gwatkin et al., 2000; Filmer and Pritchett, 2001; McKenzie, 2005). Indeed, principal components are a new set of variables derived from the original set of variables (Abeyasekera, 2006). As the items composing the NEP scale were wisely chosen by Dunlap and Van Liere (1978) and Dunlap et al. (2000), we have decided to standardize them so that they all contribute equally to the principal components analysis. Each of the principal component is then constructed as a linear weighted combination of the 15 standardized NEP items:

$$\begin{aligned}
 PC_1 &= a_{1,1} \times \left(\frac{NEP_1 - \overline{NEP_1}}{\sigma_{NEP_1}} \right) + \dots + a_{1,15} \times \left(\frac{NEP_{15} - \overline{NEP_{15}}}{\sigma_{NEP_{15}}} \right) \\
 &\dots \\
 PC_k &= a_{k,1} \times \left(\frac{NEP_1 - \overline{NEP_1}}{\sigma_{NEP_1}} \right) + \dots + a_{k,15} \times \left(\frac{NEP_{15} - \overline{NEP_{15}}}{\sigma_{NEP_{15}}} \right)
 \end{aligned}$$

where PC_k is the k^{th} principal component (with $k \leq n$), NEP_n is the n^{th} NEP item and $a_{k,n}$ is the weight of the n^{th} NEP item on the k^{th} component. The weights in table 2.6 are determined by the principal component analysis as they are the eigenvectors of the covariance matrix (since the data were standardized).

| | PC_1 | PC_2 | PC_3 | PC_4 |
|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| $a_{k,1}$ | -0.08765614 | -0.41059957 | -0.32166671 | 0.213112763 |
| $a_{k,2}$ | -0.34082221 | 0.06080257 | -0.25929817 | 0.040011129 |
| $a_{k,3}$ | -0.34100890 | -0.08748990 | -0.09285256 | -0.077956723 |
| $a_{k,4}$ | -0.24699003 | 0.25191015 | 0.19622917 | -0.253880606 |
| $a_{k,5}$ | -0.37248130 | -0.03199326 | 0.03272570 | -0.043440053 |
| $a_{k,6}$ | 0.04507657 | 0.35922783 | 0.45539768 | 0.476145381 |
| $a_{k,7}$ | -0.28397270 | 0.18829856 | -0.15303574 | 0.006399798 |
| $a_{k,8}$ | -0.05351300 | -0.36975446 | 0.49947421 | -0.403488203 |
| $a_{k,9}$ | -0.24844264 | 0.01806446 | -0.09247297 | 0.491246484 |
| $a_{k,10}$ | -0.30114896 | 0.11503044 | 0.17529359 | 0.064213677 |
| $a_{k,11}$ | 0.02310017 | -0.46547157 | 0.11706849 | 0.438468347 |
| $a_{k,12}$ | -0.31773502 | 0.15506885 | -0.25436680 | -0.164436342 |
| $a_{k,13}$ | -0.22007017 | -0.43090234 | 0.09269547 | -0.084846653 |
| $a_{k,14}$ | -0.25200941 | 0.04061489 | 0.36747167 | 0.115513584 |
| $a_{k,15}$ | -0.32976340 | -0.11296046 | 0.19874755 | 0.075641575 |

Table 2.6 – Weights of the principal components

As in [Vyas and Kumaranayake \(2006\)](#), the resulting components can then be used as independent variables in a model. In our case, PC_2 is the component of most interest. As previously established, the higher an individual scores on the second principal component, the less he believes that he can act on the environmental stock because the stock is abundant or because humans are powerless about it. However, this may lead to cumbersome interpretation in a model which is why the opposite of PC_2 was defined as our variable of interest:

$$SR_n = -PC_{2,n}$$

Thus, for each individual n , his stock responsibility SR_n will directly measure the propensity at which he believes he can act on the environmental limited stock and the higher the score, the higher the propensity.

| | Mean | Min. | Max. |
|----|-------|--------|-------|
| SR | 0.000 | -3.582 | 3.841 |

Table 2.7 – Descriptive statistics of the SR index

In Table 2.7, one can notice the minimum and maximum values of the variable SR. A positive SR indicates that the individual has a stock responsibility that is above average: he is more aware of the environmental limits and more convinced that humans are able to act on the environmental stock. On the other hand, a negative SR is an opposite sign: the individual has a stock responsibility that is below average.

2.5 The Mixed Multinomial Logit (MMNL) model

In the Random Utility Theory (McFadden et al., 1973), the individual chooses his preferred alternative according to the utility he gets from it. Indeed, the utility of an alternative depends on its attributes which are more or less valued by the individual:

$$U_{njt} = \beta'_n x_{njt} - \alpha_n w_{njt} + \varepsilon_{njt} \quad (2.1)$$

where U_{njt} is the utility that the individual n gets from choosing alternative j in the choice situation t , x_{njt} is a vector of non-monetary observable attributes of alternative j for an individual n in the choice situation t and w_{njt} is the cost attribute of the alternative j for the individual n in the choice situation t . β_n and α_n both are individual-specific coefficients which measure the increase or loss of utility due to the attribute for the individual n . Finally, ε_{njt} is a random term that is identically and independently distributed with variance $\mu_n^2 \times \frac{\pi^2}{6}$ where μ_n is an individual-specific scale parameter. The individual will choose the alternative from which he derives the highest utility.

In preference space, as suggested by Train and Weeks (2005), equation (2.1) is divided by μ_n without affecting behavior:

$$U_{njt} = \frac{\beta'_n}{\mu_n} x_{njt} - \frac{\alpha_n}{\mu_n} w_{njt} + \frac{\varepsilon_{njt}}{\mu_n} = \eta'_n x_{njt} - \lambda_n w_{njt} + \xi_{njt} \quad (2.2)$$

The new error term ξ_{njt} is still identically and independently distributed but now has the same variance for every individual, that is $\frac{\pi^2}{6}$. Equation (2.2) can also be estimated so that one derives directly the willingness-to-pay (WTP) for each attribute as the ratio of the coefficient of the attribute of interest and the coefficient of the cost attribute.

$$U_{njt} = \lambda_n \left[\frac{\eta'_n}{\lambda_n} x_{njt} - w_{njt} \right] + \xi_{njt} = \lambda_n \left[\gamma'_n x_{njt} - w_{njt} \right] + \xi_{njt} \quad (2.3)$$

In WTP space, the vector of coefficients γ_n is a vector of WTPs for non-monetary attributes (Scarpa et al., 2008). However, as γ_n is a ratio of 2 randomly distributed variables, caution must be taken when specifying the distribution of those parameters to avoid undefined moments (Hole and Kolstad, 2012). A fixed cost coefficient would solve this problem but is not recommended by Meijer and Rouwendal (2006). A common practice is then to assume a lognormal distribution for the cost attribute coefficient λ and a normal distribution for the non-monetary attributes coefficients η .

The Mixed Multinomial Logit (MMNL) model on a panel data aims at maximizing the log-likelihood function:

$$LL = \sum_{n=1}^N \ln P_n \quad (2.4)$$

where P_n is the unconditional probability that the individual n chooses the observed sequence of choices. However, this unconditional probability cannot be analytically computed which is why the log-likelihood function has to be simulated.

Conditional on the estimated coefficients λ_n and γ_n , the probability for an individual n to choose alternative j among a set of I alternatives in the choice situation t is:

$$Pr_{njt}(\lambda_n, \gamma_n) = \frac{e^{U_{njt}(\lambda_n, \gamma_n)}}{\sum_{i=1}^I e^{U_{nit}(\lambda_n, \gamma_n)}} \quad (2.5)$$

If the choice situations are repeated, as is the case with panel data, the conditional probability that an individual n chooses the observed sequence of alternatives $J = j_1, \dots, j_T$ among a set of I alternatives each time:

$$Pr_{nJt}(\lambda_n, \gamma_n) = \prod_{t=1}^T \frac{e^{U_{nj_t t}(\lambda_n, \gamma_n)}}{\sum_{i=1}^I e^{U_{nit}(\lambda_n, \gamma_n)}} \quad (2.6)$$

The only computable method to approximate P_n is through simulation: R values of λ_n and γ_n are drawn from their distribution and the conditional probability Pr_{nJt} is computed for each draw. The simulated unconditional probability SP_n is then estimated by averaging the R conditional probabilities:

$$SP_n = \frac{1}{R} \sum_{r=1}^R Pr_{nJt}(\lambda_n^r, \gamma_n^r) \quad (2.7)$$

where λ_n^r and γ_n^r are the r^{th} values of λ_n and γ_n drawn from their distribution.

The simulated log likelihood function can then be defined:

$$SLL = \sum_{n=1}^N \ln SP_n \quad (2.8)$$

The parameters estimated by the MMNL model maximize the simulated log likelihood function.

2.6 Results

The results of the MMNL are presented in Table 2.8. As our model is estimated in WTP space, coefficients can directly be interpreted as WTP estimates (Hole, 2011). Given from Table 2.1 that the status quo is associated with no sorting, one can notice that the more sorting there is, the more an alternative is likely to be chosen on average. Indeed, individuals are willing to pay on average 2.09€ to sort between recyclable and non-recyclable waste, 3.94€ to sort between recyclable, biowaste and other waste and 5.04€ to be able to sort between paper, glass, soda can, plastic and other waste. A significant positive WTP increasing with the number of waste categories may suggest that individuals enjoy sorting waste. This interpretation would be consistent with Czajkowski et al. (2014) who found that most households exhibit an increase in utility when they were able to sort waste themselves and with Halvorsen (2004) who found that recycling is perceived as enjoyable and interpreted it as a warm-glow effect (Andreoni, 1990).

The coefficient associated with “*income × recyclable/biowaste/other*” is significant and negative. Thus, the higher the income, the less appealing the “*recyclable/biowaste/other*” option is. One can think that high-income households value less the biowaste category because they tend to use it less than low-income households when taking the ferry. Indeed, high-income households may tend to eat in the restaurant during the ferry crossing while lower-income households may tend to picnic. In that case, high-income households would dispose of their food waste in their plates while low-income households would have to dispose of it in the bins. Therefore, most of the high-income households would not need a category to sort their biowaste while lower-income households would.

Furthermore, the standard deviations associated with the average WTPs for the levels of the type of waste to sort are all significant, indicating that preferences for the type of waste to sort are heterogeneous. Though this heterogeneity exists, there still seems to be a consensus in the preference for waste in the ferry to be sorted than not at all. This may be due to the fact that individuals are aware that recycling is better for the environment and may think that if waste in the ferry is not sorted then it won't be recycled.

The second attribute of an alternative is the average distance before a collection point.

| | coeff. | (std) | std. dev. | (std) |
|--|-----------|---------|-----------|---------|
| Mean of random coefficients | | | | |
| <i>alternative-specific constant 1</i> | -0.65 * | (0.137) | 0.40 *** | (0.115) |
| <i>alternative-specific constant 2</i> | -0.43 | (0.134) | 0.60 *** | (0.093) |
| <i>alternative-specific constant 3</i> | -0.60 * | (0.128) | 0.36 *** | (0.108) |
| <i>recyclable/non-recyclable</i> | 2.09 *** | (0.291) | 0.68 ** | (0.173) |
| <i>recyclable/biowaste/other</i> | 3.94 *** | (0.380) | 1.93 *** | (0.160) |
| <i>paper/glass/soda can/plastic/other</i> | 5.04 *** | (0.487) | 2.46 *** | (0.137) |
| <i>20-50 meters</i> | 2.98 *** | (0.381) | 0.59 ** | (0.173) |
| <i>20 meters</i> | 2.24 *** | (0.315) | 0.24 | (0.158) |
| <i>10 meters</i> | 3.04 *** | (0.349) | 0.67 *** | (0.103) |
| <i>every 2 hours</i> | 2.05 *** | (0.197) | 0.62 *** | (0.155) |
| <i>every hour</i> | 2.09 *** | (0.186) | 0.94 *** | (0.109) |
| <i>every half hour</i> | 2.30 *** | (0.228) | 0.97 *** | (0.181) |
| <i>cost</i> | -0.66 *** | (0.161) | 0.84 *** | (0.056) |
| Non-random coefficients | | | | |
| <i>SR × recyclable/non-recyclable</i> | -0.28 *** | (0.078) | — | — |
| <i>SR × recyclable/biowaste/other</i> | -0.44 *** | (0.103) | — | — |
| <i>SR × paper/glass/soda can/plastic/other</i> | -0.20 * | (0.108) | — | — |
| <i>SR × 20-50 meters</i> | -0.11 | (0.105) | — | — |
| <i>SR × 20 meters</i> | -0.17 * | (0.089) | — | — |
| <i>SR × 10 meters</i> | -0.39 *** | (0.093) | — | — |
| <i>SR × every 2 hours</i> | -0.38 *** | (0.083) | — | — |
| <i>SR × every hour</i> | -0.34 *** | (0.073) | — | — |
| <i>SR × every half hour</i> | -0.49 *** | (0.091) | — | — |
| <i>SR × cost</i> | 0.09 * | (0.042) | — | — |
| <i>income × recyclable/non-recyclable</i> | -0.05 | (0.067) | — | — |
| <i>income × recyclable/biowaste/other</i> | -0.32 *** | (0.092) | — | — |
| <i>income × paper/glass/soda can/plastic/other</i> | -0.09 | (0.120) | — | — |
| <i>income × 20-50 meters</i> | -0.20 | (0.092) | — | — |
| <i>income × 20 meters</i> | -0.16 * | (0.072) | — | — |
| <i>income × 10 meters</i> | -0.19 * | (0.079) | — | — |
| <i>income × cost</i> | 0.08 * | (0.037) | — | — |
| <i>multi-family residence × every 2 hours</i> | -0.68 ** | (0.203) | — | — |
| <i>multi-family residence × every hour</i> | -0.60 ** | (0.191) | — | — |
| <i>multi-family residence × every half hour</i> | -0.80 ** | (0.246) | — | — |
| <i>multi-family residence × cost</i> | 0.29 ** | (0.108) | — | — |
| <i>woman × 20-50 meters</i> | -0.56 ** | (0.203) | — | — |
| <i>woman × 20 meters</i> | 0.19 | (0.193) | — | — |
| <i>woman × 10 meters</i> | 0.09 | (0.204) | — | — |
| <i>children × every 2 hours</i> | -0.66 ** | (0.186) | — | — |
| <i>children × every hour</i> | -0.48 ** | (0.182) | — | — |
| <i>children × every half hour</i> | 0.61 ** | (0.224) | — | — |

* $p < 0.10$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$

Table 2.8 – Mixed multinomial logit model's estimates in WTP space in €

Preferences for both “20-50 meters” and “10 meters” options appear very similar: on average, individuals are willing to pay about 3€ for those average distances rather than

“> 50 meters” and heterogeneity of these preferences is significant but of limited size. More specifically, individuals tend to narrowly prefer a 10-meters average distance to a 20 to 50-meters one. On the other hand, the level “20 meters” of the attribute is still preferred to status quo but to a lesser extent than the others: the average estimated WTP is 0.74€ less than for “20-50 meters” and 0.80€ less than for “10 meters”. Furthermore, this level also differs from the others as heterogeneity of preference isn’t significant: most individuals tend to agree on being willing to pay 2.24€ for a 20-meters average distance before a collection point.

A strong preference for the shorter distance was expected as it reduces time spent to throw waste away and may thus be preferred. But from this perspective, the fact that on average “20-50 meters” appears more desirable than “20 meters” is less straightforward. Our hypothesis is that the 20 to 50-meters average distance may be an optimization of the number of bins. Indeed, a great number of bins is a compromise between shortening the time spent to throw garbage away and limits disadvantage due to the proximity of bins. Too many bins leads to the impossibility to stand away from waste which are associated with aesthetic and olfactory inconveniences. On the other hand, not having enough bins around may be an incentive for illegal dumping which may result in a grimy ferry and may also worsen the olfactory annoyances. The mean WTPs estimated may thus reflect both a preference for shorter distance and an optimization of the number of bins.

Regarding the income, one can notice that both “*income* × 20 meters” and “*income* × 10 meters” are associated with a significant coefficient while “*income* × 20-50 meters” is not. This result may indicate that the optimization of the number of bins seems to be the same, no matter the income of the household. However, the negative sign of the coefficients indicates that the higher the income, the weaker the preference for short average distance before collection point. This result is surprising. Though a different valuation of the average distances for different incomes could have been expected, the expected sign of the coefficients was positive. Due to the fact that a further distance results in a longer time spent disposing of the waste, one would expect high-income households to value more a shorter distance than low-income households because they have a higher opportunity cost of time. The surprising obtained result could echo the lack of interest that high-income households have for the “*biowaste*” category. Again, as high-income households tend to go to the restaurants and leave their food waste in their plate, they tend to need less bins than the low-income households. By needing the bins less, they may be less sensitive to the difference in time spent disposing of their waste and tend to value it less compared to a “> 50 meters” distance.

Gender is another sociodemographic variable that seems to impact the WTPs for the average distance before a collection point. Indeed, the coefficient associated with “*woman* × 20-50 meters” is significant and negative. Women are willing to pay 0.56€ less than men

for this option, indicating that they may care less about the optimization of the number of bins. This could be due to the fact that they are less disturbed than men by the inconveniences of too many bins and/or more annoyed than men by the disadvantages of not enough bins. However, one can notice that the coefficients associated with the options “*woman × 20 meters*” and “*woman × 10 meters*” are not significant. Thus, women tend to be willing to pay as much as men for shorter average distance before a collection point.

Alternatives were also described by a collection frequency attribute. On average, individuals are willing to pay 2.05€ for an every-2-hours collection, 2.09€ for an every-hour collection and 2.30€ for an every-half-hour collection instead of only one collection a few minutes before landing. One can notice that “*every 2 hours*” and “*every hour*” options seems to be almost equivalent for individuals while individuals tend to perceive an upgrade with “*every half hour*” option. The preference for a more frequent collection may be attributed to the travel time. Indeed, except from Arbatax, travels to Cagliari last at least 12 hours during which a lot of waste may pile up and overflow. A unique collection at the end of the journey may be perceived as not frequent enough and increase the inconveniences of the bins: as more waste accumulates, its smell grows and its negative visual impact increases with overflowing bins. However, preferences for collection frequency are increasingly heterogeneous with the frequency, as indicated by the growing significant standard deviations.

Living in a multi-family residence appears to significantly decrease the mean WTPs for collection frequency. Indeed, individuals who live in a multi-family residence tend to be willing to pay on average 0.68€ less for an every-2-hours collection, 0.60€ less for an every-hour collection and 0.80€ less for an every-half-hour collection compared to individuals who don't live in a multi-family residence. Thus, they also tend to prefer these collection frequencies to a unique collection a few minutes before landing but to a lesser extent. This may be due to the fact that they are used to share space and may thus perceive the inconveniences of sharing bins differently: individuals who live in a single-family house may tend to overestimate the poor hygiene of others and their waste generation. Furthermore, while on average the WTP jumped for the frequency “*every half hour*” for the individuals living in a single-family house, the jump in value takes place from the “*every hour*” option for the individuals living in a multi-family residence. This last result consolidates the idea that individuals living in a single-family house tend to overestimate the waste generation of others and thus have a strong preference for the most frequent collection while individuals who live in a multi-familial residence tend to not discriminate between an every-hour and an every-half-hour collection.

The existing strong preference for the most frequent collection is strengthened by children. Indeed, couples with children and single-parent family tend to have a lower preference for an every-2-hours or an every-hour collection but a stronger preference for

an every-half-hour collection. Thus they are willing to pay 0.66€ less for an every-2-hours collection, 0.48€ less for an every-hour collection and 0.61€ more for an every-half-hour collection. This results are not surprising: parents are aware of the waste generated by children, and especially infants, who are not out of diapers and can easily picture the benefit from a frequent collection service as it will decrease the olfactory inconvenience of bins. Furthermore, children tend to be tactile and if waste are not collected frequently enough, they may touch them. The most frequent collection would limit the accumulation of waste and thus make it harder for children to play with them.

A negative mean of the cost coefficient indicates that the more expensive an alternative is, the less support there is for it. This result was expected and is consistent with the economic theory as individuals are cost averse (Castillo-Eguskitza et al., 2019). However, high-income households tend to be less cost averse than low-income households which is also a result that was expected as high-income households don't live on a budget as much as low-income households do. Households living in a multi-family residence also tend to be less cost-averse, as shown by the significant positive coefficient associated with “*multi-family residence* × *cost*”. In multi-family residences, individuals may be more aware of the need to have common infrastructures rather than relying on individuals' efforts and may thus be more willing to pay for it. Furthermore, households who live in a multi-family residence may also be more used to pay for shared amenities through the common charges. Unlike taxes paid by everyone to fund public goods, individuals observe the direct day-to-day impacts of the common charges they pay and are thus more accustomed to the idea.

From the coefficients associated with “*SR* × *recyclable/non-recyclable*”, “*SR* × *recyclable/biowaste/other*” and “*SR* × *paper/glass/soda can/plastic/other*” and the figure 2.4, one can notice a surprising result: the more an individual believes he can act on the environmental limited stock, the less he will be willing to pay for alternatives with more sorting categories. Since one way to act on the environmental stock is by recycling, this result is counterintuitive as higher-*SR* individuals tend to be more aware of the need to recycle and thus were expected to be willing to pay more to recycle more. However, the reasoning of some of them may be that giving individuals the choice to sort their waste may be less efficient than having someone paid to do it. Indeed, individuals who think that they can act on the environmental limited stock are worried about approaching the physical environmental limits which may urge them to favour efficiency. When given the choice, someone may not sort their waste because they don't believe the effort is worth it, leading to recyclable waste not being recycled. In contrast, someone paid to sort waste will sort every waste, leading to every recyclable waste being recycled. The negative coefficients may thus reflect the fact that some individuals who think they can act on the environmental stock demand efficiency and are not willing to pay as much as others for

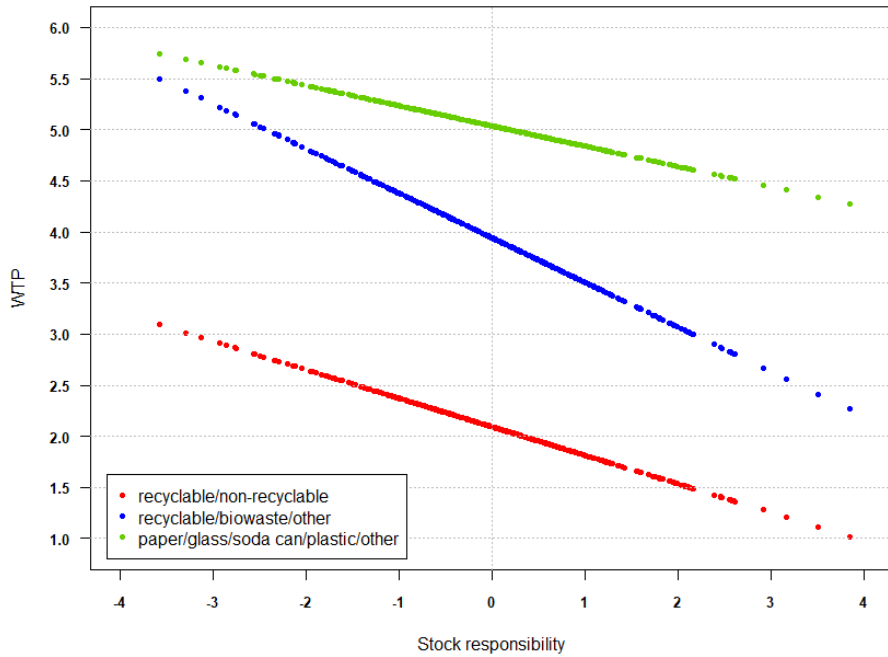


Figure 2.4 – *WTP for sorting category varies with the Stock Responsibility, SR*

solutions that they may not consider efficient enough.

On the other hand, individuals who either think that resources are abundant or that humans are unable to do anything about the environmental limits tend to think recycling is unnecessary or ineffective. Yet, lower-*SR* individuals have a positive WTP for every sorting category and thus don't seem to reject recycling. Again, this result is counterintuitive and may thus indicate that these individuals have other reasons to sort, aside from saving the environment. This may be linked to the literature of impure altruism (Andreoni, 1990; Halvorsen, 2004) stating that individuals may also have impurely altruistic motives when engaging in altruistic behaviors such as recycling. One of these motives is extrinsic and stems from social norms: individuals may gain utility from recycling by enjoying being seen as responsible or by complying to the social norms. This benefit is referred to as a warm-glow feeling. As sorting in a ferry is public, the warm-glow feeling perceived is higher as they will be seen by more people. However, this result is noteworthy as it is very informative on such extrinsic motives. Indeed, it tends to indicate that individuals may engage in altruistic behaviors even though they don't believe in their efficiency, just for the recognition. Considering that the more sorting there is, the more effort will be seen and thus the more an individual will enjoy being seen as responsible, the pattern of preference for sorting categories is consistent with this hypothesis: on average, even the lower-*SR* individuals increase their WTP with the number of sorting categories.

The pattern of preference exhibited in figure 2.4 is actually the same no matter the value of the *SR*: the more categories to sort there is, the more individuals are willing to

pay. However, one can notice that the higher the SR , the more the “paper/glass/soda can/plastic/other” option stands out among the other options. Indeed, higher- SR individuals tend to appreciate more the change between “recyclable/biowaste/other” and “paper/glass/soda can/other” options than individuals with a low SR . Since they believe that humans can and should act on the environment, this surplus may reflect their feeling of being useful and acting on their worries.

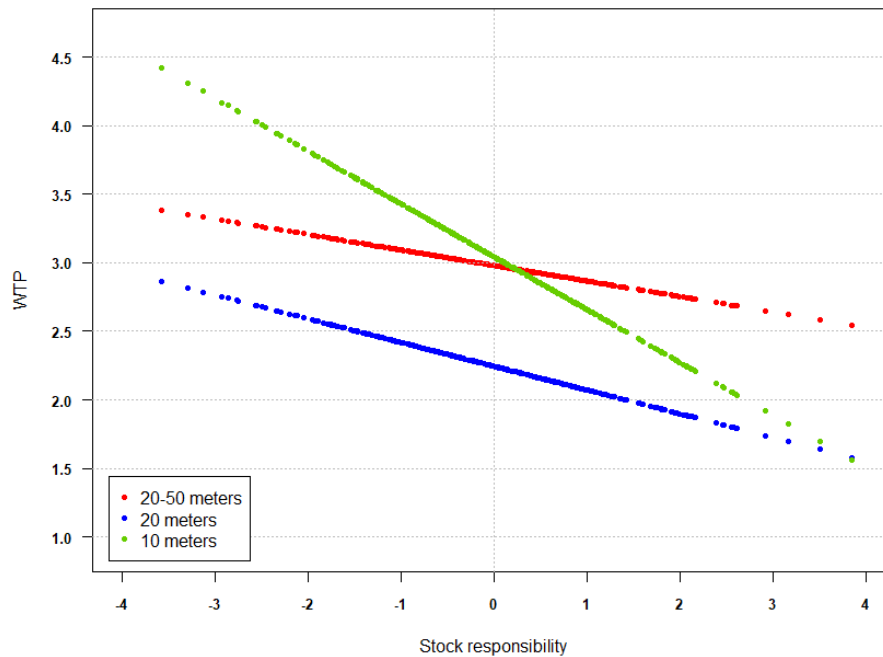


Figure 2.5 – WTP for average distance before a collection point varies with the Stock Responsibility, SR

While stock responsibility doesn’t seem to significantly influence the WTP for a “20-50 meters” average distance before a collection point, it significantly decreases the WTP s for shorter distance for individuals with a high SR . This result is not surprising as individuals who feel a strong stock responsibility are expected to be more willing to recycle. By worrying about the environmental stock and thinking that humans are able to resolve this problem, they may be less sensitive to a change in the perceived cost of recycling and thus to a decrease in the average distance before a collection point. Indeed, from figure 2.5, one can notice that the higher the SR , the more indifferent the individual is between a “20 meters” and “10 meters” average distance before a collection point. This result supports our hypothesis that higher- SR individuals are less sensitive to the cost of recycling.

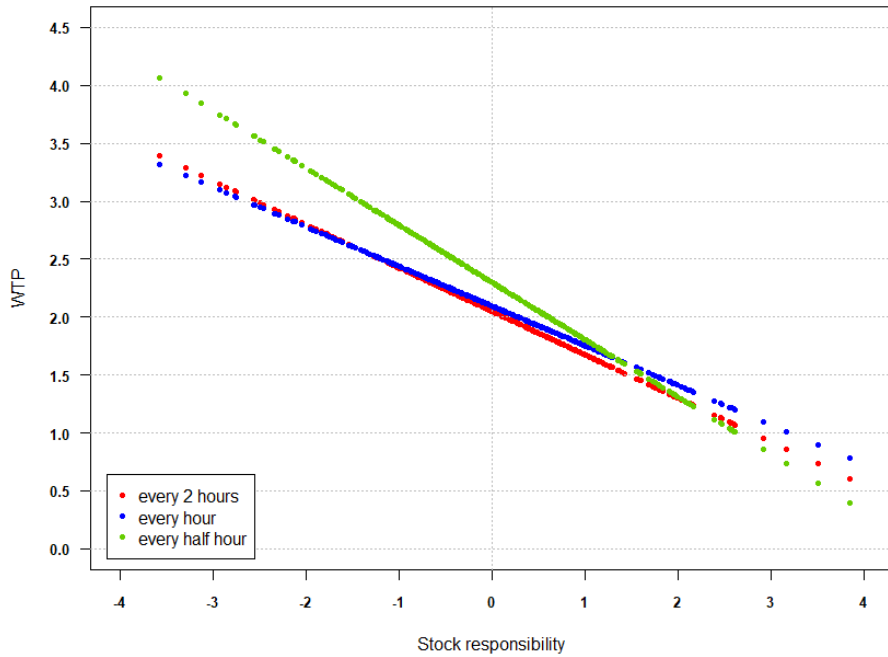


Figure 2.6 – *WTP for collection frequency varies with the Stock Responsibility, SR*

Likewise, stock responsibility also seems to weaken the preference for collection frequency: the more an individual feels responsible for the environmental stock, the less he will be willing to pay to increase collection frequency. This may be due to the fact that higher-*SR* individuals may be engaged in more pro-environmental behaviors than lower-*SR* individuals. Some of these pro-environmental behaviors may fall within the principle of “zero waste” which intends to reduce waste generation. Thus higher-*SR* individual may value less a higher collection frequency because they don’t need it as much as lower-*SR* individuals as they tend to produce less waste and fill bins later. Indeed, while individuals with low *SR* strongly prefer an “*every half hour collection*”, the strongest preference of the higher-*SR* is for an “*every hour*” frequency.

Actually, both endpoints don’t exhibit the same preference pattern for collection frequency. Higher-*SR* individuals seem to prefer “*every hour*” or less frequent collection to too frequent collection. This may be due to the fact that empty bins may be perceived as an incentive to throw away or that collect waste too frequently may generate more waste: half-full garbage is a waste of the garbage bag for example. However, the “not frequent enough collection preferable to too frequent collection” pattern is limited to options that are close to the optimal option since higher-*SR* individuals are willing to pay to increase collection frequency from “*only a few minutes before landing*” to “*every half hour*”. On the other hand, individuals with low *SR* have a strong preference for the most frequent collection and appear indifferent between an every-hour and an every-2-hours collection frequency. This may indicate that those individuals perceive a change in comfort if waste

is not collected every half hour but that this discomfort doesn't worsen between an every-hour and an every-2-hours collection.

Finally, the preference for the cost attribute is also impacted by the stock responsibility. Indeed, stock responsibility tends to make individuals less cost-averse: on average individuals who exhibit a high *SR* appear to be willing to pay more to introduce sorting in ferries while individuals who think resources are abundant or that humans can't have an effect on the environment seem more cost-averse to introduce sorting in ferries. This result is consistent with the idea that lower-*SR* individuals may think that recycling is useless or inefficient and may thus be reluctant to pay for its implementation while higher-*SR* individuals may think that recycling is at least partly efficient and may thus be more willing to pay for its implementation.

2.7 Conclusion

This article contributes to the NEP scale literature and discussion about its dimensionality. Indeed, [Dunlap et al. \(2000\)](#) suggested to analyze the results of the NEP scale before treating it as a single construct or multiple subscales. Our dataset contains a survey and a discrete choice experiment aiming at eliciting preferences for waste sorting in ferries and the principal component analysis performed on it reveals that 4 factors emerge among which one is predominant. This result is similar to that in [Dunlap et al. \(2000\)](#). However, they found a major factor upon which every item loads heavily while only most but not all items load on our major factor. Indeed, the whole facet "limits to growth" and item 8 of the NEP scale don't load on our first principal component and each of these 4 items is also associated with an item-total correlation inferior to the acceptable threshold. Removing each of these items was also found to strengthen the reliability of the scale. These findings suggest that the facet "limits to growth" and item 8 may not contribute to the same construct as the rest of the NEP scale.

One noteworthy result we found is that the items which don't load on the first principal component highly load on the second. These items thus appear to measure another dimension associated with a substantial part of the variance in the dataset. From the items loaded on this dimension, we interpreted it as a measure of the propensity at which an individual believes he can act on the environmental limited stock and created an index called Stock Responsibility.

The *SR* index was then included in a mixed multinomial logit model to elicit preferences for waste sorting on ferries and was found to have a significant effect on the willingness to pay for every attribute. Since recycling is one way for humans to act on the environmental limits by recovering materials to reuse them, being aware of the envi-

ronmental limited stock and believing that human can act on it was expected to increase the WTP for more sorting categories. However, the opposite result was found: higher-*SR* individuals are associated with a lower WTP than lower-*SR* individuals for each sorting category. The hypothesis we made to explain this counterintuitive result is that higher-*SR* individuals may favour efficiency. Indeed, sorting categories leave people the choice of whether to recycle or not which may result in some recyclables not being recycled. Thus, higher-*SR* individuals may be willing to pay less because they think sorting categories are not efficient enough. However, the fact that their WTP is positive means that they still prefer it to the status quo that is no sorting.

Another noticeable result is the positive WTP for lower-*SR* individuals. Indeed, lower-*SR* individuals believe that either resources are abundant or humans are unable to act on the limited stock of environment which may lead them to think recycling is unnecessary or inefficient. Yet they are still willing to pay a positive amount of money to recycle. This result may contribute to the literature of impure altruism ([Andreoni, 1990](#); [Halvorsen, 2004](#)) as it indicates that efficiency or necessity are not the only motives to recycling. As sorting in a ferry is public, individuals may perceive a warm-glow feeling from being seen as responsible or conforming to the social norm which may encourage them to recycle and thus to be willing to pay for sorting categories.

As expected, higher-*SR* individuals are willing to make more costly effort to recycle: they are less cost-averse to introducing waste sorting in ferries and are less sensitive to higher distance before collection point. This result was expected as stock responsibility may create an urge to recycle which makes higher-*SR* individuals less sensitive to the cost of recycling.

On the other hand, higher-*SR* individuals appear to prefer not frequent enough collection than too frequent collection. We proposed several explanations to this result. Firstly, higher-*SR* individuals may be engaged in reducing waste and thus don't need bins to be collected as frequently as others. Secondly, emptying bins too frequently may be perceived as an incentive to throw away. Finally, collecting half-full bags creates more waste than an efficient collection frequency.

This article thus measures a construct that takes into account pro-active attitudes towards environmental stock and its impacts on preferences for waste sorting on ferries. Developing a scale for stock responsibility might be useful in order to corroborate our results and further examine it. Indeed, we hypothesized that higher-*SR* individuals tend to be more convinced by the need to recycle while lower-*SR* individuals tend to think recycling is unnecessary or inefficient. However, our results were surprising regarding this hypothesis and, though we could think of explanations, investigating the impact of stock responsibility on recycling decisions might help interpreting our results.

Furthermore, our article only considers the impact of the stock responsibility attitude

on recycling which is the effect of one attitude upon one pro-environmental behavior. Exploring the relationship between pro-environmental attitudes and pro-environmental behaviors thus requires to identify more pro-environmental attitudes and to look into their individual impacts on different pro-environmental behaviors.

Chapitre 3

Une expérience de jeu de bien public : contribuer au stock de qualité environnementale par le tri

3.1 Introduction

La qualité de l'environnement est un bien qui appartient à tous et que le monde entier se partage sans pouvoir en interdire la consommation, ce qui en fait un bien non excluable. De même, la qualité environnementale délivre des bénéfices publics puisque, par exemple, une couche d'ozone plus épaisse diminue l'exposition aux rayonnements ultraviolets et, par conséquent, bénéficie à l'ensemble des êtres humains en réduisant leurs effets néfastes sur la santé.

La consommation de la qualité environnementale prend la forme de la pollution et vient dégrader la qualité environnementale. Passé un certain seuil de pollution, la qualité environnementale est tellement dégradée que l'humain peine à survivre et ne peut donc plus en bénéficier. Ce niveau de qualité environnementale, même s'il ne constitue pas littéralement un épuisement de la ressource, correspond au stock minimal en dessous duquel la ressource n'est plus exploitable et ne délivre plus de bénéfice. Il existe donc une quantité finie de pollution maximum avant d'atteindre le stock minimal et chaque unité polluée réduit la quantité de pollution restante avant que la ressource ne soit plus exploitable. La qualité environnementale est alors un bien rival puisque la pollution des uns est une pollution de moins pour les autres.

En parallèle de la pollution, les individus ont la possibilité de recycler, c'est-à-dire de réinjecter de la matière dans le processus de production. Cette matière réinjectée n'a alors plus besoin d'être extraite en polluant. En recyclant, l'individu vient donc limiter la pollution due au processus de production. Son action de recyclage ne permettra pas d'ac-

croître le stock de qualité environnementale mais de l'empêcher de décroître davantage. Ainsi, en aidant à maintenir le stock de qualité environnementale, il maintient également les bénéfices publics de celui-ci. Cependant, le recyclage représente un coût pour l'individu : il y consacre du temps, tant dans l'action en elle-même que dans l'apprentissage des consignes. Le choix de recycler est donc socialement préférable mais la présence d'un coût individuel décourage le recyclage, ce qui en fait un dilemme social.

Plusieurs outils expérimentaux existent pour étudier les dilemmes sociaux et, parmi les plus courants, se trouvent les jeux de bien public et les jeu de bien commun. En répondant à la contrainte de non-excluabilité mais pas à celle de non-rivalité, la qualité de l'environnement ne peut être considérée comme un bien public pur et s'apparente davantage à un bien commun. Il semble alors plus pertinent d'étudier les comportements de recyclage des ménages à travers le prisme des jeux de bien commun. Cependant, la littérature des jeux expérimentaux souligne une forte similarité entre les jeux de biens publics et les jeux de biens communs puisque les deux jeux confrontent les joueurs à un dilemme social ressemblant fortement au dilemme du prisonnier (Cerutti, 2017) : la coopération des joueurs est socialement souhaitable mais individuellement, il est préférable pour l'individu de ne pas coopérer. La seule différence résiderait dans la situation initiale des deux jeux : dans un jeu de bien public, le status quo consiste en une absence de coopération, c'est-à-dire ne pas contribuer au bien public, tandis que dans un jeu de bien commun, le status quo serait la coopération maximale, c'est-à-dire ne pas utiliser le bien commun, (Gintis, 2001). Dans le cas de la qualité environnementale, le recyclage n'est pas une utilisation de la ressource mais une contribution à son stock. Autrement dit, le status quo, marqué par l'absence de recyclage, est une absence de coopération. Dans les années 2000, Apesteguia and Maier-Rigaud (2006) évoque une autre différence entre les deux jeux : le jeu de bien commun se caractérise par une répartition du bénéfice public proportionnelle à la contribution des joueurs tandis que le jeu de bien public répartit également le bénéfice public entre les joueurs. Ici encore, la qualité environnementale s'apparente davantage au bien public puisque le bénéfice public généré par la qualité environnementale est le même pour tous les individus, quelle que soit leur contribution.

Ainsi, et comme d'autres auteurs l'ont déjà fait dans la littérature (Owen et al., 2012; Bernauer and Koubi, 2006), la qualité environnementale peut être envisagée comme un bien public. Ce faisant, les comportements de recyclage des ménages peuvent alors être étudiés dans le cadre théorique d'un jeu de bien public dans lequel le bien public prendrait la forme d'un stock décroissant. On peut alors se demander, dans un premier temps, si l'introduction d'un stock a un effet sur les contributions des agents à la qualité environnement et, dans un second temps, si ce stock doit nécessairement influencer le revenu public des agents pour avoir un effet. Afin de répondre à ces questions, nous avons développé une expérience qui fait l'objet de ce chapitre. La section 2 présente une revue de la littérature

des jeux de bien public pertinente pour cette problématique tandis que le protocole de l'expérience est introduit dans la section 3. Enfin, la section 4 développe les résultats de l'expérience.

3.2 Revue de la littérature

3.2.1 Le jeu de bien public classique

Les jeux de bien public étoffent la littérature économique expérimentale depuis le début des années 80 (Marwell and Ames, 1979, 1980; Isaac et al., 1982; Kim and Walker, 1984). Dans ces derniers, également connus sous le nom de mécanisme volontaire de contribution¹ (van Soesta et al., 2013), les joueurs sont mis en présence d'un bien privé qui ne profite qu'à eux et d'un bien public qui profite à l'ensemble des joueurs. Après avoir individuellement perçu une dotation, les joueurs sont alors amenés à choisir, anonymement, à quelle hauteur ils souhaitent personnellement contribuer au bien public sachant que le reste de leur dotation sera alloué au bien privé.

Dans les années 90, Ledyard (1994) présente les jeux de bien public en prenant un exemple avec des valeurs spécifiques. Dans son exemple, les joueurs forment un groupe de 4 personnes et disposent tous d'un revenu de \$5 qu'ils peuvent entièrement, partiellement ou pas du tout investir dans un projet de groupe. Simultanément, et sans se concerter, les joueurs vont alors glisser dans une enveloppe entre \$0 et \$5 correspondant à leur contribution au projet de groupe. L'ensemble des contributions au projet de groupe est ensuite multiplié par deux et réparti équitablement entre les 4 joueurs.

Ainsi, pour chaque dollar qu'un joueur investit personnellement dans le projet de groupe, il perçoit \$0.5 tandis que s'il avait gardé son dollar pour lui-même, il aurait perçu l'entièreté de celui-ci. La contribution au bien public, ici le fait de participer au projet de groupe, est donc coûteuse puisqu'elle est moins rentable que la contribution au bien privé, ici le fait de garder le dollar.

Cependant, si tous les joueurs décident de contribuer au projet de groupe, la contribution au bien public reste individuellement coûteuse mais son coût sera compensé par le bénéfice du projet de groupe dû aux contributions des autres joueurs, c'est-à-dire \$1,5. Ainsi, si les joueurs coopèrent, chaque dollar investi dans le projet de groupe rapporte \$2 à son contributeur. La rentabilité de la contribution au projet de groupe est donc conditionnée à la coopération des joueurs. L'optimum de Pareto est alors cette situation dans laquelle les joueurs coopèrent tous et contribuent autant que possible au bien public.

Mais, supposant que les autres joueurs coopèrent en contribuant au projet de groupe,

1. *Voluntary Contribution Mechanism* (VCM) en anglais

un joueur peut être tenté de dévier de cette stratégie et de se comporter en passager clandestin. En effet, si l'individu ne participe pas, il ne subit pas le coût de sa contribution au projet de groupe mais perçoit, malgré tout, le bénéfice du projet de groupe dû aux contributions des autres joueurs. Par cette stratégie, le joueur maximise son propre intérêt : il s'assure l'entièreté de sa dotation à laquelle peut potentiellement s'ajouter les bénéfices du projet de groupe dû aux contributions des autres joueurs. A l'équilibre de Nash, tous les joueurs adoptent cette stratégie de passager clandestin résultant en une absence de contributions au projet de groupe.

Et la tentation de cette stratégie est d'autant plus renforcée par la crainte d'être la « vache à lait ». En effet, si un joueur est le seul à contribuer au projet de groupe, il subit le coût de sa contribution sans être compensé par le bénéfice de la contribution des autres au projet de groupe. Pour chaque dollar qu'il investit seul, il perçoit du bien public autant que les autres joueurs, c'est-à-dire \$0.5, mais, contrairement aux autres, cela lui a coûté \$1. Les autres joueurs sont alors des passagers clandestins qui bénéficient du bien public sans supporter le moindre coût.

Ne connaissant pas le choix des autres au moment de leur décision et ne voulant pas risquer d'être « la vache à lait », la théorie économique prévoit alors que tous les individus adoptent rationnellement la stratégie de l'équilibre de Nash et ne contribuent pas ou très peu au bien public, causant alors le problème du passager clandestin : le bien public est sous-approvisionné par rapport à l'optimum social.

Pourtant, dans notre expérience quotidienne, nombreux sont les exemples de biens publics (associations caritatives ou environnementales, défense nationale, transport public, etc...) qui existent et perdurent, notamment grâce aux contributions volontaires des individus et en dépit de la prédiction pessimiste de la théorie économique (Isaac et al., 1984). De même, de nombreux résultats expérimentaux illustrent que, contrairement à ce que la théorie économique prévoit, la contribution individuelle au bien public n'est pas systématiquement nulle (Chamberlin, 1978; Marwell and Ames, 1979, 1980, 1981; Isaac et al., 1982). En effet, si l'hypothèse est très largement acceptée du fait de sa rigueur théorique (Marwell and Ames, 1981), la littérature expérimentale tend à démontrer que le problème du passager clandestin est loin d'être aussi problématique qu'escompté (Marwell and Ames, 1979; Dawes and Thaler, 1988) : la totalité des agents n'adopte pas le comportement de passager clandestin et la contribution collective au bien public se situe à mi-chemin entre l'équilibre de Pareto et l'équilibre de Nash (Marwell and Ames, 1981). Ce n'est que lorsque les choix se répètent que les contributions décroissent et tendent vers un équilibre dans lequel les individus ne contribuent pas (Isaac et al., 1982, 1984; Isaac and Walker, 1988; Kim and Walker, 1984). Différentes explications ont alors été avancées pour expliquer cette divergence entre la théorie et les observations empiriques et expérimentales.

Dans les années 80, [Andreoni \(1988\)](#) propose deux motifs potentiels au déclin des contributions au bien public, l'apprentissage et la stratégie, qu'il teste par le biais de deux expériences basées sur un traitement *partenaires* (la composition du groupe reste la même durant tout le jeu) et un traitement *inconnus* (la composition du groupe change après chaque prise de décision).

N'étant pas familiers du jeu de bien public, les sujets peuvent avoir plus ou moins de difficultés à appréhender les tenants et les aboutissants du jeu. La répétition du jeu permettrait alors l'apprentissage : le joueur va identifier la stratégie dominante pour ensuite l'appliquer. Ainsi, au fur et à mesure des périodes, les joueurs vont cesser de contribuer au bien public dès lors qu'ils apprennent, par expérience, la stratégie optimale selon l'équilibre de Nash. Cependant, si l'apprentissage est à l'origine du déclin des contributions au bien public, il ne devrait pas s'observer lorsque des joueurs expérimentés jouent. Dans une de ses expériences, [Andreoni \(1988\)](#) a donc fait rejouer le même jeu aux mêmes joueurs. Dans le cas du traitement *partenaires* comme dans le cas du traitement *inconnus*, l'auteur a observé un rebond des contributions : la contribution moyenne au bien public à la première période du second jeu était supérieure à la contribution moyenne au bien public à la dernière période du premier jeu. Ce résultat semble donc invalider l'hypothèse d'apprentissage.

L'hypothèse alternative pour expliquer la décroissance des contributions au bien public envisage qu'elle résulte de comportements stratégiques adoptés par les joueurs. Ces comportements stratégiques se distinguent de l'équilibre de Nash par leurs anticipations. En effet, l'équilibre de Nash suppose que tous les joueurs vont anticiper un comportement rationnel de la part des autres joueurs, ce qui n'est pas forcément le cas. A la période 1, un joueur peut croire que ses partenaires ne vont pas jouer rationnellement et vont donc contribuer au bien public. En réponse, s'il choisit de ne pas contribuer au bien public, il va révéler son statut de passager clandestin et annihiler toute tentative de coopération. En revanche, s'il choisit de contribuer au bien public, il envoie un signal de coopération et masque son intention d'être passager clandestin pour inciter les autres joueurs à coopérer. Tant qu'il contribue, le joueur bénéficiera alors du bien public comme n'importe quel contributeur. Ce n'est qu'à partir du moment où il se révélera en tant que passager clandestin qu'il maximisera son bénéfice jusqu'à ce que les autres joueurs cessent à leur tour de contribuer au bien public. Mais cette stratégie n'est pas possible lorsque la composition des groupes change à chaque période : chaque prise de décision du traitement *inconnus* est un nouveau jeu puisque les partenaires ont changé. Signaler sa volonté de coopérer est alors inutile puisqu'elle ne peut pas avoir l'effet incitatif escompté : les partenaires de jeux recevant le signal ne sont pas ceux qui pourront y répondre ensuite. Ainsi, si les contributions aux biens publics observées dans les jeux de bien public résultent bien de comportements stratégiques, ces contributions ne devraient pas exister dans le

traitement *inconnus* et la contribution au bien public du traitement *partenaires* devrait donc être supérieure à celle du traitement *inconnus*. Pourtant, l'expérience d'[Andreoni \(1988\)](#) présente le résultat inverse, ce qui semble invalider l'hypothèse des comportements stratégiques. Et même si ce dernier résultat n'est pas systématiquement observé par la suite ([Andreoni and Croson, 2008](#)), l'observation d'une diminution des contributions au bien public dans le traitement *inconnus*, alors que les comportements stratégiques ne sont pas possibles, semble donc indiquer qu'ils ne peuvent pas être responsables, à eux-seuls, de la diminution des contributions.

Pour [Brekke et al. \(2011\)](#), les individus seraient plus ou moins enclins à contribuer en fonction de l'importance qu'ils accordent à un principe éthique sous-jacent. Ainsi, les individus pro-sociaux auraient davantage tendance à contribuer au bien public. Cette explication est à mettre en relation avec [Fischbacher and Gächter \(2008\)](#) qui observent une forte hétérogénéité des préférences sociales et qui, eux, distinguent 3 profils de joueurs différents :

- le passager clandestin : qui ne contribue jamais au bien public et maximise son propre intérêt. Il est rationnel et adopte la stratégie dominante.
- l'altruiste inconditionnel : qui contribue toujours au bien public au maximum et qui est assimilable à l'individu pro-social de [Brekke et al. \(2011\)](#).
- le contributeur conditionnel : qui augmente sa contribution au bien public lorsque la contribution des autres augmente et diminue sa contribution au bien public lorsque la contribution des autres diminue ([Croson, 2007](#); [Fischbacher et al., 2001](#)). D'après [Fehr and Fischbacher \(2004\)](#), le contributeur conditionnel suit une norme sociale qui préconise la coopération lorsque les autres coopèrent et qui juge acceptable d'arrêter de coopérer lorsque les autres arrêtent de coopérer.

Ce serait alors la composition du groupe des sujets, et plus précisément leurs préférences sociales hétérogènes, qui causerait le déclin des contributions au bien public. En effet, dans leur expérience, [Fischbacher and Gächter \(2008\)](#) observe une grande majorité de passagers clandestins et de contributeurs conditionnels et seulement quelques altruistes inconditionnels. L'intuition derrière le déclin des contributions au bien public serait alors celle énoncée par [Andreoni \(1995\)](#) : dans une tentative de coopération, les contributeurs conditionnels contribueraient au bien public, ce qui leur causerait de la frustration en réalisant qu'ils sont la « vache à lait » de passagers clandestins. Cette frustration entraînerait alors un arrêt de leur effort de contribution. Ainsi, d'après ce raisonnement, l'isolation des passagers clandestins devrait permettre un maintien des contributions entre des joueurs prêts à coopérer. Et c'est effectivement ce qu'observent [Burlando and Guala \(2005\)](#), [Gächter and Thöni \(2005\)](#), [Page et al. \(2005\)](#) et [Gunnthorsdottir et al. \(2007\)](#).

Si l'explication du déclin des contributions au bien public est encore discutée, le phé-

nomène en lui-même semble admis par la littérature. La question que l'on peut alors se poser, étant donné qu'on a vu dans l'introduction que la qualité environnementale peut être assimilée à un bien public, est si les actions pro-environnementales telles que le recyclage sont vouées à s'amenuiser jusqu'à disparaître puisqu'elles constituent la contribution des individus à la qualité environnementale.

3.2.2 Le problème des passagers clandestins dynamique

La littérature statique néglige, par définition, le caractère durable de la plupart des biens publics (Battaglini et al., 2014). En effet, l'accumulation d'un bien public n'est pas instantanée mais progressive et, de la même manière, sa disparition résulte d'une dégradation étalée dans le temps. L'interaction avec le bien public s'étendant dans la durée, la répétition des prises de décision semble être la première étape de l'intégration de la durabilité des biens publics. Schelling (1960) suppose d'ailleurs que cette caractéristique serait incitative puisqu'elle donne l'opportunité aux joueurs d'effectuer de petites contributions qui leur permettent, à moindre coût, d'établir progressivement la confiance. Il prend alors l'exemple de deux personnes qui se mettent d'accord de contribuer chacune 1 million de dollars à la Croix Rouge. Si la contribution a lieu en une période, tenter de coopérer peut s'avérer très coûteux si l'autre joueur adopte la stratégie de passager clandestin. En revanche, si la contribution s'étend sur plusieurs périodes, la contribution de 1 million de dollars peut se répartir sur plusieurs contributions moins risquées car plus faibles, ce qui devrait inciter les joueurs à coopérer puisqu'ils ont moins à perdre si leur anticipation de l'action de l'autre s'avère fautive. Pourtant, comme évoqué dans la section précédente, l'intégration de cette dynamique dans les jeux de biens publics se solde par de nombreuses études démontrant un déclin de la contribution au bien public et ne permet donc pas d'expliquer la subsistance des nombreux exemples de biens publics que l'on peut observer dans la vie quotidienne.

Une intuition est que la dimension durable d'un bien public ne se résume pas uniquement à la répétition identique des prises de décision. En effet, si les périodes se répètent en réinitialisant le stock de bien public à chaque fois, seul l'effet de l'interaction répétée avec les mêmes joueurs peut être capté. Cette indépendance du bien public entre les différentes périodes occulte une importante composante dynamique soulignée par Battaglini et al. (2012) : les joueurs prennent leur décision de contribution en étant confrontés à un stock de contributions accumulées dans le temps et qui varie d'une période à l'autre. L'environnement des prises de décision n'est donc pas identique à chaque période. Et en ce sens, la littérature des jeux de biens publics durable est peu prolifique (Battaglini et al., 2016). Fershtman and Nitzan (1991) sont parmi les premiers à mettre en place un environnement dans lequel la dimension de stock est intégrée au bien public (Dockner

et al., 2005). Dans leur article, les joueurs coopèrent pour mener à bien un projet commun par le biais de contributions continues qui s'accumulent dans le temps, formant ainsi un stock qui évolue. Ce stock a également la particularité d'avoir une valeur initiale et de se dégrader naturellement. Fershtman and Nitzan (1991) déterminent alors :

- le stock de bien public à l'équilibre de Pareto dans lequel le revenu cumulé de l'ensemble du groupe est maximisé.
- le stock de bien public à l'équilibre de Nash en boucle ouverte dans lequel les joueurs planifient, à la date initiale, leurs contributions au bien public en maximisant leur revenu individuel, connaissant les contributions au bien public planifiées par les autres. Pour que cet équilibre existe, il faut que les joueurs soient capables de s'engager à respecter leur itinéraire de contributions de manière crédible (Van Long, 2010). Si les joueurs respectent leurs contributions planifiées, une révision de la stratégie à n'importe quelle date conduira aux mêmes contributions. Cet équilibre est donc cohérent dans le temps. En revanche, il n'est pas robuste aux perturbations : si au moins un joueur dévie de son itinéraire de contributions, une révision de la stratégie conduira à des contributions différentes.
- le stock de bien public à l'équilibre de Nash parfait au sens de Markov dans lequel les agents développent une règle de décision markovienne qui va déterminer, à chaque période, la contribution au bien public adaptée pour maximiser leur revenu individuel en fonction de la valeur observée du stock de bien public. Ici, l'historique des contributions importe peu mais influencera indirectement la décision de contribution en se reflétant dans la valeur du stock (Dockner et al., 2000).

Ils observent alors que le stock à l'équilibre de Pareto est supérieur au stock à l'équilibre de Nash en boucle ouverte, lui-même supérieur au stock à l'équilibre de Nash parfait au sens de Markov. Cette divergence entre l'équilibre de Pareto et les équilibres de Nash montre que le problème des passagers clandestins existe dans un environnement dynamique et se traduit par un stock de bien public insuffisant. Fershtman and Nitzan (1991) indiquent que l'équilibre de Nash en boucle ouverte est l'équivalent dynamique de l'équilibre de Nash statique et donc que l'intégration d'une dynamique sous forme de stock aggraverait le problème des passagers clandestins.

De plus en plus, la littérature privilégie l'équilibre de Nash parfait au sens de Markov plutôt que l'équilibre de Nash en boucle ouverte dans le cadre dynamique (Van Long, 2010) car plusieurs arguments plaident en faveur de cet équilibre. Tout d'abord, le reproche que l'on peut faire à la stratégie associée à l'équilibre de Nash en boucle ouverte est le fait qu'elle n'exploite pas la dynamique du jeu : les joueurs établissent leur itinéraire de contributions au bien public au début du jeu et pas en fonction de leurs interactions avec les autres joueurs (Dockner et al., 2000). De plus, l'engagement sur un itinéraire de

contributions au bien public n'est pas toujours possible et, même lorsque c'est possible, si l'engagement n'est pas assez crédible, un joueur peut tout à fait penser que les contributions se feront en réponse au niveau de la variable de stock. Il peut alors être tenté d'adopter un comportement opportuniste en augmentant son revenu individuel par une faible contribution, forçant les autres joueurs à contribuer davantage par la suite, pour compenser. Et si les autres joueurs anticipent ce genre de déviations opportunistes, ils vont également peu contribuer du bien public. Ainsi l'équilibre de Nash en boucle ouverte est difficile à atteindre à cause des comportements opportunistes et de la suspicion de ces derniers (Van Long, 2010). Enfin, d'un point de vue pratique, l'équilibre de Nash parfait au sens de Markov se caractérise également par sa simplicité puisque le joueur base sa stratégie uniquement sur la variable de stock (Dockner et al., 2000). Ainsi, l'imparfaite observabilité des actions des autres joueurs n'empêche pas le joueur de déterminer sa prochaine contribution (Marx and Matthews, 2000). L'équilibre de Nash parfait au sens de Markov semble donc plus réaliste et applicable.

La présence du problème des passagers clandestin dans le cadre dynamique déterminée par Fershtman and Nitzan (1991) rejoint tragédie des communs, développée par Hardin (1968), qui prévoit que l'accès libre au stock d'une ressource résulte en une ressource surexploitée (Van Long, 2010). Et empiriquement, McWhinnie (2009) observe effectivement que le fait de partager un stock influence significativement son statut d'exploitation : dans son étude, plus les pays partageant la ressource halieutique sont nombreux, plus la probabilité que la ressource halieutique soit surexploitée augmente. Le partage d'un stock de ressources semble donc mettre en danger son maintien.

Dans les années 90, Admati and Perry (1991) étudient également la contribution à projet commun mais en s'éloignant davantage d'une situation applicable à la qualité environnementale. En effet, dans leur étude, le projet se construit par l'accumulation des contributions des joueurs mais n'existe pas avant celle-ci. De même, les joueurs ne contribuent pas simultanément mais séquentiellement. Admati and Perry (1991) déterminent alors l'équilibre parfait en sous-jeu, correspondant à l'équilibre de Nash parfait au sens de Markov (Van Long, 2010), et indiquent que le projet n'est achevé que si son coût n'est pas trop élevé. Ici encore, le résultat des auteurs corrobore celui de Fershtman and Nitzan (1991) : l'équilibre de Nash parfait au sens de Markov et l'équilibre de Pareto divergent, conduisant à des projets socialement désirables ne se réalisant pas parce qu'ils sont trop coûteux.

De même, Marx and Matthews (2000) montrent que le problème des passagers clandestins existe mais indiquent qu'il peut être adouci par la dimension dynamique du jeu. Le bien public de leur article est un projet public à l'origine d'un bénéfice public qui est une fonction du niveau de bien public accumulé et auquel vient s'ajouter, une fois le projet réalisé, un bonus d'achèvement. Par une approche théorique, ils estiment que

l'équilibre de Nash parfait au sens de Markov dans le jeu statique diverge de celui du jeu dynamique uniquement en présence d'un bonus d'achèvement. Dans ce cas de figure, la version dynamique du jeu peut offrir davantage d'équilibres de Nash parfait au sens de Markov permettant d'achever le projet que la version statique, allégeant ainsi le problème des passagers clandestins. En se basant sur [Marx and Matthews \(2000\)](#), [Duffy et al. \(2007\)](#) ont comparé une version statique et une version dynamique de la même expérience et ont observé que cette dernière version présentait des contributions supérieures et que, contrairement à la version statique, certains groupes arrivaient à réaliser le projet public. Ce résultat confirme donc ce que [Marx and Matthews \(2000\)](#) suggéraient théoriquement : la dimension dynamique du jeu semble participer à réduire le problème des passagers clandestins. En revanche, [Duffy et al. \(2007\)](#) contredisent [Marx and Matthews \(2000\)](#), qui soutiennent que le bonus d'achèvement est une condition nécessaire à cet adoucissement du problème en observant que cet effet positif du cadre dynamique se confirme également en l'absence d'un bonus d'achèvement du projet.

Plus récemment, [Battaglini et al. \(2016\)](#) se sont intéressés au problème des passagers clandestins dans le cadre d'un jeu de bien public dynamique caractérisé par l'accumulation du bien public. Les joueurs sont confrontés à un stock durable, d'une valeur initiale positive ou nulle, auquel ils peuvent contribuer et qui ne se dégrade pas naturellement. Les résultats théoriques des auteurs confirment la présence du problème des passagers clandestins puisqu'ils estiment un stock de bien public socialement optimal supérieur au stock de bien public à l'équilibre de Nash parfait au sens de Markov. Empiriquement, et comme dans les jeux de bien public statique, aucun de ces deux équilibres ne se réalisent et le stock observé est à mi-chemin entre les deux. De même, l'investissement observé est à mi-chemin entre celui nécessaire aux deux équilibres, même si l'écart avec celui de l'équilibre de Nash parfait au sens de Markov tend à diminuer au fur et à mesure des périodes. Dans l'absolu, l'investissement des individus tend vers 0, semblant indiquer que, comme dans les jeux de bien public statiques, la coopération entre les joueurs s'amenuise.

La littérature concernant les jeux de bien public dynamiques n'étant pas encore très fournie, le problème des passagers clandestins n'y est pas aussi bien défini que celui des jeux de bien public statique. Toutefois, les travaux réalisés jusqu'à présent semblent suggérer qu'il existerait, au minimum dans une version amoindrie.

3.3 Construction d'un protocole

3.3.1 [Andreoni \(1988\)](#)

Notre expérience participe donc à la littérature des jeux de bien public dynamiques en l'étoffant d'une observation supplémentaire et s'inscrit dans une démarche déductive

qui pose l'hypothèse que le problème des passagers clandestins existe également dans le jeu de bien public dynamique.

Les paramètres de notre expérience s'inspirent très largement de l'article d'[Andreoni \(1988\)](#) qui décrit lui-même sa propre expérience comme « *typique de la plupart des expériences de bien public* ». Dans son expérience, le jeu dure 10 périodes durant lesquelles les joueurs sont répartis en groupe de 5 joueurs. Dans son traitement *partenaires*, les mêmes joueurs interagissent pendant ces 10 périodes. En revanche, dans le traitement *étrangers*, la composition des groupes changent aléatoirement à chaque période, empêchant la mise en place de comportements stratégiques. Ces deux traitements sont au coeur de la problématique de l'article d'[Andreoni \(1988\)](#) puisqu'ils permettent de tester des explications au déclin des contributions au bien public (cf. section 3.2.1). À chacune des périodes de jeu, les joueurs recevront une dotation de 50 tokens qu'ils peuvent choisir d'investir soit dans un bien privé, soit dans un bien public. Chaque token investi dans le bien privé est entièrement perçu par l'individu qui l'a investi tandis que chaque token investi dans le bien public rapporte 0,5 token à celui qui l'a investi et 0,5 token à chacun des membres du groupe de celui qui l'a investi. Ainsi, si le revenu privé ne dépend que des choix de l'individu concerné, le revenu public dépend des choix de l'ensemble des membres du groupe de l'individu. Les joueurs prennent leur décision simultanément et sans communiquer, connaissant uniquement l'état du bien public associé à leur groupe, c'est-à-dire la somme des contributions au bien public de leur groupe à la période précédente.

[Andreoni \(1988\)](#) détermine ensuite les équilibres : à l'équilibre de Pareto, les individus contribuent la totalité de leur dotation dans le bien public tandis qu'à l'équilibre de Nash, il n'y a aucune contribution au bien public. Les résultats de son expérience sont les suivants : les contributions au bien public décroissent dans le temps, passant de 48,4% et 50% de la contribution de l'optimum social à la période 1 à 11,6% et 24,4% de la contribution de l'optimum social à la période 10, pour le traitement *partenaires* et *étranger* respectivement. Ces résultats semblent cohérents avec la littérature puisque [Ledyard \(1994\)](#) estime qu'en général, dans un jeu de bien public statique classique d'une période, la contribution des individus est comprise en 40 et 60% de celle de l'optimum social et qu'il est établi que les contributions diminuent dans le temps lorsque le jeu se répète.

3.3.2 Protocole final

Notre expérience reprend donc le traitement *partenaires* d'[Andreoni \(1988\)](#), à quelques variations près. En effet, notre expérience contextualise davantage le jeu de bien public en identifiant le bien public comme étant la qualité environnementale et la contribution au bien public comme étant un effort de tri sélectif. Idéalement, un traitement supplémentaire reproduisant le traitement *partenaires* d'[Andreoni \(1988\)](#) en le contextualisant serait donc

à privilégier lors de la réalisation en laboratoire de l'expérience.

De plus, dans le cadre d'un premier pilote réalisé en mars 2020 que nous évoquerons dans la section suivante (section 3.4.1), nous avons simplifié le jeu d'Andreoni (1988) en le rendant moitié moins long et en faisant en sorte de nécessiter moins de participants. Cependant, du fait de la situation sanitaire, nous n'avons pas pu envisager de mener l'expérience à son terme en la réalisant dans un laboratoire d'économie expérimentale et avons donc conservé les paramètres expérimentales les plus pratiques. Ce faisant, contrairement à Andreoni (1988), notre jeu dure 5 périodes au lieu de 10 périodes et chaque groupe est composé de 4 joueurs au lieu de 5 joueurs.

D'après les résultats d'Andreoni (1988), 5 périodes semblent suffisantes pour déterminer la tendance des contributions au bien public : en effet, à la période 5, les contributions au bien public avaient baissé de 23,7% par rapport à la période 1 pour le traitement *partenaires*. De plus, Diederich et al. (2016) estiment que la taille du groupe de joueurs a un effet positif sur les contributions au bien public dans un jeu de bien public statique : plus le nombre de membres du groupe augmente, plus la contribution au bien public est forte. Dans une moindre mesure, cette observation tend à se confirmer également dans un cadre dynamique puisque Battaglini et al. (2016) constatent que les stocks de bien public des périodes 1 à 5 sont significativement supérieurs dans les groupes de 5 membres par rapport à ceux des groupes de 3 membres, indiquant que les groupes de 5 joueurs contribuent davantage, en proportion, au bien public que les groupes de 3 joueurs. Ainsi, les groupes de notre expérience étant plus petits, les contributions observées dans notre expérience tendront à être plus faibles que celles qui devraient être obtenues en réalisant l'expérience avec des groupes de 5 joueurs.

3.3.2.1 Traitement *stock*

En Chapter C se trouvent les instructions du traitement *stock* de notre expérience. Durant cette dernière, les joueurs raisonnent en tokens indivisibles et ce n'est qu'à la fin de l'expérience que le paiement total de chaque joueur est converti en euros au taux 1 token = 0,01€. Les joueurs sont prévenus que des groupes de 4 personnes vont être aléatoirement formés et que les membres d'un même groupe vont interagir durant 5 périodes. La dotation qu'ils perçoivent à chaque période est une constante de 50 tokens qu'ils doivent individuellement investir dans un compte privé ou dans le bien public, avec pour seule condition que leur contribution au bien public soit un chiffre ou un nombre entier.

3.3.2.1.1 Le bien public : la qualité environnementale

Le bien public auquel les joueurs peuvent contribuer est la qualité environnementale. Cette dernière prend la forme d'un stock inspiré de celui de Battaglini et al. (2016) : c'est un stock qui existait avant l'expérience et peut perdurer après l'expérience. À la période 1, les joueurs sont donc confrontés à un stock initial S_0 qui va évoluer en fonction des décisions prises par les joueurs. Cependant, contrairement au stock de bien public de Battaglini et al. (2016), le stock de qualité environnementale se dégrade naturellement. L'évolution du stock peut alors être décrit par l'équation suivante :

$$S_t = S_{t-1} - D_t + G_t \quad (3.1)$$

Ainsi, le stock à la fin de la période t , S_t , dépend du stock de la période précédente, S_{t-1} , auquel s'ajoute deux effets :

- D_t , la dégradation de la qualité environnementale à la période t qui traduit la pollution résultant de la production de biens et services à la période t . Cette pollution est considérée comme exogène et est donc définie comme une constante fixée à 200. À chaque période t , le stock de qualité environnementale diminue donc de $D_t = 200$.
- G_t , l'effort de tri sélectif collectif des joueurs à la période t qui limite la dégradation de la qualité environnementale due à la pollution. Dans ce jeu de bien public, la contribution au bien public d'un joueur i à la date t , $g_{t,i} \in [0; 50]$, prend la forme d'un effort de tri sélectif. Le tri sélectif permet de réinjecter de la matière dans le processus de production et donc d'éviter la pollution nécessaire à son extraction. Ainsi, le tri sélectif de chacun des joueurs s'additionne et forme le tri sélectif collectif qui vient augmenter le stock de qualité environnementale en limitant la pollution nécessaire à la production de biens et services.

$$G_t = \sum_{i=1}^4 g_{t,i} \quad \in [0; 200] \quad (3.2)$$

Ainsi, chaque token qu'un individu investit dans le tri sélectif accroît l'effort collectif (équation 3.2) et donc augmente le stock de qualité environnementale d'une unité entière (équation 3.1). Le niveau du stock de bien public est ensuite à l'origine d'un revenu du bien public perçu par chaque joueur du groupe, représentant le bénéfice que chaque individu tire du stock de qualité environnementale : qualité de l'air, biodiversité, etc... Dans le cadre de notre expérience, nous posons l'hypothèse simplificatrice que ce bénéfice est le même pour tous les joueurs.

Le revenu du bien public à la période t , $R_{pu,t}$, est défini par l'équation 3.3 dont la représentation graphique est présentée dans la figure 3.1. Le taux de change étant de

1 token = 0,01€, chaque unité de revenu du bien public correspond à 1 centime d'euro. Ce faisant, le revenu du bien public est arrondi à l'entier le plus proche à chaque période pour que le revenu soit payable :

$$R_{pu,t} = \frac{216}{2 + 485 \times e^{-0,008 \times S_{t-1}}} \quad (3.3)$$

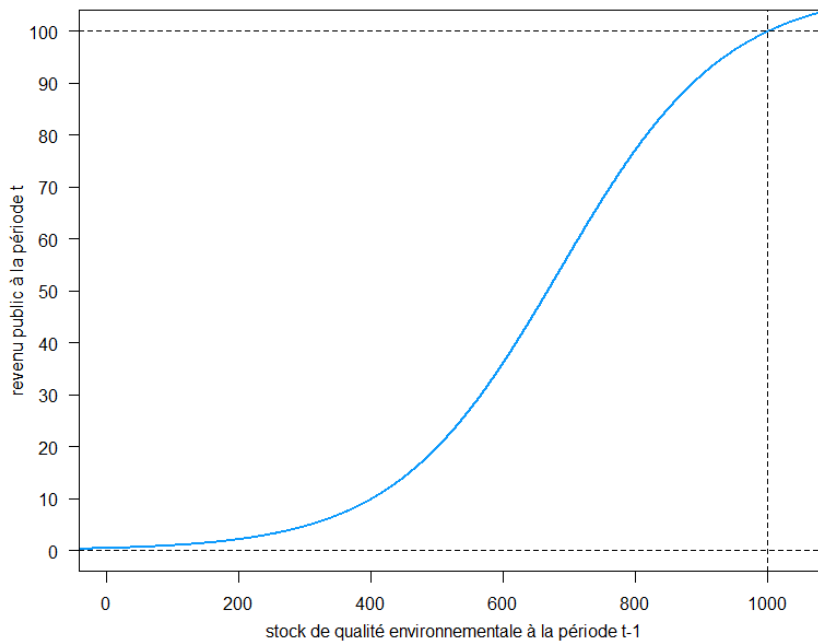


FIGURE 3.1 – Le revenu public à la période t dépend du stock de qualité environnementale à la période $t - 1$

Étant donné que le stock s'actualise en fin de période d'après l'équation 3.1, le revenu du bien public à la période t dépend du stock de qualité environnementale à la fin de la période précédente $t - 1$ puisqu'au moment de la prise de décision, c'est de ce stock-là que l'individu bénéficie. Ainsi, à la première période, le revenu du bien public dépend du stock de qualité environnementale initial $S_0 = 1000$ et, quel que soit l'effort de tri sélectif collectif d'un groupe, le revenu du bien public initial est $R_{pu,1} = 100$. Par la suite, la valeur du revenu public dépendra des actions des joueurs.

Au cours des 5 périodes, les individus ne pourront jamais augmenter le stock de qualité environnementale. En effet, même s'ils choisissent à une date t de consacrer l'entièreté de leur dotation au tri sélectif, ils ne parviendront qu'à maintenir le stock constant :

3.3.2.1.2 Le compte privé

À chaque période, il est donc demandé à chaque joueur d'indiquer uniquement le nombre de tokens qu'il souhaite investir dans le tri sélectif, $g_{t,i}$. En soustrayant cet in-

vestissement dans le tri sélectif à la dotation du joueur, on peut alors en déduire $x_{t,i}$, le nombre de tokens que le joueur choisit d'investir dans son compte privé :

$$x_{t,i} = 50 - g_{t,i} \quad \in [0; 50] \quad (3.4)$$

Le compte privé de notre expérience est on ne peut plus classique. Il ressemble trait pour trait au compte privé du jeu d'Andreoni (1988) avec un rendement privé de 1 : chaque token investi dans le compte privé est entièrement transféré dans le revenu du compte privé du joueur qui l'investit. Le revenu du compte privé à la période t , $R_{pr,t}$ est donc :

$$R_{pr,t,i} = 1 \times x_{t,i} \quad (3.5)$$

Ainsi, on observe que le revenu du compte privé d'un joueur ne dépend que de son investissement dans le compte privé à la période t . De même, et contrairement au revenu du bien public, le revenu du compte privé n'est perçu que par le joueur qui a investi dedans.

3.3.2.1.3 Le paiement

Au moment de décider combien de tokens investir dans le tri sélectif, certains paramètres du jeu sont rappelés : le nombre total de périodes du jeu, le nombre de joueurs par groupe, la dotation dont le joueur dispose ainsi que le rendement du compte privé. Le stock initial de qualité environnementale S_0 , le stock de qualité environnementale au moment de la prise de décision S_{t-1} et le revenu public qu'il génère pour la période en question $R_{pu,t}$ sont également renseignés, ainsi que la dégradation de l'environnement à venir. Ainsi, lorsqu'il prend sa décision, le joueur connaît déjà le revenu qu'il percevra pour cette période, $R_{t,i}$:

$$\begin{aligned} R_{t,i} &= R_{pr,t,i} + R_{pu,t} \\ &= 1 \times x_{t,i} + \frac{216}{2 + 485 \times e^{-0,008 \times S_{t-1}}} \\ &= 1 \times (50 - g_{t,i}) + \frac{216}{2 + 485 \times e^{-0,008 \times S_{t-1}}} \\ &= 50 - g_{t,i} + \frac{216}{2 + 485 \times e^{-0,008 \times S_{t-1}}} \end{aligned} \quad (3.6)$$

À la fin de la 5^{ème} période, le joueur perçoit son paiement total P_i , somme de ses revenus à chaque période, dont la valeur, avant d'être converti en euros au taux 1 token = 0,01€,

est définie par l'équation suivante :

$$\begin{aligned}
 P_i &= \sum_{t=1}^5 R_{t,i} = 5 \times 50 - \sum_{t=1}^5 g_{t,i} + \sum_{t=1}^5 \left[\frac{216}{2 + 485 \times e^{-0,008 \times S_{t-1}}} \right] \\
 &= 350 - \sum_{t=1}^5 g_{t,i} + \sum_{t=2}^5 \left[\frac{216}{2 + 485 \times e^{-0,008 \times S_{t-1}}} \right]
 \end{aligned} \tag{3.7}$$

En ce qui concerne le bien public, le stock final de qualité environnementale, S_5 est converti en euros selon le même taux de change que le paiement : 1 token = 0,01€. Le montant ainsi obtenu est ensuite versé à l'association *The SeaCleaners* qui travaille effectivement à limiter la pollution plastique des océans. En effet, leur projet emblématique est le Manta, un bateau qui collecte et recycle les déchets plastiques qu'il trouve dans l'océan. Outre cette action de revalorisation de déchets, le Manta va également protéger la population de phytoplanctons photosynthétiques des additifs des déchets plastiques qui, lessivés, sont une menace pour eux. Ainsi protégés, les phytoplanctons vont continuer de produire en masse du dioxygène par photosynthèse permettant un maintien du taux d'oxygène dans l'atmosphère.

3.3.2.1.4 Équilibre de Pareto

À chaque période de jeu, l'utilité qu'il reste à percevoir pour un individu est définie par l'équation 3.8 :

$$\begin{aligned}
 U_{t,i}^+ &= \sum_{n=t}^5 R_{t,i} + \delta \times S_5 \\
 &= \sum_{n=t}^5 R_{pr,n,i} + \sum_{n=t}^5 R_{pu,n}(S_{n-1}) + \delta \times S_5 \\
 &= \sum_{n=t}^5 (1 \times x_{n,i}) + \sum_{n=t}^5 R_{pu,n}(S_{n-1}) + \delta \times S_5 \\
 &= (6 - t) \times 50 - \sum_{n=t}^5 g_{n,i} + \sum_{n=t}^5 R_{pu,n}(S_{n-1}) + \delta \times S_5
 \end{aligned} \tag{3.8}$$

Cette utilité intègre les revenus privés et publics qu'il reste à percevoir ainsi qu'une valorisation du don fait à l'association *The SeaCleaners*. En effet, les individus peuvent être incités à maintenir le stock du fait du don à l'association. Ce faisant, ils valorisent le stock final puisqu'il influencera la valeur du don : chaque unité supplémentaire de stock final ou centime ajouté au montant du don est à l'origine d'une augmentation de l'utilité s'élevant à δ .

La somme des utilités qu'il reste à percevoir pour l'ensemble des individus à chaque

période est alors la somme des revenus privés et publics de tous les individus additionnée à la somme des valorisation du stock final :

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^4 U_{t,i}^+ &= \sum_{i=1}^4 \left((6-t) \times 50 - \sum_{n=t}^5 g_{n,i} + \sum_{n=t}^5 R_{pu,n}(S_{n-1}) + \delta \times S_5 \right) \\ &= 4 \times (6-t) \times 50 - \sum_{i=1}^4 \left(\sum_{n=t}^5 g_{n,i} + \sum_{n=t}^5 R_{pu,n}(S_{n-1}) \right) + 4 \times \delta \times S_5 \end{aligned} \quad (3.9)$$

À l'équilibre de Pareto, le planificateur maximise la somme des utilités pour tous les joueurs et pour toute la durée du jeu. Cette somme des utilités correspond à la somme pour tous les individus des utilités qu'il reste à percevoir à la période 1 :

$$\sum_{i=1}^4 U_{1,i}^+ = 4 \times 5 \times 50 - \sum_{i=1}^4 \left(\sum_{n=1}^5 g_{n,i} + \sum_{n=1}^5 R_{pu,n}(S_{n-1}) \right) + 4 \times \delta \times S_5 \quad (3.10)$$

L'équilibre considéré étant symétrique, les revenus publics et privés perçus seront les mêmes pour tous les individus. Cette propriété permet alors d'écrire :

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^4 U_{1,i}^+ &= 4 \times 5 \times 50 - 4 \times \left(\sum_{n=1}^5 g_{n,i} + \sum_{n=1}^5 R_{pu,n}(S_{n-1}) \right) + 4 \times \delta \times S_5 \\ &= 1000 - \sum_{n=1}^5 4 \times g_{n,i} + 4 \times \sum_{n=1}^5 R_{pu,n}(S_{n-1}) + 4 \times \delta \times S_5 \end{aligned} \quad (3.11)$$

On pose alors l'effort de tri du groupe à la période t $G_t = 4 \times g_{t,i}$ tel que le programme de maximisation du planificateur est défini par l'équation suivante :

$$\max_{\{G_1, G_2, G_3, G_4, G_5\}} \sum_{i=1}^4 U_{1,i}^+ = 1000 - \sum_{n=t}^5 G_t + 4 \times \sum_{n=1}^5 R_{pu,n}(S_{n-1}) + 4 \times \delta \times S_5 \quad (3.12)$$

sous contrainte $S_t = S_{t-1} - 200 + G_t$

3.3.2.1.4.1 Cas continu

Afin de simplifier l'analyse de la dynamique sous-jacente du jeu, nous avons d'abord déterminé l'équilibre de Pareto symétrique dans le cas continu, c'est-à-dire lorsque le revenu du bien public n'est pas arrondi.

Le programme de maximisation présenté dans l'équation 3.12 peut alors se résoudre par rétro-induction, en maximisant l'utilité qu'il reste à percevoir à chaque période en commençant par la période 5 et en finissant par la période 1. Connaissant la valeur du stock à la période précédente, S_4 , le planificateur va déterminer la contribution d'équilibre

en maximisant la somme des utilités qu'il reste à percevoir à la 5^{ème} période :

$$\begin{aligned}
 \sum_{i=1}^4 U_{5,i}^+ &= \sum_{i=1}^4 \left((6-5) \times 50 - \sum_{n=5}^5 g_{n,i} + \sum_{n=5}^5 R_{pu,n}(S_{n-1}) + \delta \times S_5 \right) \\
 &= 4 \times (1 \times 50 - g_{5,i} + R_{pu,5}(S_4) + \delta \times S_5) \\
 &= 200 - G_5 + 4 \times R_{pu,5}(S_4) + 4 \times \delta \times (S_4 - 200 + G_5) \tag{3.13}
 \end{aligned}$$

L'équation 3.13 permet d'observer qu'à la période 5, l'effort de tri du groupe G_5 n'influence aucun revenu public. En effet, à chaque date t , l'effort de tri du groupe ne génère de bénéfice que par son action sur les stocks à la date suivante et le revenu public que ces derniers génèrent (équations 3.1 et 3.3). La période 5 étant la dernière période de ce jeu, les stocks suivants ne seront pas considérés et ne généreront donc aucun revenu public influencé par G_5 . Pour le planificateur, l'effort de tri du groupe est donc uniquement associé à un coût marginal de 1 et à un bénéfice marginal de $4 \times \delta$. Étant donné que le stock final ne génèrera pas de revenu par la suite, nous posons l'hypothèse qu'à la dernière période, le planificateur n'a aucune raison de privilégier le stock et est donc indifférent entre une unité d'effort de tri et une unité investie dans le compte privé tel que :

$$\begin{aligned}
 1 &= 4 \times \delta \\
 \text{d'où } \delta &= \frac{1}{4} = 0.25 \tag{3.14}
 \end{aligned}$$

À la période 5, l'indifférence entre une unité investie dans le compte privé et une unité investie dans le tri conduit à une multitude de stratégies symétriques optimales. En effet, à cette période, quel que soit le stock précédent S_4 considéré, tous les efforts de tri du groupe maximiseront l'utilité globale qu'il reste à percevoir puisque le coût et le bénéfice de l'effort s'annulent. À l'équilibre de Pareto symétrique, $G_{5,P_C}^* = 4 \times k$ tel que $g_{5,P_C}^* = k$ avec $k \in [0; 50]$.

À la période 4, la somme des utilités qu'il reste à percevoir pour tous les individus est donc :

$$\begin{aligned}
 \sum_{i=1}^4 U_{4,i}^+ &= \sum_{i=1}^4 \left((6-4) \times 50 - \sum_{n=4}^5 g_{n,i} + \sum_{n=4}^5 R_{pu,n}(S_{n-1}) + 0.25 \times S_5 \right) \\
 &= 4 \times 2 \times 50 - 4 \times g_{4,i} - 4 \times g_{5,P_C}^* + 4 \times R_{pu,4}(S_3) + 4 \times R_{pu,5}(S_4) \\
 &\quad + 4 \times 0.25 \times (S_4 - 200 + 4 \times g_{5,P_C}^*) \\
 &= 400 - G_4 - G_{5,P_C}^* + 4 \times R_{pu,4}(S_3) + 4 \times R_{pu,5}(S_3 - 200 + G_4) \\
 &\quad + (S_3 - 400 + G_4 + G_{5,P_C}^*) \tag{3.15}
 \end{aligned}$$

L'équation 3.15 montre qu'à la période 4, l'effort de tri du groupe influence le revenu public de la période suivante. Augmenter l'effort collectif de tri d'une unité est alors intéressant lorsque le coût marginal est inférieur au bénéfice marginal :

$$1 < 1 + 4 \times \frac{\partial R_{pu,5}(S_3 - 200 + G_4)}{\partial G_4} \quad (3.16)$$

Le revenu public de la période 5 étant une fonction croissante du stock S_4 , lui-même positivement influencé par G_4 (cf équation 3.1), l'effort de tri du groupe à la période 4 est donc à l'origine d'un revenu public croissant à la période 5 tel que :

$$4 \times \frac{\partial R_{pu,5}(S_3 - 200 + G_4)}{\partial G_4} > 0 \quad (3.17)$$

Le bénéfice marginal d'une unité supplémentaire de tri est donc toujours supérieur au coût marginal. Ce faisant, il est toujours intéressant, d'un point de vue social, que tous les individus contribuent toute leur dotation à la période 4. À l'équilibre de Pareto symétrique, l'effort de tri du groupe est $G_{4,PC}^* = 200$ et l'effort de tri de chaque joueur est $g_{4,PC}^* = 50$.

À la période 3, la somme des utilités qu'il reste à percevoir pour tous les individus est donc :

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^4 U_{3,i}^+ &= \sum_{i=1}^4 \left((6-3) \times 50 - \sum_{n=3}^5 g_{n,i} + \sum_{n=3}^5 R_{pu,n}(S_{n-1}) + 0.25 \times S_5 \right) \\ &= 4 \times 3 \times 50 - 4 \times g_{3,i} - 4 \times g_{4,PC}^* - 4 \times g_{5,PC}^* + 4 \times R_{pu,3}(S_2) + 4 \times R_{pu,4}(S_3) \\ &\quad + 4 \times R_{pu,5}(S_4) + 4 \times 0.25 \times (S_4 - 200 + 4 \times g_{5,PC}^*) \\ &= 600 - G_3 - G_{4,PC}^* - G_{5,PC}^* + 4 \times R_{pu,3}(S_2) + 4 \times R_{pu,4}(S_2 - 200 + G_3) \\ &\quad + 4 \times R_{pu,5}(S_3 - 200 + G_{4,PC}^*) + (S_3 - 400 + G_{4,PC}^* + G_{5,PC}^*) \\ &= 600 - G_3 - G_{4,PC}^* - G_{5,PC}^* + 4 \times R_{pu,3}(S_2) + 4 \times R_{pu,4}(S_2 - 200 + G_3) \\ &\quad + 4 \times R_{pu,5}(S_2 - 400 + G_3 + G_{4,PC}^*) + (S_2 - 600 + G_3 + G_{4,PC}^* + G_{5,PC}^*) \\ &= 600 - G_3 - 200 - G_{5,PC}^* + 4 \times R_{pu,3}(S_2) + 4 \times R_{pu,4}(S_2 - 200 + G_3) \\ &\quad + 4 \times R_{pu,5}(S_2 - 400 + G_3 + 200) + (S_2 - 600 + G_3 + 200 + G_{5,PC}^*) \\ &= 400 - G_3 - G_{5,PC}^* + 4 \times R_{pu,3}(S_2) + 4 \times R_{pu,4}(S_2 - 200 + G_3) \\ &\quad + 4 \times R_{pu,5}(S_2 - 200 + G_3) + (S_2 - 400 + G_3 + G_{5,PC}^*) \\ &= 400 - G_3 - G_{5,PC}^* + 4 \times R_{pu,3}(S_2) + 8 \times R_{pu,4}(S_2 - 200 + G_3) \\ &\quad + (S_2 - 400 + G_3 + G_{5,PC}^*) \end{aligned} \quad (3.18)$$

À cette période, l'effort de tri influence le revenu public des deux périodes qui suivent. Augmenter l'effort collectif de tri d'une unité est pertinent lorsque le coût marginal est

inférieur au bénéfice marginal :

$$1 < 1 + 8 \times \frac{\partial R_{pu,4}(S_2 - 200 + G_3)}{\partial G_3} \quad (3.19)$$

Par le même raisonnement que pour l'équation 3.16, on sait que la dérivée du revenu public de la période 4 par rapport à l'effort de tri à la période 4 est toujours positive tel que :

$$8 \times \frac{\partial R_{pu,4}(S_2 - 200 + G_3)}{\partial G_3} > 0 \quad (3.20)$$

Pour le planificateur, il est donc toujours bénéfique de contribuer une unité supplémentaire au tri collectif à la période 3. L'équilibre de Pareto symétrique est alors $G_{3,PC}^* = 200$, soit $g_{3,PC}^* = 50$.

À mesure que la période considérée recule, le bénéfice marginal d'une unité supplémentaire de tri collectif à la période considérée s'accroît d'un bénéfice marginal pour une période future, multiplié par 4. Étant donné que ce bénéfice supplémentaire découle toujours d'une fonction croissante d'un stock futur, lui-même toujours fonction croissante de la contribution à la période considérée, il est toujours positif et rend toujours plus rentable le fait d'augmenter autant que possible l'effort collectif de tri à la période considérée. Ainsi, pour les périodes 2 et 1, les stratégies de l'équilibre de Pareto symétrique sont $G_{2,PC}^* = 200$ et $G_{1,PC}^* = 200$, soit $g_{2,PC}^* = 50$ et $g_{1,PC}^* = 50$. L'itinéraire de contributions collectives de l'optimum de Pareto symétrique continu est donc $G_{PC}^* = \{200; 200; 200; 200; 4 \times k\}$ avec $k \in [0; 50]$, ce qui, traduit en itinéraire de contributions individuelles, correspond donc $g_{PC}^* = \{200; 200; 200; 200; k\}$.

3.3.2.1.4.2 Cas discret

Cependant, afin de faciliter le paiement, nous avons fait le choix d'arrondir le revenu public à l'entier le plus proche. Ces arrondis ont alors pour effet que plusieurs stocks sont à l'origine d'un même revenu. Sur la figure 3.2, on peut effectivement observer des plateaux formés par les stocks générant le même revenu.

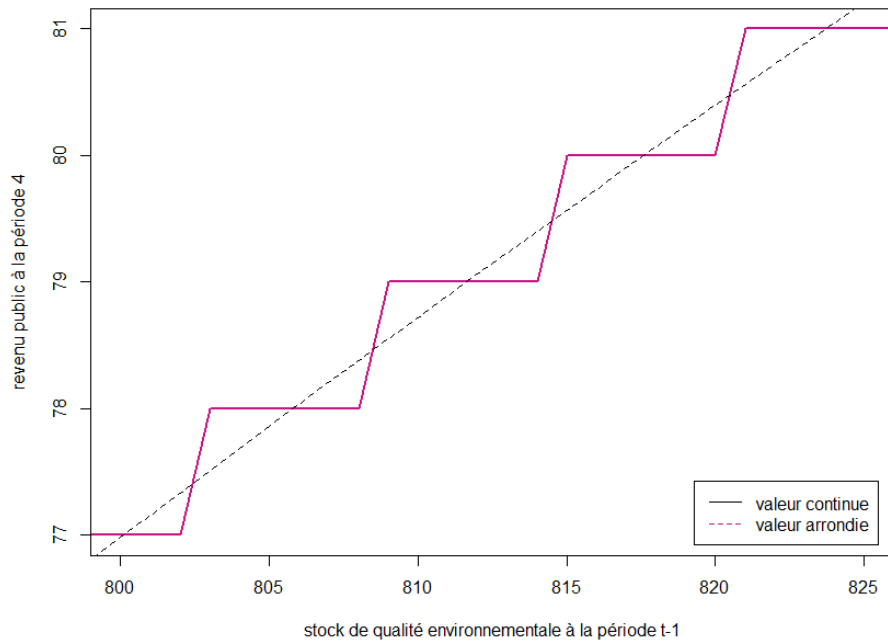


FIGURE 3.2 – Le revenu public arrondi cause le fait que plusieurs stocks sont à l’origine d’un même revenu quand le revenu public continu associe une seule valeur unique à chaque stock

Ainsi, face au stock $S_0 = 1000$, le revenu public à la période suivante est le même que l’effort collectif de tri soit 196 ou 200. Si, par la suite, le groupe maintient son effort à 200, l’utilité globale perçue durant le jeu sera la même que s’ils avaient contribué 200 à chaque période. Le supplément d’utilité perçue par le groupe en ne contribuant que 196 à la première période est entièrement compensé par la perte d’utilité liée à un stock final plus faible. Cette réduction de l’effort de tri sans perte ni gain peut se produire une fois par jeu à n’importe quelle période, multipliant ainsi les équilibres de Pareto dans le cas discret. La figure 3.3 présente l’ensemble des équilibres de Pareto symétriques dans le cas discret.

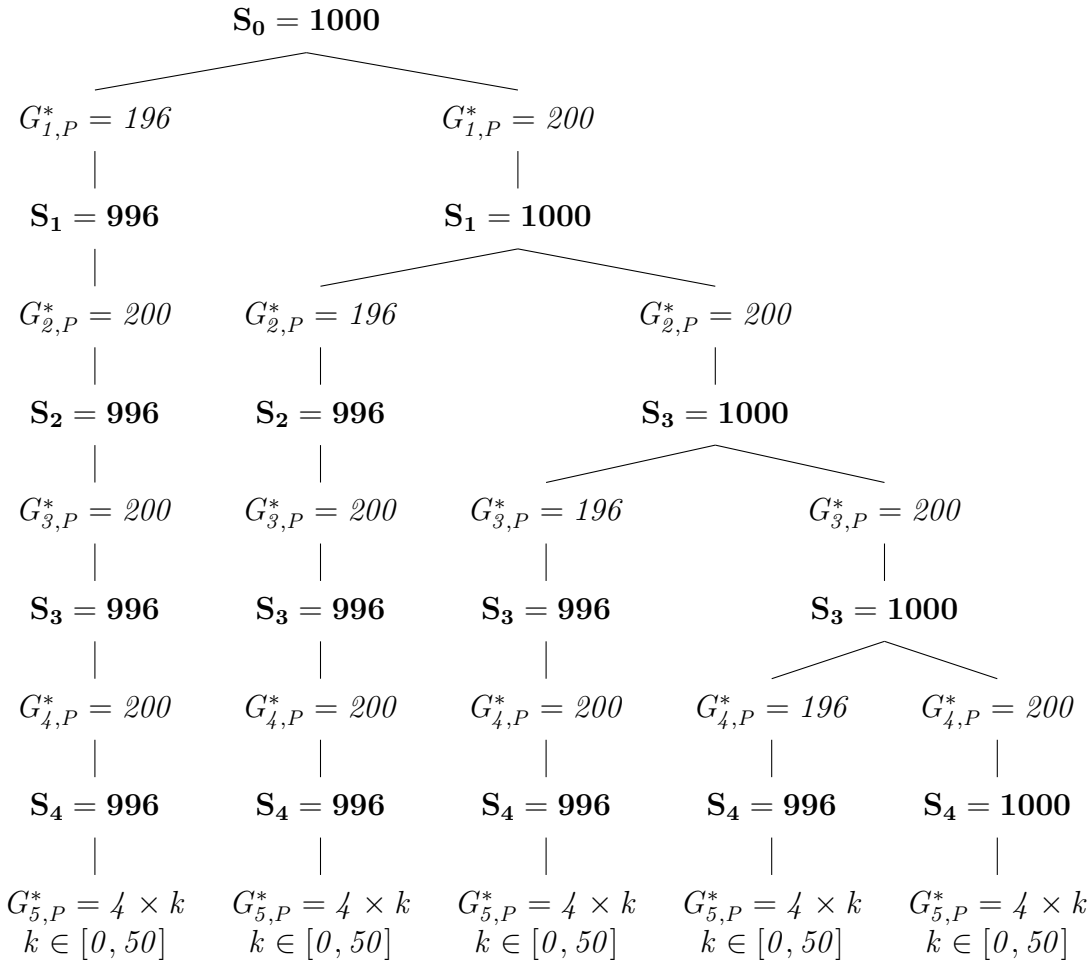


FIGURE 3.3 – Arbre des équilibres de Pareto symétriques dans le cas discret (255 itinéraires de contributions)

3.3.2.1.5 Équilibre de Nash parfait au sens de Markov

L'équilibre de Nash parfait au sens de Markov (NPM) est une situation dans laquelle l'individu détermine, à chaque période, une règle de décision en fonction du stock qui maximisera l'utilité qu'il lui reste à percevoir, quelle que soit la contribution des autres joueurs $G_{t,-i}$. À nouveau, la stratégie d'équilibre se détermine par rétro-induction c'est-à-dire en commençant par trouver la règle de décision de la période 5 et en finissant par celle de la période 1.

3.3.2.1.5.1 Cas continu

Ainsi, en adaptant l'équation 3.8 à la période 5 :

$$\begin{aligned} U_{5,i}^+ &= (6 - 5) \times 50 - \sum_{n=5}^5 g_{n,i} + \sum_{n=5}^5 R_{pu,n}(S_{n-1}) + 0.25 \times S_5 \\ &= 1 \times 50 - g_{5,i} + R_{pu,5}(S_4) + 0.25 \times (S_4 - 200 + g_{5,i} + G_{5,-i}) \end{aligned} \quad (3.21)$$

Avec $G_{5,-i}$, l'effort de tri des autres membres du groupe à la période 5 sur lequel l'individu ne peut pas agir.

Dans l'équation 3.21, l'effort de tri de l'individu g_5 n'influence aucun revenu public. En effet, cet effort de tri participe au revenu public de la période suivante et, étant donné que la période 5 est la dernière, $g_{5,i}$ ne sera donc à l'origine d'aucun bénéfice public. À la période 5, le bénéfice marginal d'une unité supplémentaire de tri investie par l'individu est donc uniquement 0.25 tandis que le coût marginal est 1. La comparaison du bénéfice-coût en faveur du coût conduit à conclure que, quel que soit le stock S_4 auquel l'individu est confronté en début de période 5, il ne doit donc pas contribuer du tout s'il veut maximiser l'utilité qu'il lui reste à percevoir et $g_{5,MC}^* = 0$.

À la période 4, l'utilité individuelle qu'il reste à percevoir, pour chaque joueur i , est :

$$\begin{aligned} U_{4,i}^+ &= (6 - 4) \times 50 - \sum_{n=4}^5 g_{n,i} + \sum_{n=4}^5 R_{pu,n}(S_{n-1}) + 0.25 \times S_5 \\ &= 2 \times 50 - g_{4,i} - g_{5,MC}^* + R_{pu,4}(S_3) + R_{pu,5}(S_4) \\ &\quad + 0.25 \times (S_4 - 200 + 4 \times g_{5,MC}^*) \\ &= 100 - g_{4,i} + R_{pu,4}(S_3) + R_{pu,5}(S_3 - 200 + g_{4,i} + G_{4,-i}) \\ &\quad + 0.25 \times (S_3 - 400 + g_{4,i} + G_{4,-i}) \end{aligned} \quad (3.22)$$

avec $G_{4,-i}$, l'effort de tri des autres membres du groupe à la période 4.

La stratégie $g_{4,i}$ choisie pour la période 4 aura un impact sur le revenu public perçu à la période 5. Ce faisant, le revenu public marginal perçu à la période 5 d'une unité supplémentaire de tri à la période 4 fait donc partie du bénéfice marginal :

$$0.25 + \frac{\partial R_{pu,5}(S_3 - 200 + g_{4,i} + G_{4,-i})}{\partial g_{4,i}} \quad (3.23)$$

Ce bénéfice marginal doit alors être comparé au coût marginal d'une unité supplémentaire de tri, à savoir 1. Afin de maximiser l'utilité qu'il lui reste à percevoir, le joueur doit augmenter son effort de tri tant que le coût marginal d'une unité de tri supplémentaire

est inférieur au bénéfice marginal, c'est-à-dire :

$$1 < 0.25 + \frac{\partial R_{pu,5}(S_3 - 200 + g_{4,i})}{\partial g_{4,i}}$$

$$\text{D'où } \frac{\partial R_{pu,5}(S_3 - 200 + g_{4,i})}{\partial g_{4,i}} > 0.75 \quad (3.24)$$

Une recherche exhaustive nous a conduit à observer que, quel que soit le stock S_3 auquel le joueur est confronté et quelle que soit la contribution des autres $G_{4,-i}$, le joueur maximise l'utilité qu'il lui reste à percevoir lorsqu'il ne contribue pas. Autrement dit, la condition 3.24 n'est jamais vérifiée à cette période et $g_{4,MC}^* = 0$.

À la période 3, le joueur détermine son effort de tri de manière à maximiser l'utilité individuelle qu'il lui reste à percevoir :

$$U_{3,i}^+ = (6 - 3) \times 50 - \sum_{n=3}^5 g_{n,i} + \sum_{n=3}^5 R_{pu,n}(S_{n-1}) + 0.25 \times S_5$$

$$= 3 \times 50 - g_{3,i} - g_{4,MC}^* - g_{5,MC}^* + R_{pu,3}(S_2) + R_{pu,4}(S_3) + R_{pu,5}(S_4)$$

$$+ 0.25 \times (S_4 - 200 + 4 \times g_{5,MC}^*)$$

$$= 150 - g_{3,i} - g_{4,MC}^* - g_{5,MC}^* + R_{pu,3}(S_2) + R_{pu,4}(S_2 - 200 + g_{3,i} + G_{3,-i})$$

$$+ R_{pu,5}(S_3 - 200 + 4 \times g_{4,MC}^*) + 0.25 \times (S_3 - 400 + 4 \times g_{5,MC}^* + 4 \times g_{4,MC}^*)$$

$$= 150 - g_{3,i} - g_{4,MC}^* - g_{5,MC}^* + R_{pu,3}(S_2) + R_{pu,4}(S_2 - 200 + g_{3,i} + G_{3,-i})$$

$$+ R_{pu,5}(S_2 - 400 + 4 \times g_{4,MC}^* + g_{3,i} + G_{3,-i})$$

$$+ 0.25 \times (S_2 - 600 + 4 \times g_{5,MC}^* + 4 \times g_{4,MC}^* + g_{3,i} + G_{3,-i})$$

$$= 150 - g_{3,i} + R_{pu,3}(S_2) + R_{pu,4}(S_2 - 200 + g_{3,i} + G_{3,-i})$$

$$+ R_{pu,5}(S_2 - 400 + g_{3,i} + G_{3,-i})$$

$$+ 0.25 \times (S_2 - 600 + g_{3,i} + G_{3,-i}) \quad (3.25)$$

avec $G_{3,-i}$, l'effort de tri des autres membres du groupe à la période 3.

L'effort de tri choisi par le joueur à la période 3 influence le revenu public des périodes 4 et 5. Ces revenus publics marginaux d'une unité supplémentaire de tri à la période 3 doivent donc être intégrés dans le bénéfice marginal :

$$0.25 + \frac{\partial R_{pu,4}(S_2 - 200 + g_{3,i} + G_{3,-i})}{\partial g_{3,i}} + \frac{\partial R_{pu,5}(S_2 - 400 + g_{3,i} + G_{3,-i})}{\partial g_{3,i}} \quad (3.26)$$

Il est plus rentable d'augmenter son effort de tri d'une unité supplémentaire lorsque le

coût marginal est inférieur à ce bénéfice marginal :

$$1 < 0.25 + \frac{\partial R_{pu,4}(S_2 - 200 + g_{3,i} + G_{3,-i})}{\partial g_{3,i}} + \frac{\partial R_{pu,5}(S_2 - 400 + g_{3,i} + G_{3,-i})}{\partial g_{3,i}}$$

D'où $\frac{\partial R_{pu,4}(S_2 - 200 + g_{3,i} + G_{3,-i})}{\partial g_{3,i}} + \frac{\partial R_{pu,5}(S_2 - 400 + g_{3,i} + G_{3,-i})}{\partial g_{3,i}} > 0.75$ (3.27)

À nouveau, une recherche exhaustive nous permet de conclure que, quel que soit le stock S_2 auquel le joueur est confronté et quelle que soit la contribution des autres $G_{3,-i}$, ne rien contribuer est la stratégie qui permet à l'individu de maximiser l'utilité qu'il lui reste à percevoir tel que $g_{3,M_C} = 0$. La condition 3.27 n'est donc jamais vérifiée à cette période.

On observe à nouveau qu'à mesure que la période considérée recule, le bénéfice marginal d'une unité supplémentaire de tri individuel à la période considérée s'accroît d'un bénéfice marginal pour une période future. Ce bénéfice supplémentaire étant toujours la dérivée d'une fonction croissante d'un stock futur, lui-même toujours fonction croissante de la contribution individuelle à la période considérée, il est toujours positif et tend à rendre rentable le fait que contribuer au stock. Cependant, une recherche exhaustive sur les périodes suivantes tend à montrer qu'il n'est jamais rentable de contribuer aux périodes 2 et 1 tel que $g_{2,M_C}^* = 0$ et $g_{1,M_C}^* = 0$. L'itinéraire des contributions individuelles de l'équilibre NPM symétrique continu est donc $g_{M_C}^* = \{0, 0, 0, 0, 0\}$.

3.3.2.1.5.2 Cas discret

La recherche de l'équilibre NPM symétrique dans le cas discret adopte exactement la même stratégie que dans le cas continu à ceci près que les revenus publics sont contraints à être des entiers. Si pour les 3 dernières périodes les équilibres NPM symétriques continu et discret sont identiques avec $g_{5,M}^* = g_{5,M_C}^* = 0$, $g_{4,M}^* = g_{4,M_C}^* = 0$ et $g_{3,M}^* = g_{3,M_C}^* = 0$, ils divergent pour les périodes 1 et 2.

En effet, à ces deux périodes, tous les joueurs ont un intérêt commun à augmenter leur effort individuel de tri d'une unité et dévier de cette stratégie conduit à ne pas être optimal. Le fait de tous contribuer une unité supplémentaire dans le tri permet d'accroître suffisamment la décimale d'un futur revenu public non arrondi pour pouvoir l'arrondir à l'entier supérieur. L'augmentation de 1 unité du futur revenu public arrondi va alors compenser le coût de l'effort individuel. À l'équilibre NPM discret et symétrique, $g_{2,M}^* = 1$ et $g_{1,M}^* = 1$ tel que l'itinéraire de contributions individuelles est $g_M^* = \{1, 1, 0, 0, 0\}$.

Les équilibres de Nash parfait au sens de Markov et de Pareto divergeant, le problème des passagers clandestins est attendu dans le traitement *stock*. En effet, si certains joueurs adoptent l'itinéraire de contributions individuelles de l'équilibre de Nash parfait au sens de Markov, leurs contributions seront inférieures à celles nécessaires à l'optimum de Pareto

et le stock de qualité environnementale sera insuffisant pour être socialement optimal.

3.3.2.2 Traitement *intermédiaire*

L'Chapter D contient les instructions du traitement *intermédiaire* de l'expérience. Ce traitement est qualifié d'intermédiaire car il reproduit le traitement *partenaires* de [Andreoni \(1988\)](#), en ajoutant la dimension de stock sans que celle-ci n'affecte directement le revenu les joueurs. En effet, dans ce traitement, le stock de qualité environnementale est renseigné de manière indicative mais n'intervient pas dans le calcul des revenus des individus.

La situation de décision est la même que dans le traitement *stock* : les joueurs utilisent des tokens indivisibles avec un taux de change 1 token = 0,01€ et ne perçoivent leur paiement total qu'au terme de 5 périodes de jeu dans un groupe de 4 joueurs dont la composition est aléatoire et ne varie pas au cours du jeu. Les joueurs connaissent la durée et la taille de leur groupe mais ne connaissent pas l'identité des joueurs avec qui ils jouent. À chaque période, ils perçoivent une dotation individuelle de 50 tokens à investir dans leur compte privé ou dans le bien public. Le token étant indivisible, la contribution au bien public ne peut être qu'un chiffre ou un nombre entier.

3.3.2.2.1 Le bien public : la qualité environnementale

Le bien public considéré est le même que celui du traitement *stock* : la qualité environnementale prend la forme d'un stock qui préexiste à hauteur de $S_0 = 1000$ et qui évolue au fur et à mesure des périodes, selon les décisions prises par les joueurs, en suivant l'évolution décrite dans l'équation 3.1 de la section 3.3.2.1.1.

Cependant, contrairement au traitement *stock*, le stock de bien public ne détermine pas le revenu public. En effet, le revenu de bien public à la période t est une fonction linéaire de l'effort de tri sélectif du groupe à la période t uniquement, G_t :

$$R_{pu,t} = 0,5 \times G_t \quad (3.28)$$

Le revenu public, tel que calculé dans l'équation 3.28, est à l'image du revenu public de l'expérience d'[Andreoni \(1988\)](#). Chaque token investi dans le tri sélectif génère 0,5 token pour tous les membres du groupe. Ainsi, d'un point de vue global, chaque token investi dans le tri sélectif rapporte 2,5 tokens à l'ensemble du groupe.

3.3.2.2.2 Le compte privé

Ici encore, le compte privé est le même que celui du traitement *stock* et est donc équivalent au bien privé d'[Andreoni \(1988\)](#). À la période t , la contribution au compte

privé se déduit par soustraction de la contribution au bien public indiquée par le joueur à la dotation (cf équation 3.4 de la section 3.3.2.1.2).

La contribution au compte privé est ensuite multiplié par 1 pour former le revenu du compte privé (cf. équation 3.5 de la section 3.3.2.1.2). Chaque token investi dans le compte privé rapporte 1 token à celui qui l’investi et uniquement à lui.

3.3.2.2.3 Différences avec le traitement *stock* de notre expérience et avec le traitement *partenaires* d’Andreoni (1988)

Le traitement *intermédiaire* se trouve à mi-chemin entre le traitement *stock* de notre expérience et le traitement *partenaires* d’Andreoni (1988). En effet, les traitements *stock* et *intermédiaire* sont tous deux inspirés du traitement *partenaires* en adoptant les mêmes paramètres, sauf pour la durée du jeu et la taille des groupes, et le même bien privé.

Le traitement *stock* introduit la présence du bien public sous la forme de stock de qualité environnementale qui évolue par le biais de la pollution et des contributions au tri sélectif de l’ensemble du groupe. Ce stock est repris dans le traitement *intermédiaire* mais, contrairement au traitement *stock*, il n’influence pas le revenu du bien public. Dans le traitement *intermédiaire*, le bien privé et le bien public sont équivalents à ceux du traitement *partenaires*, à ceci près que les joueurs sont notifiés de l’évolution d’un stock de qualité environnementale sans que celui-ci influencera la valeur du don fait à l’association.

Dans l’hypothèse où le stock a un effet sur les contributions, l’intérêt du traitement *intermédiaire* est alors de déterminer si le stock doit nécessairement influencer le revenu direct du joueur pour générer un effet.

Il est toutefois à noter que la contextualisation de nos traitements et celle du traitement *partenaires* d’Andreoni (1988) diffèrent, ce qui peut potentiellement causer des différences au niveau des résultats. En effet, le bien public de notre expérience est identifié comme la qualité environnementale et la contribution comme des efforts de tri sélectif. Idéalement, il faudrait donc créer un traitement *contrôle* reprenant exactement le traitement *partenaires* mais contextualisant le bien public et la contribution.

3.3.2.2.4 Equilibre de Pareto

L'utilité qu'il reste à percevoir pour un individu à chaque période est la suivante :

$$\begin{aligned}
 U_{t,i}^+ &= \sum_{n=t}^5 R_{t,i} + \delta \times S_5 \\
 &= \sum_{n=t}^5 R_{pr,n,i} + \sum_{n=t}^5 R_{pu,n} + \delta \times S_5 \\
 &= \sum_{n=t}^5 (1 \times x_{n,i}) + \sum_{n=t}^5 0.5 \times G_n + \delta \times S_5 \\
 &= \sum_{n=t}^5 (1 \times (50 - g_{n,i})) + \sum_{n=t}^5 0.5 \times G_n + \delta \times S_5 \\
 &= (6 - t) \times 50 - \sum_{n=t}^5 g_{n,i} + \sum_{n=t}^5 0.5 \times G_n + \delta \times S_5
 \end{aligned} \tag{3.29}$$

Cette utilité est donc composée des revenus perçus par l'individu ainsi que de l'utilité perçue grâce au don fait à l'association *The SeaCleaners* par le biais du dernier terme. Étant donné que les conditions de don à l'association sont les mêmes que dans le traitement *stock*, nous posons l'hypothèse que la valorisation du don à l'association est la même tel que $\delta = 0.25$.

À l'équilibre de Pareto, l'utilité perçue par l'ensemble des individus durant la totalité du jeu est maximisée. Cette utilité correspond alors à l'utilité qu'il reste à percevoir à la période initiale pour tous les individus :

$$\sum_{i=1}^4 U_{1,i}^+ = \sum_{i=1}^4 \left(5 \times 50 - \sum_{n=1}^5 g_{n,i} + \sum_{n=1}^5 0.5 \times G_n + 0.25 \times S_5 \right) \tag{3.30}$$

L'équilibre de Pareto recherché étant symétrique, on peut alors écrire :

$$\begin{aligned}
 \sum_{i=1}^4 U_{1,i}^+ &= 4 \times \left(5 \times 50 - \sum_{n=1}^5 g_{n,i} + \sum_{n=1}^5 0.5 \times G_n + 0.25 \times S_5 \right) \\
 &= 4 \times 5 \times 50 - 4 \times \sum_{n=1}^5 g_{n,i} + 4 \times \sum_{n=1}^5 0.5 \times G_n + 4 \times 0.25 \times (S_4 - 200 + G_5) \\
 &= 1000 - \sum_{n=1}^5 4 \times g_{n,i} + 4 \times 0.5 \times \sum_{n=1}^5 G_n + (S_3 - 400 + G_5 + G_4) \\
 &= 1000 - \sum_{n=1}^5 G_n + 2 \times \sum_{n=1}^5 G_n + (S_2 - 600 + G_5 + G_4 + G_3) \\
 &= 1000 - G_1 - G_2 - G_3 - G_4 - G_5 + 2 \times G_1 + 2 \times G_2 + 2 \times G_3 + 2 \times G_4 \\
 &\quad + 2 \times G_5 + (S_1 - 800 + G_5 + G_4 + G_3 + G_2) \\
 &= 1000 - G_1 - G_2 - G_3 - G_4 - G_5 + 2 \times G_1 + 2 \times G_2 + 2 \times G_3 + 2 \times G_4 \\
 &\quad + 2 \times G_5 + (S_0 - 1000 + G_5 + G_4 + G_3 + G_2 + G_1) \tag{3.31}
 \end{aligned}$$

À chaque période, augmenter l'effort collectif de tri de une unité représente un coût de 1 mais génère un utilité immédiate de 2 due au revenu public généré par l'effort ainsi qu'une utilité finale de 1 due à l'augmentation du stock final. Le bénéfice marginal étant toujours supérieur au coût marginal, maximiser l'utilité perçue par l'ensemble des individus durant la totalité du jeu nécessite que les joueurs contribuent la totalité de leur dotation à chaque période. À l'équilibre de Pareto symétrique, $G_P^* = \{200, 200, 200, 200, 200\}$ tel que $g_p^* = \{50, 50, 50, 50, 50\}$.

3.3.2.2.5 Equilibre de Nash parfait au sens de Markov

À l'équilibre de Nash parfait au sens de Markov (NPM), chaque joueur détermine une règle de décision qui lui permettra, à chaque période, de choisir son effort de tri qui maximisera l'utilité qu'il lui reste à percevoir, quelle que soit la contribution des autres joueurs $G_{t,-i}$. L'équilibre NPM se détermine par rétro-induction, c'est à dire en trouvant la règle de décision de la dernière période et en reculant jusqu'à la période initial.

À la période 5, l'utilité que le joueur va maximiser est l'utilité qu'il lui reste à percevoir à la date 5 :

$$\begin{aligned}
 U_{5,i}^+ &= (6 - 5) \times 50 - g_{5,i} + 0.5 \times (g_{5,i} + G_{5,-i}) + 0.25 \times S_5 \\
 &= 50 - g_{5,i} + 0.5 \times (g_{5,i} + G_{5,-i}) + 0.25 \times (S_4 - 200 + g_{5,i} + G_{5,-i}) \tag{3.32}
 \end{aligned}$$

À cette période, une unité d'effort individuel de tri supplémentaire génère une utilité de

$0.5 + 0.25 = 0.75$ et représente un coût de 1. Le coût marginal d'augmenter son effort individuel de tri de 1 unité étant toujours supérieur au bénéfice marginal, l'individu n'a jamais intérêt à contribuer. À l'équilibre NPM symétrique, $g_{5,M}^* = 0$.

À la période 4, l'utilité à maximiser est la suivante :

$$\begin{aligned}
 U_{4,i}^+ &= (6 - 4) \times 50 - \sum_{n=4}^5 g_{n,i} + \sum_{n=4}^5 0.5 \times G_n + 0.25 \times S_5 \\
 &= 2 \times 50 - g_{4,i} - g_{5,M}^* + 0.5 \times (g_{4,i} + G_{4,-i}) + 0.5 \times 4 \times g_{5,M}^* \\
 &\quad + 0.25 \times (S_4 - 200 + 4 \times g_{5,M}^*) \\
 &= 100 - g_{4,i} + 0.5 \times (g_{4,i} + G_{4,-i}) + 0.25 \times (S_3 - 400 + g_{4,i} + G_{4,-i}) \quad (3.33)
 \end{aligned}$$

À nouveau, chaque unité d'effort individuel de tri est associée à un bénéfice marginal de $0.5 + 0.25 = 0.75$ et un coût marginal de 1. Ce faisant, augmenter son effort individuel de tri ne permet jamais à l'individu de maximiser l'utilité qu'il lui reste à percevoir. La stratégie $g_{4,M}^*$ est donc égale à 0 à l'équilibre NPM symétrique.

En appliquant ce raisonnement à toutes les périodes, l'itinéraire de contributions individuelles de l'équilibre NPM symétrique est $g_M^* = \{0, 0, 0, 0, 0\}$. En effet, le revenu public généré par une unité supplémentaire d'effort individuel de tri est le même à chaque période 0, 5 et l'utilité qu'il génère est identique d'une période à l'autre. De plus, le stock est une fonction croissante qui augmente de 1 lorsque l'effort individuel de tri augmente de 1, quelle que soit la période. La valorisation d'une unité de stock final étant constante, une unité supplémentaire d'effort individuel de tri génère une augmentation de la valorisation du stock final de 0.25. Ce faisant, le bénéfice marginal d'une unité supplémentaire d'effort individuel de tri est toujours $0.5 + 0.25 = 0.75$ tandis que le coût marginal, constant d'une période à l'autre, est 1. Il n'est donc jamais intéressant, pour l'individu, d'accroître son effort individuel de tri.

À nouveau, les équilibres de Nash parfait au sens de Markov et de Pareto diffèrent. Dès lors qu'un individu adopte un comportement de passager clandestin dicté par son intérêt personnel, il causera un stock de qualité environnementale insuffisant par rapport à celui de l'équilibre de Pareto. Le problème des passagers clandestins est donc également attendu dans le traitement *intermédiaire*.

3.3.2.3 Questionnaire

L'expérience est accompagnée d'un questionnaire dans lequel les individus répondent à des questions nous permettant d'observer leurs motivations (Chapter G). [Barr et al. \(2003\)](#) distinguent 3 catégories de déterminants usuels aux comportements pro-environnementaux : les valeurs environnementales, les facteurs situationnels et les variables psychologiques.

Parmi les facteurs situationnels investigués se trouvent les variables socio-démographiques telles que le sexe, la tranche d'âge, le niveau d'étude, la situation familiale et professionnelle, le fait d'avoir un ou des enfants ou encore le fait d'avoir déjà contribué à une association caritative ou à une association de protection de l'environnement.

Parmi les variables psychologiques étudiées dans notre questionnaire, se trouve l'importance que les individus accordent à différents problèmes environnementaux (gestion des déchets, surexploitation des ressources, pollution de la nature, menace sur les espèces en danger et la biodiversité). Sur une échelle de 1 à 10, l'individu devait indiquer le niveau d'importance de chaque problématique, 10 indiquant que le problème était « *extrêmement important* » tandis que 1 signalait qu'il ne l'était pas du tout. Le questionnaire s'intéresse également à la nécessité d'agir par le biais d'une échelle sur laquelle le participant devait indiquer son accord avec des affirmations telles que « *Les problèmes environnementaux sont souvent surestimés* », « *Les problèmes environnementaux vont être résolus par les avancées technologiques* » et « *Les problèmes environnementaux doivent être résolus par les générations futures* ».

Dans une moindre mesure, l'altruisme est étudié par le degré d'accord avec la phrase « *Je ne suis pas disposé(e) à faire des efforts pour l'environnement si les autres n'en font pas* » qui aborde la dimension désintéressée du recyclage altruiste. De même, les comportements passés et les habitudes sont observées dans le questionnaire en demandant aux individus s'ils recyclent sur leur lieu de résidence, sur leur lieu de travail, sur leur lieu de vacances et les différents matériaux usuellement recyclés par l'individu. Les normes sociales, quant à elles, sont étudiées en indiquant la proportion du foyer qui trie et la perception que les individus ont de leur propre recyclage par rapport à celui de leurs voisins.

Enfin, ce que Barr et al. (2003) appellent les valeurs environnementales est étudié par le biais de l'échelle du Nouveau Paradigme Environnemental (*New Environmental Paradigm*, NEP) de Dunlap et al. (2000).

En plus du bloc de questions du questionnaire, chaque prise de décision est suivie de la question suivante : « *Pensez-vous avoir investi dans le tri sélectif un effort supérieur à l'effort moyen des autres membres de votre groupe ?* ». L'objectif de cette question est de déterminer comment le participant situe sa contribution par rapport à celles des autres membres de son groupe et peut donc être relié au fait de se sentir dans la norme sociale, mieux que celle-ci ou moins-bien que celle-ci.

Entre le premier pilote et le pilote, une question additionnelle a été ajoutée aux facteurs situationnels du questionnaire. Cette question demande aux participants d'indiquer leur principale contrainte au tri entre le manque de temps, le manque d'espace et le manque d'information. Une réponse « aucune » était disponible pour les individus qui ne parvenaient pas à déterminer de contrainte à leur tri.

3.4 Expérience

3.4.1 Premier pilote

La complexité de l'expérience peut être un obstacle à l'étude des comportements, c'est pourquoi [Croson \(2002\)](#) conseille de réaliser une expérience pilote dans le but d'avoir des retours notamment concernant la clarté des instructions.

Pour rendre incitative la participation au pilote, nous avons choisi de verser effectivement les paiements aux participants. En revanche, les participants étaient informés qu'aucun don ne serait fait à l'association *The SeaCleaners* dans le cadre de ce pilote. Ce faisant, les données de ce pilote ne sont pas analysables car biaisées par l'absence de bien public crédible.

Si, d'ordinaire, le paiement de l'expérience se fait en monnaie, il reste possible de verser le paiement sous une forme non-monnaire ([Croson, 2002](#)). Étant donné le statut étudiant des participants et le statut enseignant des organisateurs, nous avons privilégié un paiement non-monnaire et, plus précisément, en bonbons. À la fin du pilote, le paiement final était converti au taux de change 1 token = 0,01 bonbon puis arrondi à l'entier supérieur.

Ce pilote d'expérience a pu être réalisé le 12 mars 2020, dans une salle informatique du site Pasteur de l'Université de Rouen, auprès de 11 étudiants de l'IAE Rouen Normandie, divisés en 2 groupes pour le traitement *stock* et 1 groupe pour le traitement *intermédiaire* de 3 participants seulement. Le logiciel utilisé dans le cadre de ce pilote était z-Tree ([Fischbacher, 2007](#)) dont les écrans de la période 1 des différents traitements stock et intermédiaire se trouvent en Chapter D (figures D.1 à D.3) et en Chapter F (figures F.1 à F.3), respectivement.

Après avoir lu les instructions à haute voix aux participants qui disposaient également d'un exemplaire papier, nous avons laissé un temps aux participants pour poser des questions, nous renseignant ainsi sur leur compréhension des instructions. Les participants n'ont pas posé de questions à cette étape et ont donc pu jouer quasi-immédiatement après la lecture des règles.

Au terme des 5 périodes de jeu, les participants devaient ensuite remplir un questionnaire les interrogeant sur eux-mêmes, leur rapport à l'environnement et leur rapport au tri (figures H.1 à H.5 de l'Chapter G).

Lors de ce pilote, les paiements finaux ont été distribués immédiatement après le jeu puisque tous les participants étaient physiquement présents. Ce faisant, nous avons alors pu recueillir les retours des participants concernant la compréhension du jeu et de son fonctionnement. Les retours s'avérant positifs, nous n'avons eu à modifier les instructions qu'à la marge.

3.4.2 Pilote

Initialement, le premier pilote devait nous conduire à réaliser l'expérience dans un laboratoire expérimentale c'est-à-dire dans des conditions adaptées et permettant des données représentatives et fiables. Cependant, le premier pilote a eu lieu 5 jours avant le début du premier confinement liés à la pandémie de Covid-19 en France. Ce faisant, les laboratoires expérimentaux ne pouvaient accueillir du public et prenaient déjà du retard par rapport aux expériences de leurs propres chercheurs. Aussi, et afin de ne pas prendre de retard sur cette thèse, nous avons renouvelé le premier pilote en le transformant en une expérience à distance. Le logiciel z-Tree (Fischbacher, 2007) ne permettant pas un déploiement sur internet, nous avons utilisé le logiciel en ligne oTree (Chen et al., 2016) pour créer une application correspondant à l'expérience présentée précédemment. La plateforme Heroku permet ensuite de déployer l'application sur des serveurs dans le Cloud et permet donc à des joueurs de participer à l'expérience sur internet.

Les participants ciblés furent alors, à nouveau, les étudiants de l'Université de Rouen et, pour les mêmes raisons qu'évoquées dans le cas du premier pilote, les paiements non-monétaires sous forme de bonbons ont à nouveau été privilégiés. Le premier confinement prenant fin durant la période d'examen du second semestre de l'Université de Rouen, le recrutement des étudiants a donc été retardé à l'année scolaire 2020/2021. Pour ce faire, des communications ont été effectuées dans différents amphithéâtre au début du mois d'octobre 2020, insistant notamment sur la date de l'expérience, ses horaires et la possibilité de gagner des bonbons et/ou de contribuer à une association de protection de l'environnement. Il était alors demandé aux étudiants intéressés d'écrire leur adresse e-mail sur une feuille qui circulait afin de recevoir un e-mail avec les modalités et notamment le lien vers un serveur du logiciel gratuit Discord, permettant la communication avec les participants avant, durant et après l'expérience. Un avantage de l'expérience à distance, précisé dans l'e-mail, est qu'elle était aussi bien supportée par les ordinateurs, que par les téléphones ou encore par les tablettes, permettant aux étudiants de ne pas être freiné par les outils informatiques à leur disposition.

Une première session de ce pilote a eu lieu le 14 octobre 2020 avec un paiement identique à celui du premier pilote : les paiements étaient payés en bonbons au taux de change 1 token = 0,01 bonbon et le paiement final était arrondi à l'entier supérieur. Cette session nous a permis de faire jouer 14 participants formant 2 groupes de traitement *intermédiaire* et 2 groupes de traitement *stock*. L'un des 2 groupes du traitement *stock* était incomplet et, après avoir manuellement cliqué pour le questionnaire des deux joueurs manquants, une complétion automatique contribuait 25 tokens au bien public à la fin du temps imparti à chaque période. Croson (2002) indique que 30 observations par traitement sont nécessaires pour pouvoir poser une hypothèse sur la distribution des données et donc

faire appel à des tests paramétriques. Le nombre de nos observations étant insuffisant, d'autres sessions étaient alors de mise.

Suite à une remarque indiquant que les bonbons étaient peut être moins incitatifs que du chocolat, la deuxième session de ce pilote a adopté un paiement final sous forme de chocolat suivant le taux de change 1 token = 0,01 chocolat, arrondi à l'entier supérieur. Devant la faible participation, un étudiant a proposé de transmettre le lien de l'expérience à des connaissances afin d'augmenter un peu la taille de l'échantillon, qui n'est donc plus uniquement composé d'étudiants. Au cours de cette session, qui eut lieu le 22 octobre 2020, 16 participants ont été répartis en 3 groupes de traitement *stock* et 2 groupes de traitement *intermédiaire*. Bien qu'un horaire pour l'expérience ait été annoncé aux participants, certains retards ont conduit des groupes incomplets à démarrer le jeu afin de ne pas « perdre » les participants présents. Aussi, parmi les 3 groupes du traitement *stock*, 2 sont incomplets à 25% et à 75%. Pour ces joueurs manquants, le questionnaire a dû être manuellement rempli puis la complétion automatique a contribué 50% de la dotation à l'environnement à chaque période. De même, un participant d'un des 2 groupes du traitement *intermédiaire* a eu un problème de connexion après le questionnaire et a donc fini le jeu en complétion automatique. Avec les participants de cette session, additionnés à ceux de la précédente, nous ne sommes toujours pas parvenus à la règle de [Croson \(2002\)](#) mais nous avons été pris de court par l'arrivée d'un second confinement lié à la pandémie Covid-19 le 30 octobre 2020 et n'avons pas eu le temps de refaire de session.

Quelle que soit la session de ce pilote, une fois sur Discord, les individus étaient répartis, autant que possible, en groupes de 4 joueurs partageant un salon textuel sur Discord. Sur ce salon textuel, les participants recevaient les instructions du traitement qui les concernait au format pdf (Chapter C pour le traitement *stock* et Chapter D pour le traitement *intermédiaire*). Ils disposaient alors d'un peu de temps pour lire les instructions et, éventuellement, poser des questions. Après que chaque participant ait confirmé avoir compris les instructions, un lien leur était envoyé sur le salon textuel Discord, leur permettant de se connecter au serveur Heroku et de former un groupe de l'expérience. La connexion des 4 joueurs du groupe déclenchait le questionnaire oTree, visible en Chapter H (figures H.6 à H.11), et, une fois celui-ci complété par tous les membres du groupe, les périodes de jeu se lançaient. Les écrans de la période 1 sur oTree se trouvent en Chapter D (figures D.4 à D.6) pour le traitement *stock* et en Chapter F (figures F.4 à F.6) pour le traitement *intermédiaire*. Contrairement à z-Tree qui nécessitait que tous les joueurs valident chaque écran pour passer à l'étape suivante, le logiciel oTree permettait une complétion automatique : chaque écran avait un temps d'affichage au bout duquel, si le participant n'avait pas rempli le formulaire, une réponse prédéfinie lui était attribuée. Ainsi, au bout de 2 minutes sur l'écran de contribution, en l'absence de réponse, la contribution automatique était de 50% de la dotation, à savoir 25 tokens. De

même, si, au bout de 1 minute et 30 secondes, le participant n'a pas répondu à la question intermédiaire, sa réponse par défaut sera qu'il pense avoir contribué plus que la moyenne de son groupe. Ainsi, aucun groupe n'était pénalisé si l'un des membres du groupe avait un problème de connexion, comme ce fut le cas.

Les complétions automatiques sont associées à des variables binaires qui prennent la valeur 1 lorsque la complétion automatique a eu lieu. De même, les questionnaires complétés manuellement sont tous associés au pseudo « robot ». Ces marqueurs de simulation permettent alors d'exclure de l'analyse les groupes pour lesquels il y avait plus d'un participant simulé. Seuls les groupes comprenant un individu à réponses simulées maximum sont considérés dans l'analyse du stock de bien public. L'échantillon final comprend donc 31 observations dont 2 individus à réponses simulées.

Les paiements finaux n'ont, dans le cas d'aucune des sessions, pu être distribués en main propre à la fin du jeu. Les joueurs avaient donc des instructions pour venir chercher leur paiement mais une proportion non négligeable des étudiants n'est jamais venu chercher son paiement final, malgré des relances. Cette observation peut indiquer que le paiement final n'était peut être pas assez motivant, ce qui soulève un problème au niveau de la fiabilité des données.

En revanche, les dons à l'association *The SeaCleaners* étaient effectués dans les jours suivant chacune des sessions. Chaque stock final a fait l'objet d'un don distinct afin qu'apparaisse sur la facture le montant correspondant : il y a donc eu autant de dons effectués que de groupes participant au jeu. Une fois le don effectué, un extrait de la facture était transmis sur le salon textuel du groupe concerné par le don en question.

3.4.3 Résultats

L'étude des statistiques descriptives des facteurs situationnels (tableau 3.1) révèle que l'âge moyen des individus interrogés est 21 ans. Bien que le processus de recrutement n'ait pas permis le contrôle de la représentativité de chaque variable, presque autant de femmes que d'hommes ont participé à l'expérience. Parmi eux, une grande majorité des participants ont déclaré vivre seul tandis que 21% ont déclaré vivre en couple sans enfant et 21% vivre avec quelqu'un de sa famille (hors enfants et conjoint). En revanche, une très faible proportion de participants travaillent ou sont en recherche d'emploi. Les principales contraintes au tri rapportées par les participants sont le manque d'espace et le manque d'informations sur le tri. A contrario, le manque de temps a très rarement été choisi.

Enfin, les réponses à la question « Quel est votre diplôme le plus élevé ? » nous ont davantage étonné. En effet, la majorité des participants à l'expérience a été recrutée dans des amphithéâtres de Licence 1 et, même si un participant a recruté des connaissances, les proportions d'individus déclarant un diplôme de niveau Bac+2 ou plus semblent élevées.

Cependant, la moyenne d'âge de l'échantillon est élevée et semble donc compatible avec le fait que la présence des participants dans un amphithéâtre de Licence 1 résulte d'un second cursus.

| Facteurs situationnels | Moyenne (Écart-type) |
|--|-------------------------|
| Age | 20.97 (2.71) |
| Sexe | |
| <i>Femme</i> | 0.48 (0.51) |
| <i>Homme</i> | 0.52 (0.51) |
| Diplôme | |
| <i>Bac ou brevet professionnel</i> | 0.34 (0.48) |
| <i>Diplôme de niveau Bac+2</i> | 0.21 (0.41) |
| <i>Diplôme de niveau Bac+3 (Licence, ...)</i> | 0.38 (0.49) |
| <i>Diplôme de niveau Bac+5 ou plus (Master, ...)</i> | 0.07 (0.26) |
| Situation familiale | |
| <i>Vit seul</i> | 0.59 (0.50) |
| <i>Vit en couple sans enfant</i> | 0.21 (0.41) |
| <i>Vit avec quelqu'un de sa famille (hors enfants et conjoint)</i> | 0.21 (0.41) |
| Situation professionnelle | |
| <i>Autres</i> | 0.83 (0.38) |
| <i>En recherche d'emploi</i> | 0.10 (0.31) |
| <i>Employé à mi-temps</i> | 0.03 (0.19) |
| <i>Travailleur indépendant</i> | 0.03 (0.19) |
| Principale contrainte au tri | |
| <i>Aucune</i> | 0.14 (0.35) |
| <i>Manque d'espace</i> | 0.45 (0.51) |
| <i>Manque d'informations sur le tri</i> | 0.34 (0.48) |
| <i>Manque de temps</i> | 0.07 (0.26) |

En italique, chacune des catégories des variables est discrétisée. La première catégorie en italique correspond au codage le plus faible de la variable et la dernière au codage le plus élevé

TABLE 3.1 – *Statistiques descriptives des facteurs situationnels*

Parmi les variables psychologiques, l'importance des problèmes environnementaux est une échelle de Likert qui tend vers 10 lorsque le problème est considéré comme extrêmement important. Les moyennes dans cet échantillon révèlent donc que les participants semblent considérer globalement que les problèmes environnementaux sont très importants. En moyenne, ils semblent davantage préoccupés par la pollution de la nature, suivi par la surexploitation des ressources (tableau 3.2). L'importance de ces deux problèmes pour l'échantillon laisse présager un échantillon qui tentera de maintenir le stock dans le cadre de l'expérience. Enfin, la menace sur les espèces en danger et la biodiversité est estimée plus importante que la gestion des déchets, en moyenne. Toutes ces moyennes sont associées à des écart-types relativement faibles, indiquant que les réponses sont centrées

autour de la moyenne et donc, que les individus tendent à être d'accord pour considérer les différents problèmes environnementaux comme importants.

Concernant la nécessité d'agir et l'altruisme, les variables sont codées de 1 (pas du tout d'accord) à 5 (tout à fait d'accord), avec 3 lorsque l'individu indiquait ne pas savoir. Les participants semblent donc estimer, en moyenne, que les problèmes environnementaux ne sont pas surestimés, ce qui est cohérent avec l'importance qu'ils accordent aux différents problèmes environnementaux. De même, si les individus de cet échantillon semblent, en moyenne, considérer que les problèmes environnementaux ne doivent pas être résolus par les générations futures, ils semblent plus hésitants concernant la résolution des problèmes environnementaux assurée par les avancées technologiques. Cette hésitation peut résulter de la dimension incertaine des avancées technologiques qui empêche d'affirmer qu'elles résoudront les problèmes environnementaux.

L'altruisme mesurant la disposition à agir de manière désintéressée, notre échantillon semble donc composé de plus d'altruistes que de contributeurs conditionnels ou de passagers clandestins (Fischbacher and Gächter, 2008) puisque les participants semblent, en moyenne, prêts à faire des efforts pour l'environnement même si les autres n'en font pas. En effet, les contributeurs conditionnels et les passagers clandestins tendent à être d'accord avec cette affirmation puisque les premiers conditionnent leur effort à ceux des autres et les seconds ne contribuent pas. Une autre interprétation possible au désaccord avec cette affirmation est que les individus estiment les efforts nécessaires, au point de ne pas se formaliser en cas d'absence de réciprocité.

La plupart des participants à notre expérience indiquent être des recycleurs assidus ou occasionnels à domicile et seuls 17% de l'échantillon déclarent ne pas trier chez eux. Au travail, la proportion des recycleurs assidus diminue : seuls 45% des individus trient assidûment sur son lieu de travail, contre 59% à domicile. Ce pourcentage de trieurs au travail paraît élevé compte tenu des faibles proportions d'individus se déclarant « employé à mi-temps » et « travailleur indépendant » mais pourrait s'expliquer si l'on suppose que les participants étudiants entendent l'université comme leur lieu de travail.

Le pourcentage de trieurs occasionnels augmente au travail par rapport à domicile tandis que celui des non-trieurs et celui des trieurs assidus diminuent. Ces résultats semblent donc indiquer que des recycleurs assidus semblent devenir trieurs occasionnels ou non trieurs sur leur lieu de travail, ce que confirme le tableau de contingence des deux variables (tableau 3.3). En effet, si certains trieurs assidus maintiennent leur effort assidu au travail, une partie non négligeable d'entre eux diminue partiellement ou totalement leur effort. Cette diminution de l'engagement au recyclage sur le lieu de travail, déjà été observé dans la littérature (Lee and De Young, 1994; McDonald and Oke, 2018; Whitmarsh et al., 2018), peut résulter du fait que les règles de tri changent d'un lieu à l'autre et que les individus ne sont peut-être pas au fait de toutes les règles de tri de leur lieu de

| Variables psychologiques | Moyenne (Écart-type) |
|---|-------------------------|
| Importance des problèmes environnementaux | |
| <i>Gestion des déchets</i> | 8.34 (1.49) |
| <i>Surexploitation des ressources</i> | 8.86 (1.55) |
| <i>Pollution de la nature</i> | 9.03 (1.02) |
| <i>Menace sur les espèces en danger et la biodiversité</i> | 8.72 (1.41) |
| Nécessité d'agir | |
| <i>Les problèmes environnementaux sont souvent surestimés</i> | 2.00 (1.04) |
| <i>Les problèmes environnementaux vont être résolus par les avancées technologiques</i> | 2.79 (1.01) |
| <i>Les problèmes environnementaux doivent être résolus par les générations futures</i> | 1.55 (0.83) |
| Altruisme | |
| <i>Je ne suis pas disposé(e) à faire des efforts pour l'environnement si les autres n'en font pas</i> | 1.69 (1.17) |
| Comportements passés et habitudes | |
| <i>Ne trie pas chez soi^a</i> | 0.17 (0.38) |
| <i>Trié parfois chez soi^a</i> | 0.24 (0.44) |
| <i>Trié toujours chez soi^a</i> | 0.59 (0.50) |
| <i>Ne trie pas au travail^b</i> | 0.07 (0.26) |
| <i>Trié parfois au travail^b</i> | 0.48 (0.51) |
| <i>Trié toujours au travail^b</i> | 0.45 (0.51) |
| <i>Trié sur son lieu de vacances</i> | 0.76 (0.44) |
| <i>Tri du papier</i> | 0.69 (0.47) |
| <i>Tri du verre</i> | 0.83 (0.38) |
| <i>Tri du métal</i> | 0.55 (0.51) |
| <i>Tri du plastique</i> | 0.83 (0.38) |
| <i>Tri des déchets organiques</i> | 0.31 (0.47) |
| <i>Contribution à une association caritative</i> | 0.31 (0.47) |
| <i>Contribution à une association de protection de l'environnement</i> | 0.24 (0.44) |
| Normes sociales | |
| <i>Personne ne trie dans le foyer^c</i> | 0.14 (0.35) |
| <i>Une seule personne trie dans le foyer^c</i> | 0.17 (0.38) |
| <i>Une partie du foyer trie^c</i> | 0.21 (0.41) |
| <i>Tout le monde trie dans le foyer^c</i> | 0.48 (0.51) |
| <i>Ne sait pas comparer son tri à celui de ses voisins^d</i> | 0.48 (0.51) |
| <i>Trié moins que ses voisins^d</i> | 0.07 (0.26) |
| <i>Trié autant que ses voisins^d</i> | 0.21 (0.41) |
| <i>Trié plus que ses voisins^d</i> | 0.24 (0.44) |

^a, ^b, ^c, ^d chaque exposant indique les catégories discrétisées d'une variable. Dans l'ordre, la première catégorie correspond au codage le plus faible de la variable et la dernière au codage le plus élevé

TABLE 3.2 – Statistiques descriptives des variables psychologiques

travail.

| | | Trie au travail | | |
|-----------------|----------|-----------------|---------|----------|
| | | Non | Parfois | Toujours |
| Trie à domicile | Non | 3.40% | 10.30% | 3.40% |
| | Parfois | 0.00% | 13.80% | 10.30% |
| | Toujours | 3.40% | 24.10% | 31.00% |

TABLE 3.3 – Tableau de contingence des intensités de tri déclarées à domicile et du tri au travail

Une autre tendance s’observe sur le tableau 3.3 et dans le tableau 3.2 : des non-trieurs et des trieurs occasionnels à domicile augmentent leur effort de tri au travail. Ce résultat peut être relié à la littérature des normes sociales et notamment au *warm-glow feeling* (Andreoni, 1990) ou « plaisir de donner » qui postule que l’altruisme peut être motivé par une satisfaction personnelle. D’une part, le lieu de travail est un lieu dans lequel l’individu est exposé à la norme sociale, souvent favorable au recyclage. En effet, Ferrara and Missios (2012) observent que 88% des individus associent le recyclage à un devoir civique. Au travail, l’individu ressent donc une pression sociale supérieure à recycler ainsi qu’une satisfaction lorsqu’il se conforme à la norme. D’autre part, l’image renvoyée à ses collègues et à sa hiérarchie est souvent l’objet de préoccupations. Ce faisant, en triant, l’individu peut également ressentir une satisfaction personnelle à l’idée d’être vu comme quelqu’un de responsable.

Parmi les statistiques descriptives des variables psychologiques, le tableau 3.2 offre un autre résultat étonnant au premier abord : 79% des participants de notre expérience déclarent trier leurs déchets en vacances. Si ce pourcentage peut sembler élevé, il faut le comparer au pourcentage des recycleurs assidus additionné à celui des recycleurs occasionnels puisque les deux catégories de recycleurs recyclent. On trouve alors un pourcentage de trieurs de 83% à domicile, 93% au travail et on observe alors le résultat intuitif suivant : les individus tendent à moins recycler en vacances (Whitmarsh et al., 2018). Du fait de la dimension temporaire de la résidence en vacances, l’explication du manque de connaissances des consignes de tri locales pourrait être à nouveau avancée. Cependant, Whitmarsh et al. (2018) n’observent pas de résultats probants dans ce sens et observent notamment que la présence d’une poubelle de tri sur le lieu de vacances semble être un déterminant du recyclage sur le lieu de vacances. De même, ceux qui n’indiquaient pas manquer de temps et considérer le recyclage comme une complication étaient plus enclins à recycler sur leur lieu de vacances. Enfin, le fait de ressentir une obligation morale à recycler en vacances semble inciter au recyclage sur le lieu de vacances. Ces observations semblent donc indiquer que, sauf à ressentir une obligation morale, les individus tendent à oublier les contraintes telles que le recyclage et préfèrent consacrer leur temps de vacances

à d'autres activités plus plaisantes.

Si les comportements de tri semblent varier en fonction du lieu de tri considéré, les comportements semblent néanmoins liés. Ainsi, (Whitmarsh et al., 2018) notent une corrélation positive et significative entre la proportion de déchets recyclés au domicile et au travail ainsi qu'entre la proportion de déchets recyclés au domicile et aux dernières vacances. De manière assez logique, les individus qui recyclent chez eux tendent à recycler également ailleurs.

Les matériaux considérés dans cette étude sont, pour la plupart, majoritairement recyclés. En effet, 83% des participants indiquent recycler le verre, 83% recyclent le plastique, 69% le papier et 55% le métal. Les corrélations entre les tris des différents matériaux (tableau 3.4) offrent un résultat qui ne semble pas corroborer l'hypothèse faite par Ferrara and Missios (2016) et dans le chapitre 1 de cette thèse, liant le recyclage des différents matériaux. En effet, cette hypothèse suppose que les décisions de recyclage des différents matériaux résulte d'un engagement unique à recycler et, de ce fait, ne sont pas indépendantes. Ainsi, le tableau 3.4 révèle que les corrélations entre les différents tris sont globalement non significatives et semblent donc indiquer que les individus composant notre échantillon sélectionnent les matériaux qu'ils souhaitent recycler : ils ne semblent donc pas s'engager dans une démarche globale de tri. Seuls les recyclages du plastique et du verre ainsi que les recyclages du plastique et du papier présentent une corrélation positive et significative, indiquant que les individus de notre échantillon qui recyclent le plastique tendent à recycler le verre/le papier, et inversement. Enfin, et bien qu'ils constituent la part la plus importante de la composition des ordures ménagères en France (ADEME, 2017), les déchets organiques sont les moins recyclés puisque seuls 31% des participants déclarent les recycler. Ce résultat est aisément explicable par le fait que les déchets organiques sont recyclables par le biais de compost qui prennent de l'espace et sont sources d'odeurs. Lorsque le compost individuel n'est pas possible, il existe des composts collectifs mais le recyclage des déchets organiques devient alors plus coûteux en temps et nécessite tout de même un stockage temporaire odorant. À l'heure actuelle, le tri des déchets organiques organisé par la commune est assez anecdotique en France mais la loi n°2015-1992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte prévoit de mettre en place des compostages de proximité ou des collectes séparée de biodéchets pour tous les citoyens à l'horizon 2025.

31% des participants indiquent avoir déjà contribué à une association caritative contre 24% à une association de protection de l'environnement. Ces deux proportions étant proches, nous nous sommes interrogés sur le fait que les deux comportements puissent être liés. Le calcul de la corrélation entre la contribution à une association caritative et la contribution à une association de protection de l'environnement donne le résultat 0.14 (probabilité critique = 0.46) et n'est donc pas significative : ceux qui contribuent à l'une

| | Trie le papier | Trie le verre | Trie le métal | Trie le plastique | Trie les déchets orga- niques |
|-----------------------------|-------------------|------------------|------------------|----------------------|--|
| Trie le papier | 1.00 *** | | | | |
| Trie le verre | 0.29 | 1.00 *** | | | |
| Trie le métal | 0.14 | -0.04 | 1.00 *** | | |
| Trie le plastique | 0.48 *** | 0.52 *** | 0.14 | 1.00 *** | |
| Trie les déchets organiques | -0.03 | 0.11 | 0.30 | 0.11 | 1.00 *** |

TABLE 3.4 – Corrélations entre les tris des différents matériaux

des associations ne tendent pas significativement à recycler à l'autre.

Si 48% des individus interrogés déclarent que tout le monde trie dans leur foyer, ce pourcentage semble pouvoir être augmenté de 34.4% correspondant aux individus indiquant vivre seul et répondant pourtant qu'une seule personne ou une partie du foyer trie (tableau 3.5). Ces réponses interrogent sur la fiabilité des réponses à cette question ou de la compréhension du foyer considéré. Le tableau 3.5 met également en évidence qu'aucun foyer comprenant plus d'un membre est non recycleur et que ces foyers semblent également souvent associés à la réponse « tout le monde ». Cette observation est confirmée par la corrélation entre la variable indiquant qui trie dans le foyer et la variable de la situation familiale estimée à 0.60 (probabilité critique = 0.0006). Être plusieurs dans un foyer semble donc inciter le foyer au recyclage. On peut alors soupçonner un effet d'entraînement d'un recycleur sur ses proches par pédagogie ou sur l'effet des normes sociales. En effet, un individu peut adopter un comportement qu'il sait approuvé par un proche afin de bénéficier d'une satisfaction personnelle se rapprochant du *warm-glow feeling* (Andreoni, 1988) : il perçoit une satisfaction à l'idée de se conformer aux attentes d'un proche.

| | Vit seul | Vit en couple sans enfant | Vit avec quelqu'un de sa famille (hors enfants et conjoint) |
|---------------------|----------|------------------------------|---|
| Personne | 13.80% | 0.00% | 0.00% |
| Une seule personne | 17.20% | 0.00% | 0.00% |
| Une partie du foyer | 17.20% | 0.00% | 3.40% |
| Tout le monde | 10.30% | 20.70% | 17.20% |

TABLE 3.5 – Tableau de contingence entre les catégories de la variable indiquant qui trie dans le foyer et les catégories de la variable de la situation familiale

Enfin, 48% des individus de l'échantillon ne savent pas comparer leur tri à celui de ses voisins. Connaissant leur propre niveau de recyclage, le fait qu'ils n'arrivent pas à se comparer indique qu'ils n'ont pas l'information concernant leurs voisins, parce qu'elle n'est pas visible ou qu'ils n'y prêtent pas attention. Parmi les participants s'estimant capables

de se comparer, la très grande majorité déclare trier autant ou plus que leurs voisins.

| Les valeurs environnementale | Moyenne (Écart-type) |
|--|-------------------------|
| Échelle Nouveau Paradigme Ecologique (Dunlap et al., 2000) | 58.55 (7.22) |

TABLE 3.6 – Statistiques descriptives des valeurs environnementales

Les statistiques descriptives associées aux valeurs environnementales se trouvent dans le tableau 3.6. L'échelle NEP étant comprise entre $1 \times 15 = 15$ et $5 \times 15 = 75$, le seuil d'adhésion au Nouveau Paradigme Ecologique de Dunlap et al. (2000) est donc $15 + \frac{(75-15)}{2} = 45$. La valeur moyenne observée de l'échelle NEP s'élève à 58.55 et est supérieure au seuil d'adhésion, les individus adhèrent donc, en moyenne, au Nouveau Paradigme Ecologique. La figure 3.4 révèle des effectifs inégalement répartis et très en faveur de la NEP : tous les individus sauf un sont associés à une valeur de l'échelle NEP supérieure au seuil d'adhésion.

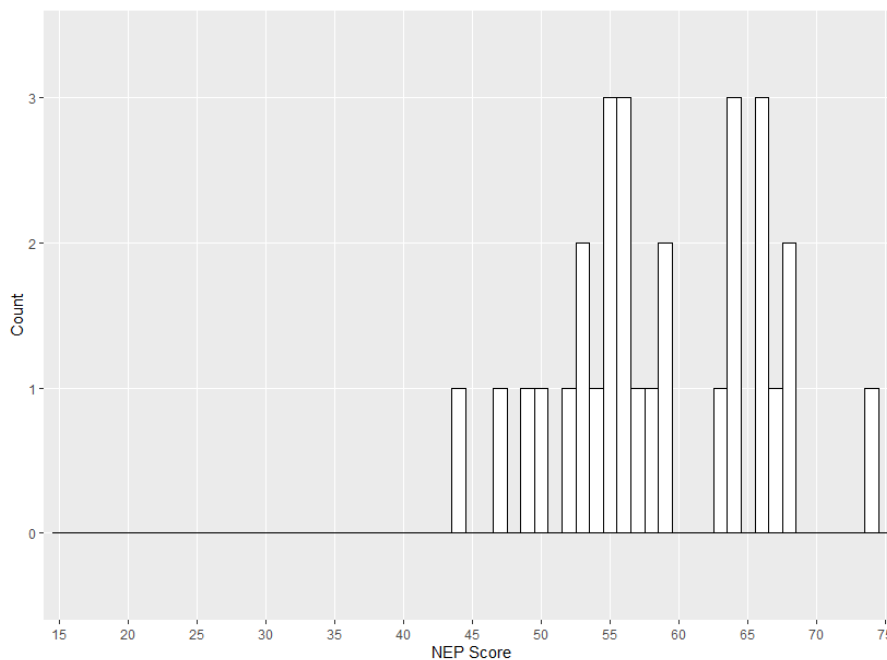


FIGURE 3.4 – Histogramme de l'échelle NEP (Dunlap et al., 2000)

La moyenne observée de l'échelle NEP revient à une moyenne de 3.90 par item. Ce résultat semble tout à fait cohérent avec la valeur moyenne de l'échelle NEP de 3.71 que Hawcroft and Milfont (2010) permettent d'obtenir par leur méta-analyse de 58 études faisant appel à l'échelle NEP révisée. Le tableau 3.7 présente la moyenne de chaque item de l'échelle ainsi que la fréquence d'accord, d'indécision et de désaccord. L'accord regroupe les réponses « Plutôt d'accord » et « Tout à fait d'accord », l'indécision correspond à la

réponse « Je ne sais pas » et le désaccord comprend les réponses « Plutôt pas d'accord » et « Pas du tout d'accord ».

Les moyennes élevées ainsi que des fréquences d'accord élevées pour les items impairs et des fréquences de désaccord élevées pour les items pairs semblent indiquer, à nouveau, que les participants à notre expérience adhèrent au Nouveau Paradigme Ecologique. Ainsi, Les individus de notre échantillon sont quasiment unanimes quant au fait que les êtres humains malmènent sérieusement l'environnement, que les plantes et les animaux ont autant le droit que les êtres humains d'exister et que des conséquences désastreuses suivent souvent une intervention de l'Homme sur le cours de la nature. Dans une moindre mesure, une majorité de participants adoptent une opinion pro-environnementale pour la plupart des items. Les items 4, 6 et 14 dérogent à cette règle : les accords, indécisions et désaccords y sont plus équitablement répartis conduisant à un pourcentage d'opinion pro-environnementale inférieure à 50% pour ces items. Si la fréquence la plus élevée reste associée au sens pro-environnemental dans le cas de l'item 14, davantage de participants s'opposent au Nouveau Paradigme Ecologique pour les items 4 et 6. Ainsi, dans notre échantillon, les individus tendent à penser que l'ingéniosité humaine permettra de ne pas rendre la Terre invivable et qu'une infinité de ressources naturelles serait rendu possible par une meilleure utilisation de ces dernières. Ces deux opinions montrent que les participants à notre expérience accordent à l'Homme un fort pouvoir sur la nature et le rend donc capable de l'influencer. Le recyclage permettant à l'Homme de diminuer l'impact environnemental de ses déchets et d'économiser des ressources naturelles, les résultats pour ces deux items semblent alors cohérents avec les forts taux de recyclage observés.

La construction de l'échelle NEP prévoit de tenir compte de 5 facettes décrivant, selon [Dunlap et al. \(2000\)](#), une vision écologique du monde :

- la réalité des limites de la croissance : les limites physiques des ressources semblent perçues par les participants à notre expérience puisqu'ils sont majoritairement d'accord avec les items 1 et 11. En revanche, l'item 6 montre un optimisme quant à ces limites qu'ils estiment surmontables par une meilleure gestion des ressources.
- le rejet de l'anthropocentrisme : par la majorité de désaccord avec les items 2 et 12 et la majorité d'accord avec l'item 7, les individus de l'échantillon montrent qu'ils pensent que la nature n'est pas la propriété exclusive de l'Homme mais qu'il la partage avec les plantes et les animaux qui disposent également de droits.
- la fragilité de l'équilibre de la nature, évaluée par les items 3, 8 et 13 : cette facette, ainsi que la possibilité d'une crise écologique, sont les plus globalement plébiscitées par les individus. Ils semblent donc majoritairement considérer que les actions de l'homme sur la nature sont souvent néfastes et que l'équilibre de la nature est trop fragile pour les nations industrielles modernes.

| échelle NEP (Dunlap et al., 2000) | Moyenne (Écart- type) | Accord | Indécision | Désaccord |
|---|-----------------------------|--------|------------|-----------|
| 1. Nous nous approchons du nombre limite de personnes que la Terre peut nourrir. | 3.76 (1.18) | 58.60% | 31.00% | 10.30% |
| 2. Les êtres humains ont le droit de modifier l'environnement naturel selon leurs besoins. | 3.52 (1.15) | 31.00% | 6.90% | 62.10% |
| 3. Quand les êtres humains essaient de changer le cours de la nature, cela produit souvent des conséquences désastreuses. | 4.17 (0.71) | 89.70% | 6.90% | 3.40% |
| 4. L'ingéniosité humaine fera en sorte que nous ne rendrons PAS la Terre invivable. | 3.07 (1.22) | 37.90% | 27.60% | 34.40% |
| 5. Les êtres humains sont en train de sérieusement malmenager l'environnement. | 4.48 (0.69) | 96.60% | 3.40% | 0.00% |
| 6. La Terre posséderait une infinité de ressources naturelles si seulement nous savions comment en tirer mieux parti. | 2.76 (1.21) | 44.80% | 24.10% | 31.00% |
| 7. Les plantes et les animaux ont autant le droit que les êtres humains d'exister. | 4.62 (0.73) | 93.10% | 3.40% | 3.40% |
| 8. L'équilibre de la nature est assez fort pour faire face aux effets des nations industrielles modernes. | 4.21 (0.82) | 3.40% | 13.80% | 82.80% |
| 9. Malgré des aptitudes particulières, les humains sont toujours soumis aux lois de la nature. | 4.17 (0.97) | 79.30% | 17.20% | 3.40% |
| 10. La prétendue « crise écologique » qui guette le genre humain a été largement exagérée. | 4.07 (1.03) | 10.30% | 17.20% | 72.40% |
| 11. La Terre est comme un vaisseau spatial avec un espace et des ressources très limités. | 3.97 (1.09) | 82.80% | 6.90% | 10.30% |
| 12. Les humains ont été créés pour gouverner le reste de la nature. | 4.17 (1.23) | 10.30% | 13.80% | 75.90% |
| 13. L'équilibre de la nature est très fragile et facilement perturbé. | 3.90 (0.94) | 79.30% | 6.90% | 13.80% |
| 14. Les humains vont un jour apprendre suffisamment sur le fonctionnement de la nature pour pouvoir le contrôler. | 3.41 (1.21) | 20.70% | 34.50% | 44.80% |
| 15. Si les choses continuent au rythme actuel nous allons bientôt vivre une catastrophe écologique majeure. | 4.28 (0.84) | 82.80% | 13.80% | 3.40% |

D'après la traduction de [Schleyer-Lindenmann et al. \(2016\)](#). Items pairs : 1 (accord) à 5 (désaccord) et items impairs : 1 (désaccord) à 5 (accord). Dans les deux cas, 3 = « Je ne sais pas »

TABLE 3.7 – Statistiques descriptives de l'échelle NEP

- le rejet de l'exemptionnalisme, apprécié par le biais des items 4, 9 et 14 : si les réponses à l'item 9 semblent effectivement indiquer que les individus considèrent que l'Homme est soumis aux lois de la nature, ces derniers semblent plus partagés concernant le contrôle possible de la nature par l'Homme proposé par l'item 14. L'item 4, quant à lui, montre qu'un nombre conséquent de participants à l'expérience pense que l'ingéniosité humaine permettra de ne pas rendre la Terre invivable. Ainsi, l'échantillon semble croire que l'Homme est soumis aux lois de la nature mais pourra devenir une exception s'affranchissant des lois de la nature voire les contrôlant.
- la possibilité d'une crise écologique, mesurée par les items 5, 10 et 15 : cette facette, largement validée par l'échantillon, montre que les individus estiment que si l'environnement continue d'être malmené par l'Homme tel qu'il l'est actuellement, une crise écologique majeure guette.

Les individus composant notre échantillon semblent donc adhérer à la majorité des facettes de la vision du monde écologique : la fragilité de l'équilibre de la nature et la possibilité d'une crise écologique en tête, suivi du rejet de l'anthropocentrisme. La réalité des limites de la croissance semble plutôt acceptée même si les participants font preuve d'une forme d'optimisme. Enfin, l'échantillon se montre également optimiste concernant l'exemptionnalisme qui n'est donc pas complètement rejeté. Le Nouveau Paradigme Environnemental est donc globalement adopté avec une pointe d'optimisme.

| | Période | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|----------|
| | 1.00 | 2.00 | 3.00 | 4.00 | 5.00 |
| Traitement <i>stock</i> | | | | | |
| Contribution moyenne | 31.70 | 31.10 | 36.40 | 33.15 | 35.25 |
| (Écart-type) | (12.58) | (13.81) | (12.41) | (11.19) | (9.59) |
| Stock moyen | 926.80 | 851.20 | 796.80 | 729.40 | 670.40 |
| (Écart-type) | (18.02) | (45.26) | (66.24) | (89.93) | (99.07) |
| Traitement <i>intermédiaire</i> | | | | | |
| Contribution moyenne | 25.63 | 31.75 | 32.25 | 30.88 | 35.00 |
| (Écart-type) | (14.00) | (16.63) | (11.79) | (11.89) | (17.53) |
| Stock moyen | 902.50 | 829.50 | 758.50 | 682.00 | 622.00 |
| (Écart-type) | (34.74) | (64.68) | (81.78) | (88.73) | (142.18) |

TABLE 3.8 – Contributions moyennes à la qualité environnementale et stocks moyens de qualité environnementales des traitements *stock* et *intermédiaire*

Les résultats de notre expérience se trouvent dans le tableau 3.8. Plusieurs grandeurs y sont renseignées pour chaque traitement : la contribution au bien public moyenne et le stock de bien public moyen par période ainsi que leur écart-type respectif. Étant donné que notre base de données est limitée, des tests statistiques non paramétriques nous

semblent plus appropriés : le test des rangs signés de Wilcoxon pour les différences au sein d'un même traitement et le test de Wilcoxon-Mann-Whitney pour les différences entre les traitements.

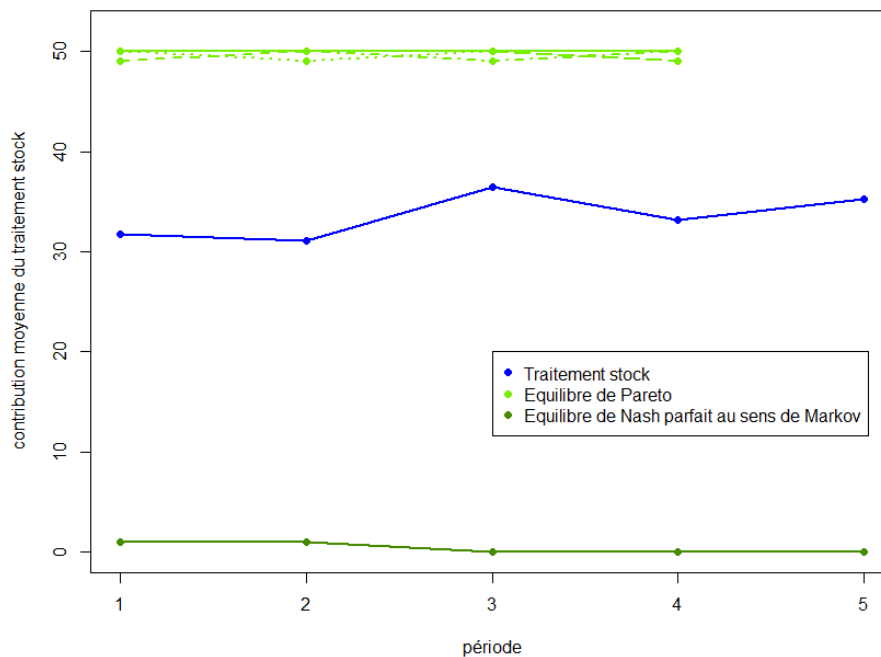


FIGURE 3.5 – Représentation graphique des contributions individuelles moyennes à la qualité environnementale du traitement stock et des équilibres de Pareto et de Nash parfait au sens de Markov

Les contributions individuelles moyennes à la qualité environnementale du traitement *stock* sont représentées dans la figure 3.5, ainsi que celles des équilibres correspondants calculés précédemment. Tous les efforts individuels de tri étant optimaux à la période 4 pour l'équilibre de Pareto, nous n'avons pas jugé nécessaire de représenter cette période pour cet équilibre, afin de ne pas trop alourdir le graphique.

Les contributions moyennes à la qualité environnementale observées ne suivent ni l'itinéraire de l'équilibre de Nash parfait au sens de Markov, ni celui de l'équilibre de Pareto mais se situent entre les deux, ce qui suggère la présence du problème des passagers clandestins. Graphiquement, les contributions semblent relativement stables avec une très légère tendance à la hausse. Cependant, les tests de rangs signés de Wilcoxon montrent que globalement, les probabilités critiques sont trop élevées pour rejeter l'hypothèse nulle, les contributions sont donc similairement distribuées entre la plupart des périodes (tableau 3.9).

Seule la période 3 semble se détacher significativement des périodes 1 et 2 par un effort de tri moyen significativement supérieur. Cependant, les tests de rangs signés de Wilcoxon ne permettent pas de distinguer significativement les contributions à la qualité environnementale des périodes 4 et 5 de celles des périodes 1 et 2. Il semble donc y

| | | Période | | | | |
|---------|---|---------|-------|------|------|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Période | 1 | | | | | |
| | 2 | 0.66 | | | | |
| | 3 | 0.07* | 0.06* | | | |
| | 4 | 0.59 | 0.36 | 0.18 | | |
| | 5 | 0.22 | 0.38 | 0.22 | 0.55 | |

TABLE 3.9 – Probabilités critiques des tests de rangs signés de Wilcoxon entre les contributions à la qualité environnementale des différentes périodes pour le traitement stock

avoir une augmentation significative des contributions entre la période 2 et 3 mais cette dynamique d'augmentation des contributions ne dure qu'une période : la contribution moyenne diminue dès la période 4 à un niveau intermédiaire entre sa valeur à la période 2 et sa valeur à la période 3. Les contributions semblent donc se maintenir assez similairement tout au long de l'expérience pour le traitement *stock*.

En moyenne, la contribution moyenne au bien public des individus est 33.52 tokens soit 67.0% de la dotation par période. Cette moyenne semble élevée par rapport aux contributions des jeux de bien public statique pour lesquels la contributions au bien public est comprise entre 40 et 60% de l'optimum social [Ledyard \(1994\)](#), ce qui pourrait suggérer que le problème des passagers clandestins est adouci par rapport à la littérature statique.

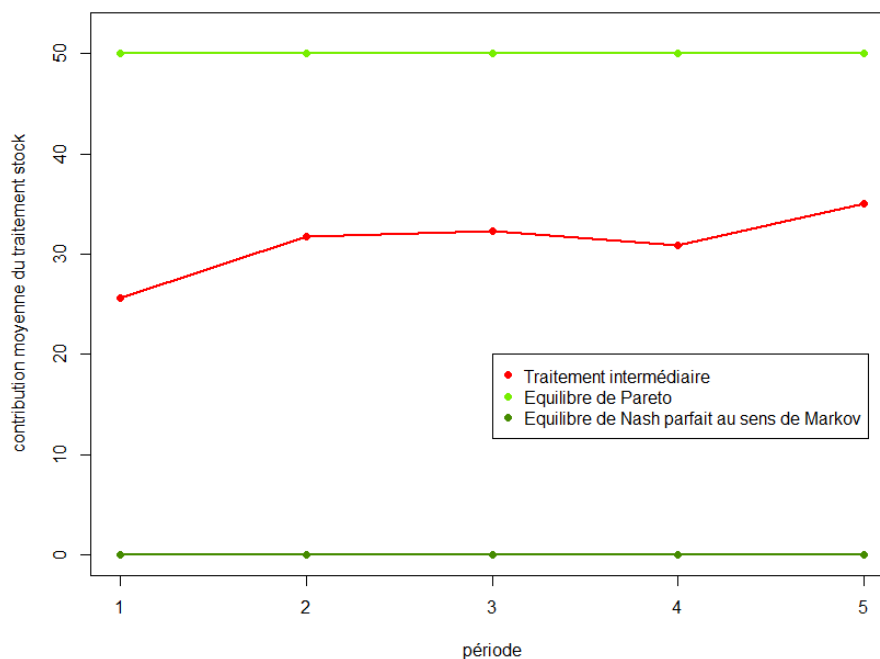


FIGURE 3.6 – Représentation graphique des contributions individuelles moyennes à la qualité environnementale du traitement intermédiaire et des équilibres de Pareto et de Nash parfait au sens de Markov

La figure 3.6 est un graphique présentant la contribution individuelle moyenne des par-

ticipants au traitement *intermédiaire* à chaque période et les itinéraires des contributions individuelles moyennes des équilibres de Pareto et de Nash parfait au sens de Markov. Graphiquement, les contributions semblent également montrer une tendance à la hausse qui ne semble pas se confirmer lors de l'analyse des probabilités critiques des tests de rangs de signés de Wilcoxon (tableau 3.10). En effet, aucune des probabilités n'est inférieure au seuil de significativité 0.10 et ne permet de conclure que la distribution des efforts de tri est différente entre les périodes prises deux à deux.

La moyenne des efforts de tri moyens du traitement *intermédiaire* est 31.10, ce qui correspond à 62.2% de la dotation. C'est une moyenne légèrement inférieure à celle du traitement *stock* mais supérieure aux contributions au bien public des jeux de bien public statique, estimée à 40-60% de l'optimum social. À nouveau, ce résultat pourrait indiquer un problème des passagers clandestins moins sévère que dans la littérature statique.

| | | Période | | | | |
|---------|---|---------|------|------|------|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Période | 1 | | | | | |
| | 2 | 0.15 | | | | |
| | 3 | 0.17 | 1.00 | | | |
| | 4 | 0.40 | 1.00 | 0.68 | | |
| | 5 | 0.10 | 0.59 | 0.67 | 0.73 | |

TABLE 3.10 – Probabilités critiques des tests de rangs signés de Wilcoxon entre les contributions à la qualité environnementale des différentes périodes pour le traitement *intermédiaire*

En conséquent de ces contributions individuelles moyennes observées, notre expérience conduit, à chaque période, à un stock de bien public qui n'est pas socialement optimal. En effet, les contributions moyennes étant, quel que soit le traitement, toujours inférieures à celles de l'équilibre de Pareto, l'itinéraire du stock est toujours inférieur à celui de l'équilibre de Pareto (figure 3.7 pour le traitement *stock* et figure 3.8 pour le traitement *intermédiaire*). Toutefois, la stabilité des contributions indique que le problème des passagers clandestins ne s'aggrave pas durant le jeu et le stock ne tend donc jamais vers l'équilibre de Nash parfait au sens de Markov, c'est-à-dire un épuisement de la ressources. Le stock final, bien qu'inférieur au stock final socialement optimal, conduit donc, en moyenne, à une donation à l'association *The SeaCleaners* de 6,70 et 6,22€ pour le traitement *stock* et le traitement *intermédiaire*, respectivement.

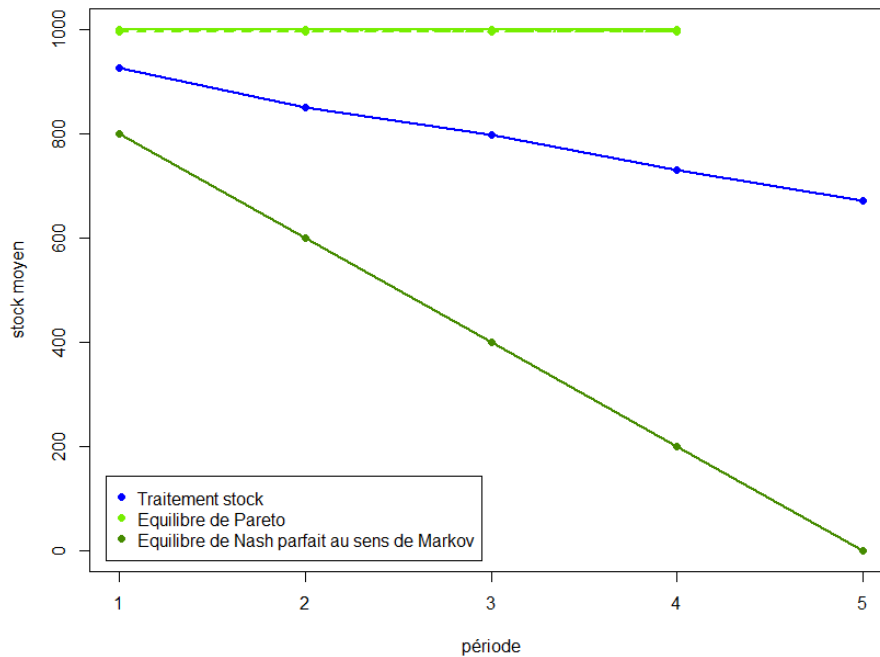


FIGURE 3.7 – Représentation graphique des niveaux de stock moyens de qualité environnementale moyennes du traitement stock ainsi que les itinéraires des niveaux de stock de l'équilibre de Pareto et de l'équilibre de Nash parfait au sens de Markov

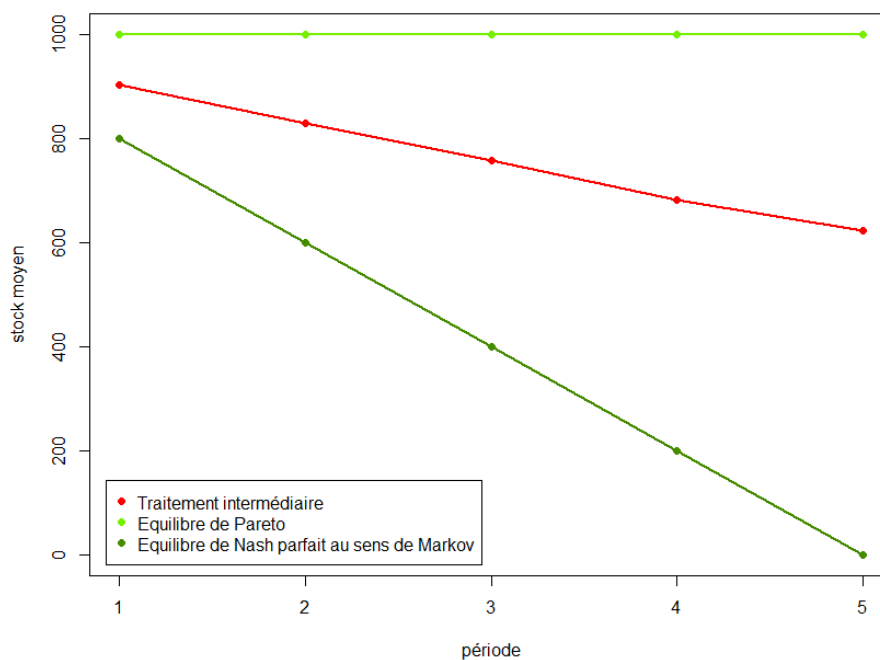


FIGURE 3.8 – Représentation graphique des niveaux de stock moyens de qualité environnementale moyennes du traitement intermédiaire ainsi que les itinéraires des niveaux de stock de l'équilibre de Pareto et de l'équilibre de Nash parfait au sens de Markov

Contrairement à la littérature des jeux de bien public statiques dans lesquels les périodes se répètent, une aggravation du problème des passagers clandestins durant le jeu,

marquée par le déclin des contributions, ne semble donc s’observer dans aucun des traitements de notre expérience. Dans chacun des traitements, les contributions semblent, globalement, se maintenir assez similairement à mi-chemin entre les efforts de tri de l’équilibre de Pareto et ceux de l’équilibre de Nash parfait au sens de Markov. Ce résultat rejoindrait alors ceux de [Marx and Matthews \(2000\)](#) et [Duffy et al. \(2007\)](#) qui estiment que le problème des passagers clandestins est adouci lorsque le jeu intègre une dimension dynamique.

Le traitement *partenaires* d’[Andreoni \(1988\)](#) peut d’ailleurs servir de référentiel sans stock à la comparaison de nos traitements. En effet, nos 2 traitements ont des paramètres similaires à ceux du jeu répété d’[Andreoni \(1988\)](#) mais intègrent une contextualisation ainsi qu’une composante dynamique par le biais d’un stock entretenu par les individus qui influence plus ou moins l’utilité du joueur. La figure 3.9 représente, sur un même graphique, la contribution moyenne pour chaque période des deux traitements de notre expérience ainsi que du traitement *partenaires* d’[Andreoni \(1988\)](#) pour en permettre la comparaison. Les courbes des traitements semblant différer de celle du traitement d’[Andreoni \(1988\)](#), elles tendent à confirmer la différence entre nos résultats et ceux d’[Andreoni \(1988\)](#). Cette différence ne semble pas pouvoir être expliquée par la différence entre la taille des groupes de nos traitements et du traitement *partenaires*. En effet, [Diederich et al. \(2016\)](#) et [Battaglini et al. \(2016\)](#) semblent indiquer que s’il y a un effet dû à la différence entre la taille des groupes de nos traitements et celui d’[Andreoni \(1988\)](#), il serait de nature à réduire l’écart entre les courbes. La différence de résultats peut alors résulter de la contextualisation supérieure de nos traitements par rapport à celui d’[Andreoni \(1988\)](#) ou de l’introduction d’un stock qui adoucirait le problème des passagers clandestins. Enfin, les paiements de notre expérience n’étant pas monétaire, ils peuvent également avoir rendu le compte privé moins attractif que dans l’expérience d’[Andreoni \(1988\)](#). Une véritable expérience en laboratoire d’économie expérimentale permettrait donc des résultats plus fiables et permettrait d’éliminer cette dernière hypothèse si ces résultats sont à nouveau observés. De plus, l’ajout d’un traitement *contrôle* reprenant le traitement *partenaires* d’[Andreoni \(1988\)](#) en le contextualisant permettrait de contrôler l’influence de la contextualisation.

Sur la figure 3.9, les courbes des traitements *stock* et *intermédiaire* semblant très proches, nous avons effectué des tests de Mann-Whitney-Wilcoxon afin de déterminer si les efforts de tri sont semblables à chaque période d’un traitement à l’autre. Les probabilités critiques de ces tests se trouvent dans le tableau 3.11. Aucune probabilité critique ne permettant de rejeter l’hypothèse nulle, la distribution des efforts individuels de tri est la même entre les deux traitements à chaque période. Il semble donc que si le stock a eu un effet sur les comportements individuels, son influence découle davantage de la valorisation du stock final que de son effet sur les revenus publics. Cette hypothèse pourrait également expliquer la divergence entre nos résultats et ceux de [Battaglini et al. \(2016\)](#) qui observent

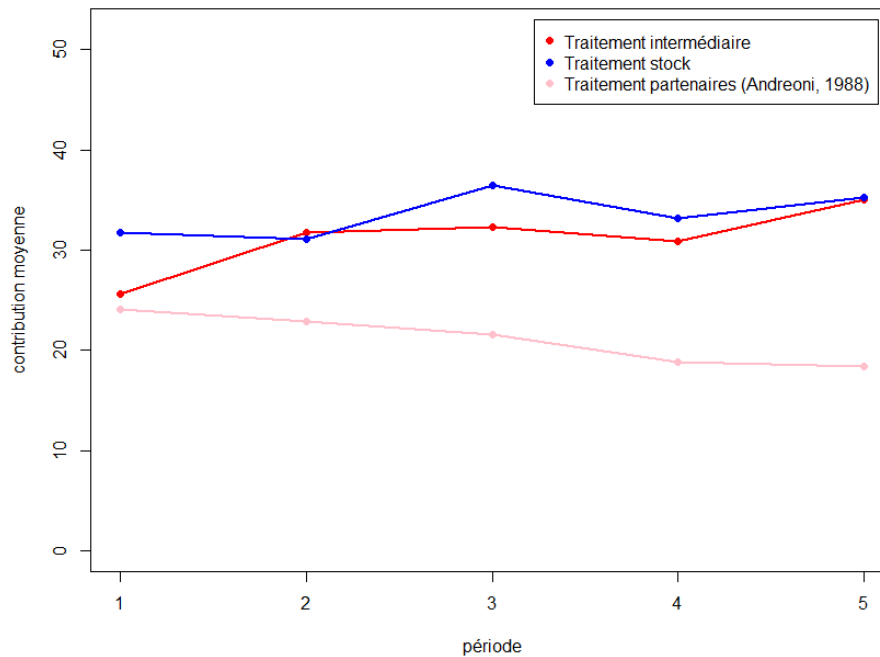


FIGURE 3.9 – Représentation graphique des contributions moyennes à la qualité environnementale des traitements stock et intermédiaire et du traitement partenaires d’Andreoni (1988)

des contributions qui tendent, à terme, vers l’équilibre de Nash parfait au sens de Markov, alors même que la modélisation de notre stock s’inspire largement du leur : il n’y avait pas de valorisation du stock final dans l’article de Battaglini et al. (2016).

| Période | | | | |
|---------|------|------|------|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0.47 | 0.78 | 0.33 | 0.50 | 0.70 |

TABLE 3.11 – Probabilités critiques des tests de Mann-Whitney-Wilcoxon entre les contributions à la qualité environnementale des traitements stock et intermédiaire pour chaque période

La valorisation du stock final n’étant pas associé à un revenu pour l’individu mais à une utilité liée au fait de faire un don à une association, le fait que sa présence puisse inciter au tri pourrait indiquer que les participants à notre expérience sont plus altruistes que notre modèle ne le pensait. En effet, nous avons défini le coefficient de valorisation du stock final $\delta = 0.25$ de manière à rendre le planificateur indifférent entre le stock et le compte privé à la dernière période du traitement *stock*. La conséquence de la valeur choisie est que l’effort individuel de tri n’est jamais intéressant pour le joueur. En revanche, si les individus sont plus altruistes, leur coefficient de valorisation du stock final δ est supérieur et peut rendre l’effort de tri rentable. Ainsi, si l’individu est purement altruiste, on peut supposer qu’il est lui-même indifférent entre augmenter le don à l’association et augmenter

son propre revenu à la dernière période du traitement *stock* tel que $\delta = 1$. Ce faisant, à l'équilibre de Nash parfait au sens de Markov, contribuer au maximum est ce qui permet à l'individu altruiste de maximiser son utilité.

Cet hypothèse d'échantillon altruiste est supportée par les statistiques descriptives du questionnaire qui suggérait que les participants étaient prêts à faire des efforts pour l'environnement même si les autres n'en faisaient pas ainsi que par le fait que peu de joueurs sont venus récupérer leur paiement. De plus, le tableau 3.12 montre qu'au cours des deux traitements, il n'y a eu que peu de passagers clandestins : 60% des périodes se sont effectuées sans passager clandestin pour le traitement *stock* contre 80% pour le traitement *intermédiaire*. Cependant, les participants ne peuvent être considérés comme purement altruistes puisque seuls 17% et 17.5%, en moyenne, ont adopté la stratégie de l'équilibre de Pareto dans le traitement *stock* et le traitement *intermédiaire*, respectivement. La très grande majorité des participants choisissait une contribution intermédiaire qui pourrait suggérer que leur δ est compris entre 0.25 et 1.

Cependant, si un δ compris entre 0.25 et 1 pourrait expliquer les contributions intermédiaires du traitement *stock*, ce n'est pas le cas pour celles du traitement *intermédiaire*. En effet, la décision de contribuer dans le traitement *intermédiaire* est basée sur la comparaison d'un bénéfice et d'un coût marginal composés uniquement de constantes. Si δ est suffisamment élevé pour rendre rentable une unité d'effort individuel de tri supplémentaire alors toute augmentation de l'effort individuel de tri est rentable et les joueurs contribueraient la totalité de leur dotation. Pour que l'altruisme puisse également expliquer les contributions intermédiaires du traitement *intermédiaire*, il faut envisager δ comme une fonction décroissante du stock final tel que lorsque le stock final est élevé, l'individu est moins sensible à sa baisse. Le stock final étant une fonction croissante de la contribution à la date t , l'individu valoriserait alors de moins en moins sa participation au stock final à la date t .

| | Période | | | | |
|--|---------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Traitement <i>stock</i> | | | | | |
| Contribution = 0 | 0.00% | 5.00% | 5.00% | 0.00% | 0.00% |
| 0 < Contribution < 50 | 80.00% | 80.00% | 80.00% | 85.00% | 80.00% |
| Contribution = 50 | 20.00% | 15.00% | 15.00% | 15.00% | 20.00% |
| Traitement <i>intermédiaire</i> | | | | | |
| Contribution = 0 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 12.50% |
| 0 < Contribution < 50 | 87.50% | 87.50% | 87.50% | 87.50% | 50.00% |
| Contribution = 50 | 12.50% | 12.50% | 12.50% | 12.50% | 37.50% |

TABLE 3.12 – Fréquence de certaines contributions à la qualité environnementale pour le traitement *stock*

Une hypothèse alternative que nous avançons pour expliquer un maintien des efforts de tri lié à la présence d'un stock découle d'une autre différence de notre stock avec celui de Battaglini et al. (2016) : dans notre expérience, le stock se dégrade naturellement et rend la contribution nécessaire pour ne pas perdre le stock acquis à la période initiale. Cette caractéristique du stock pourrait alors inciter les individus à contribuer à cause d'une forme d'aversion à la dépossession (Thaler, 1980), une manifestation de l'aversion pour la perte (Tversky and Kahneman, 1991). En effet, à la période initiale, il est possible que l'individu perçoive le stock initial comme un acquis et qu'il lui apparaisse donc coûteux d'en être dépossédé. Ce coût de dépossession constituerait alors un coût marginal à l'investissement dans le compte privé qui le découragerait donc. Il est tout à fait envisageable que ce coût de dépossession soit une fonction décroissante du stock : perdre une unité de stock final est de plus en plus coûteux à mesure que le stock final diminue. Le stock final étant une fonction croissante de la contribution à la date t , le coût de dépossession diminuerait au fur et à mesure que la contribution à la date t augmente.

Qu'il s'agisse de l'altruisme ou du coût de dépossession, la décroissance par rapport au stock final pourrait expliquer l'amorce non significative de la croissance graphique des contributions moyennes. Cette hypothèse nécessiterait de rendre l'expérience plus longue pour vérifier si une tendance significative dans ce sens se dégage.

3.5 Conclusion

La qualité environnementale délivre un bénéfice perçue indifféremment par tous et se consomme par le biais de la pollution qui, si elle est trop importante, dégrade l'environnement au point d'annuler les bénéfices que l'homme perçoit. Le recyclage, permis par le biais du tri sélectif, permet d'éviter les coûts environnementaux d'extraction d'une partie de la matière première en la récupérant des déchets pour la réinjecter dans le processus de production. En triant ses déchets, l'individu contribue alors à limiter la consommation de l'environnement. Cette contribution individuelle présente cependant des coûts individuels en termes de temps et d'espace qui peuvent la décourager. Ce chapitre développe donc le protocole d'une expérience de jeu de bien public adapté au bien public qu'est la qualité environnementale.

Les jeux de bien public confrontent les joueurs à un dilemme social : la contribution au bien public est socialement souhaitable mais individuellement coûteuse. Ce faisant, l'équilibre de Pareto, qui maximise l'utilité de l'ensemble des joueurs, est une situation dans laquelle tous les joueurs contribuent la totalité de leur dotation au bien public tandis que l'équilibre de Nash, qui ne maximise l'utilité que du joueur concerné, est marqué par l'absence de contribution. Cette divergence entre les deux équilibres cause le problème

des passagers clandestins : les biens publics sont sous-approvisionnés par rapport à ce qui serait socialement souhaitable. La théorie économique prévoit que le problème des passagers clandestins sera sévère : tous les individus vont rationnellement adopter la stratégie de l'équilibre de Nash et personne ne contribuera au bien public qui ne sera donc pas approvisionné du tout.

De nombreux exemples contredisent cette prédiction : le problème des passagers clandestins existe bel et bien mais n'est pas aussi dramatique qu'escompté (Marwell and Ames, 1979; Dawes and Thaler, 1988). En revanche, plus la prise de décision se répète, plus les contributions au bien public tendent vers celles de l'équilibre de Nash et aggravent le problème des passagers clandestins (Isaac et al., 1982, 1984; Isaac and Walker, 1988; Kim and Walker, 1984). Si répéter les périodes semblent être la première étape de l'intégration de la dynamique de la plupart des biens publics, elle n'est pas suffisante. En effet, outre l'interaction prolongée qu'ils causent, certains biens publics évoluent dans la durée et ne sont pas identiques d'une période à l'autre. Envisager le bien public sous la forme d'un stock semble donc pertinent pour étudier un bien public durable tel que la qualité environnementale. La littérature des jeux de bien public avec un telle dynamique est beaucoup ténue. Si elle semble suggérer la présence du problème des passagers clandestins, l'importance de ce dernier demeure discutée.

Ce chapitre contribue alors à cette littérature en proposant le protocole d'un jeu de bien public dans lequel le bien public prend la forme d'un stock qui se dégrade naturellement et dont la valeur finale sera convertie en don à une association de protection de l'environnement, *The SeaCleaners*.

Notre expérience est composée de deux traitements dont les paramètres sont inspirés du traitement *partenaires* d'Andreoni (1988), dans un jeu qu'il décrit comme « *typique de la plupart des expériences de bien public* », et du bien public du jeu de Battaglini et al. (2016). Le traitement *intermédiaire* reproduit le traitement *partenaires* d'Andreoni (1988), à ceci près que le traitement est contextualisé à la qualité environnementale et que les contributions au bien public alimentent un stock qui, à la dernière période, sera convertie en don à l'association. Le traitement *stock*, quant à lui, reprend le traitement *intermédiaire* en ajoutant un impact du stock sur les revenus publics : plus le stock de qualité environnementale est élevé, plus les individus perçoivent un revenu public élevé.

Du fait de la situation sanitaire, l'expérience n'a pas pu être réalisée dans un laboratoire mais nous avons eu l'occasion de tester un pilote simplifié de l'expérience sur internet : le jeu ne dure que 5 périodes et les groupes ne sont composés que de 4 joueurs contre 10 périodes et des groupes de 5 joueurs dans le jeu d'Andreoni (1988). Du fait de ces divergences de paramètres et de contextualisation, le traitement *partenaires* d'Andreoni (1988) ne peut être considéré comme un traitement *contrôle* mais est tout de même indiqué comme référentiel sans stock dans nos résultats.

Nos deux traitements conduisent à des équilibres calculés très similaires : à l'équilibre de Pareto, les contributions au bien public sont quasi-maximales tandis qu'à l'équilibre de Nash parfait au sens de Markov, les contributions sont quasi-nulles. Pourtant, les résultats de notre pilote montrent des contributions moyennes positives à toutes les périodes mais socialement sous-optimales. Le problème des passagers clandestins semble donc exister donc dans notre pilote mais, comme pour la littérature statique, il n'est pas aussi dramatique qu'escompté : l'équilibre de Nash parfait au sens de Markov ne se réalise pas. De plus, contrairement à la littérature des jeux de biens publics répétés, le problème des passagers clandestins ne s'aggrave pas au fur et à mesure du jeu : les contributions au bien public du pilote ne tendent pas vers l'équilibre de Nash parfait au sens de Markov mais se maintiennent similairement à mi-chemin entre les 2 équilibres durant les 5 périodes.

Outre sa non-aggravation, le problème des passagers clandestins semble également adouci par des valeurs moyennes de contributions moyennes au bien public estimés à plus de 60% de l'optimum social quand la littérature statique les estime, dans son cas, comprises entre 40 et 60% de l'optimum social (Ledyard, 1994). De même, la comparaison au traitement *partenaires* d'Andreoni (1988) conduit à observer que les contributions moyennes des traitements du pilote sont supérieures à celles du traitement *partenaires*, ce qui laisserait à nouveau entendre que le problème des passagers clandestins est adouci.

Les résultats des traitements *stock* et *intermédiaire* étant similaires, si l'introduction du stock a eu un effet, c'est par le biais de sa composante altruiste : la valorisation du stock finale, traduite en don à une association à la fin du jeu. Cependant, de tels résultats suggèrerait que cette valorisation n'est pas celle de notre modèle : elle serait probablement supérieure et tendrait à diminuer avec le stock et donc avec les contributions des individus. Le coût de dépossession peut également expliquer les résultats similaires de nos traitements : le stock initial peut sembler acquis et le perdre représenterait un coût marginal à l'investissement dans le compte privé. Ce coût pouvant tout à fait être décroissant du stock, il pourrait également expliquer de tels résultats. Toutefois, une valorisation du stock final et un coût de dépossession décroissants du stock finale causerait une croissance des contributions au fur et à mesure que le stock décroît, croissance qui n'est que non significativement suggérée par nos données. Augmenter le nombre de périodes de l'expérience pourrait permettre d'explorer ces pistes et de déterminer s'il y a bel et bien une tendance à la hausse des contributions.

Pour conclure, une expérience en laboratoire d'économie expérimentale afin de vérifier les résultats du pilote nous semble nécessaire : un échantillon plus important et représentatif ainsi que des paiements en euros permettront d'obtenir des résultats plus fiables. De plus, les paramètres modifiés par rapport à l'expérience d'Andreoni (1988) pourraient être repris : des groupes de 5 joueurs et un jeu de 10 périodes qui permettrait d'explorer les hypothèses de la valorisation du stock final et du coût de dépossession décroissants du

stock final. Enfin, l'expérience devrait envisager l'ajout d'un traitement *contrôle* reprenant le traitement *partenaires* d'[Andreoni \(1988\)](#) avec la même contextualisation que les autres traitements afin de contrôler l'effet de la contextualisation.

Conclusion Générale

L'impact négatif de l'Homme sur l'environnement, notamment à cause de l'économie, est un constat qui est observé tout au long de l'histoire de l'Homme. Cependant, ce sont les années 70 qui marquent une prise de conscience écologique, causée notamment par le rapport *Halte à la croissance ?* (Meadows et al., 1972) qui alerte sur les limites de la croissance. En effet, les auteurs indiquent que si la croissance telle qu'observée à cette époque se poursuit, elle risque de conduire, tôt ou tard, à un effondrement économique et démographique.

Cette prise de conscience est notamment à l'origine du concept de développement durable : un développement économique intégrant les problématiques sociales et environnementales. Pour être durable, un geste économique doit donc être réalisé de manière à limiter son impact sur ces deux sphères. Ainsi, les acteurs économiques doivent donc tenir compte de la pollution qu'il génère et tenter de la minimiser.

Du point de vue de l'individu, point de vue qui nous a intéressé durant cette thèse, la consommation de biens est à l'origine de déchets qui peuvent polluer l'environnement sans une gestion appropriée. Dès que possible, la littérature établit que le recyclage est la gestion des déchets à privilégier puisqu'elle permet la plus forte réduction des émissions de polluants et la plus grande économie d'énergie (Denison, 1996; Morris, 2005). Toutefois, le recyclage est tributaire du geste de tri des individus, lequel doit donc être incité.

L'incitation des comportements de tri se nourrit des recommandations d'une littérature très étoffée sur les comportements de tri. Cependant, la plupart des études se concentrant sur le tri de plusieurs matériaux mobilisent des outils économétriques univariés qui posent l'hypothèse implicite que les décisions de tri des différents matériaux sont indépendantes. Autrement dit, un individu recyclant un matériau n'est ni plus ni moins enclin à en recycler un autre. A contrario, nous pensons, tout comme Ferrara and Missios (2016), que les recyclages des différents matériaux sont liés et traduisent un engagement global au recyclage et qu'il semble donc plus pertinents de faire appel à des modèles multivariés. Cette spécification s'avère importante au niveau des résultats obtenus puisque la prise en compte d'un lien entre les variables dépendantes peut modifier les résultats d'un modèle : Ferrara and Missios (2012) observent ainsi des différences dans la valeur et la significativité

des coefficients entre un modèle multivarié avec 5 variables dépendantes et les 5 modèles univariés correspondants.

Le chapitre 1 de cette thèse adopte alors une approche probit ordonné multivarié afin d'étudier les intensités de tri de 3 matériaux (le plastique, le métal et le papier) à partir des données françaises d'une enquête de l'OCDE en 2011. Le calcul des probabilités conditionnelles semble confirmer l'intuition des décisions de recyclage liées : lorsqu'un individu recycle assidûment 2 matériaux, il a une plus forte probabilité de recycler assidûment le 3^{ème}, par exemple.

Cependant, le résultat majeur de ce chapitre demeure la nécessité de calculer les effets marginaux sur les probabilités conditionnelles. En effet, l'analyse de ces effets marginaux révèle des résultats que l'analyse directe des coefficients du modèle ne permet pas de détecter. Ainsi, une variable peut avoir des effets significatifs sur la probabilité conditionnelle de recycler un matériau alors même que cette variable n'est pas une variable explicative de l'équation de ce matériau. C'est le cas notamment de l'introduction d'un système de collection en porte-à-porte du métal. Si introduire cette collecte a bien l'effet incitatif escompté par le modèle et la littérature sur la probabilité conditionnelle de recycler le métal, elle a un effet négatif sur les probabilités conditionnelles de recycler du plastique et du papier. Alors que l'interprétation directe du modèle laissait entendre que l'introduction d'une collecte en porte-à-porte n'était qu'incitative, les effets marginaux sur les probabilités conditionnelles révèlent un effet réallocatif de l'effort de tri : l'effort augmente pour le matériau pour lequel la collecte a été mise en place mais au détriment du tri des autres matériaux. Le calcul des effets marginaux sur les probabilités conditionnelles est donc coûteux mais peut véritablement enrichir l'analyse.

En plus de marquer le début du développement durable, la prise de conscience écologique des années 1970 coïncide avec une hausse des taux de recyclage aux États-Unis (USEPA, 2019). La question de la relation entre les attitudes pro-environnementales et les comportements pro-environnementaux se pose alors : une vision du monde intégrant davantage les problématiques environnementales incite-t-elle au recyclage ? Le chapitre 2 explore donc cette relation par le biais de l'échelle de mesure de l'attitude environnementale la plus reconnue (Stern et al., 1995; Hawcroft and Milfont, 2010) : l'échelle NEP (Nouveau Paradigme Environnemental) de Dunlap and Van Liere (1978) et plus précisément sa version révisée (Dunlap et al., 2000).

L'échantillon considéré provient d'un projet Interreg Marittimo intitulé GRRinPORT qui visait à éliciter les préférences de tri à bord des ferrys par le biais d'une expérience de choix multiples. L'étude de la dimensionnalité de l'échelle NEP dans notre échantillon par le biais d'une Analyse en Composantes Principales (ACP), suggérée par (Dunlap et al., 2000), révèle l'émergence de 4 dimensions : 1 dimension majeure et 3 plus petites. Parmi les dimensions émergentes, un facteur se distingue du facteur principal en captant des

items qui ne sont pas captés par le facteur principal. L'interprétation de ce facteur, que nous nommons responsabilité de stock par la suite, semble alors indiquer qu'il mesure une attitude pro-environnementale caractérisée par la conscience des limites physiques de l'environnement et la conviction que l'Homme peut agir sur ces dernières.

L'intégration de cette dimension comme variable explicative d'un modèle logit multinomial à coefficients aléatoires permet d'observer que la responsabilité de stock a un impact significatif sur le consentement à payer (CAP) pour les différents attributs décrivant les différents scénarios de tri. Ainsi, les individus présentant une forte responsabilité de stock semblent être prêts à payer moins cher pour diminuer la distance moyenne à un point de collecte ou pour augmenter la fréquence de collecte dans le ferry que les individus pour lesquels la responsabilité de stock est faible. De même, une responsabilité de stock élevée semble rendre les individus plus enclin à accepter une hausse du prix du billet pour introduire le tri à bord. Les individus ayant une forte responsabilité de stock semblent donc moins sensibles aux désagréments associés au tri, ce qui laisserait supposer que la responsabilité de stock est une attitude pro-environnementale qui motive au recyclage. Si ces résultats semblent intuitifs étant donné que le recyclage permet d'agir sur les limites physiques de l'environnement, le résultat concernant les catégories de tri nous a davantage étonné : bien qu'associé à une préférence pour augmenter les catégories de tri, le consentement à payer pour chaque niveau de l'attribut des catégories de tri est inférieur pour les individus présentant une forte responsabilité de stock. Bien que nous avancions des hypothèses pour tenter d'expliquer cet effet, nul doute que l'étude de l'impact de la responsabilité de stock sur les décisions de tri, et non plus les préférences, pourrait apporter un nouvel éclairage sur notre résultat.

Enfin, le 3^{ème} chapitre de cette thèse reprend l'hypothèse que la perception d'un stock limité cumulée à une capacité à agir dessus incite au tri et l'examine à travers le prisme de l'économie expérimentale. En effet, ce chapitre propose un protocole de jeu de bien public dans lequel le bien public, sous la forme d'un stock inspiré de (Battaglini et al., 2016), est la qualité environnementale et les contributions au bien public sont identifiées comme des efforts de tri qui viennent s'opposer à la décroissance de la qualité environnementale, la pollution. Un traitement *intermédiaire* reprend un jeu de bien public classique, le traitement *partenaires* d'Andreoni (1988), en le contextualisant et en ajoutant un bien public sous forme de stock sans que celui-ci n'ait d'autre impact que sa valeur finale convertie en don à une association de protection de l'environnement. Le traitement *stock*, quant à lui, est le même que le traitement *intermédiaire*, à ceci près que le revenu public est une fonction croissante du stock. Si la situation sanitaire n'a pas permis la réalisation de l'expérience dans un laboratoire d'économie expérimentale, la réalisation d'un protocole nous a fourni des données qui ont fait l'objet d'une analyse.

Quel que soit notre traitement considéré, la divergence entre l'optimum social et l'op-

timum individuel du jeu, définis par l'équilibre de Pareto et l'équilibre de Nash parfait au sens de Markov respectivement, pose le problème des passagers clandestins. De plus, tout comme dans la littérature statique, le problème des passagers clandestins ne semble pas conduire à la réalisation de l'équilibre de Nash parfait au sens de Markov. Toutefois, alors que la répétition de périodes de jeu statiques est à l'origine d'un déclin des contributions, ce déclin ne semble pas s'observer dans nos traitements : les contributions au bien publics semblent se maintenir tout au long du jeu. De plus, les contributions obtenues semblent élevées par rapport aux résultats usuels de la littérature statique. Enfin, la comparaison au référentiel sans stock, le traitement *partenaires* d'[Andreoni \(1988\)](#), met en évidence des contributions supérieures dans nos traitements à toutes les périodes. Tous ces résultats semblent donc indiquer que le problème des passagers clandestins existe dans notre pilote mais semble adouci par rapport à une situation statique.

Cependant, les résultats n'étant pas significativement différents entre nos traitements, si l'introduction d'un stock a conduit au maintien des contributions au bien public, nous avançons l'hypothèse que c'est par le biais de sa composante altruiste, la valorisation du stock final sous forme de don, ou par un coût de dépossession lié à l'acquisition d'un stock initial non nul. Toutefois, la contextualisation et le paiement sous forme non monétaire sont des caractéristiques qui peuvent également avoir eu un effet sur les contributions au bien public et dont la responsabilité concernant le maintien des contributions ne peut donc pas être écartée. Le contrôle de ces variables est alors une piste d'amélioration pour la réalisation de cette expérience en laboratoire d'économie expérimentale.

Cette thèse offre donc des perspectives qui peuvent faire l'objet de recherches futures. En effet, le chapitre 1 recommande une méthodologie et des calculs supplémentaires qui pourraient être appliqués à d'autres comportements joints afin d'enrichir leur analyse. Le chapitre 2, quant à lui, met en évidence l'impact d'une attitude pro-environnementale dont l'effet sur le recyclage nécessiterait d'être confirmé et approfondi. De plus, il est également envisageable de tester l'impact de cette attitude pro-environnementale sur d'autres comportements pro-environnementaux. Enfin, le chapitre 3 propose un protocole d'expérience qui mériterait de faire l'objet d'une expérience en laboratoire, offrant alors des données dont l'analyse sera plus fiable.

Bibliographie

- Abeyasekera, S. (2006), ‘Chapter 18 : Multivariate methods for index construction’, *Household surveys in developing and transition countries : design, implementation and analysis* .
- ADEME (2014), ‘étude prospective sur la collecte et le tri des déchets d’emballages et de papier dans le service public de gestion des déchets’.
- ADEME (2016), ‘Organisation de la collecte des déchets d’emballages ménagers et papiers graphiques dans le spgd’.
- ADEME (2017), ‘Modecom 2017 : Campagne nationale de caractérisation des déchets ménagers et assimilés’.
- ADEME (2021), ‘Collecte des déchets par le service public en france’.
- Admati, A. R. and Perry, M. (1991), ‘Joint projects without commitment’, **58**(2), 259–276.
- Ajzen, I. (1991), ‘The theory of planned behavior’, **50**(2), 179–211.
- Al-Khatib, I. A., Arafat, H. A., Daoud, R. and Shwahneh, H. (2009), ‘Enhanced solid waste management by understanding the effects of gender, income, marital status, and religious convictions on attitudes and practices related to street littering in nablus–palestinian territory’, **29**(1), 449–455.
- Andreoni, J. (1988), ‘Why free ride? : Strategies and learning in public goods experiments’, **37**(3), 291–304.
- Andreoni, J. (1990), ‘Impure altruism and donations to public goods : A theory of warm-glow giving’, *The economic journal* **100**(401), 464–477.
- Andreoni, J. (1995), ‘Cooperation in public-goods experiments : kindness or confusion?’, pp. 891–904.
- Andreoni, J. and Croson, R. (2008), ‘Partners versus strangers : Random rematching in public goods experiments’, **1**, 776–783.

- Apestequia, J. and Maier-Rigaud, F. P. (2006), 'The role of rivalry : public goods versus common-pool resources', **50**(5), 646–663.
- Arcury, T. (1990), 'Environmental attitude and environmental knowledge', *Human organization* **49**(4), 300–304.
- Ashenmiller, B. (2009), 'Cash recycling, waste disposal costs, and the incomes of the working poor : evidence from california', **85**(3), 539–551.
- Baldassare, M. and Katz, C. (1992), 'The personal threat of environmental problems as predictor of environmental practices', **24**(5), 602–616.
- Barr, S. (2007), 'Factors influencing environmental attitudes and behaviors : A uk case study of household waste management', **39**(4), 435–473.
- Barr, S., Ford, N. J. and Gilg, A. W. (2003), 'Attitudes towards recycling household waste in exeter, devon : quantitative and qualitative approaches', **8**(4), 407–421.
- Barr, S. and Gilg, A. W. (2005), 'Conceptualising and analysing household attitudes and actions to a growing environmental problem : Development and application of a framework to guide local waste policy', **25**(3), 226–247.
- Barr, S., Gilg, A. W. and Ford, N. J. (2001), 'A conceptual framework for understanding and analysing attitudes towards household-waste management', **33**(11), 2025–2048.
- Battaglini, M., Nunnari, S. and Palfrey, T. (2012), The free rider problem : A dynamic analysis, Technical report, National Bureau of Economic Research.
- Battaglini, M., Nunnari, S. and Palfrey, T. R. (2014), 'Dynamic free riding with irreversible investments', **104**(9), 2858–71.
- Battaglini, M., Nunnari, S. and Palfrey, T. R. (2016), 'The dynamic free rider problem : A laboratory study', **8**(4), 268–308.
- Beaumais, O. and Prunetti, D. (2018), 'Time for waste, waste of time ? assessing heterogeneous values of saving time from recycling', **128**(5), 915–934.
- Bechtel, R. B., Corral-Verdugo, V., Asai, M. and Riesle, A. G. (2006), 'A cross-cultural study of environmental belief structures in usa, japan, mexico, and peru', *International Journal of Psychology* **41**(02), 145–151.
- Bel, G. and Gradus, R. (2016), 'Effects of unit-based pricing on household waste collection demand : A meta-regression analysis', **44**, 169–182.

- Bell, J., Huber, J. and Viscusi, W. K. (2017), ‘Fostering recycling participation in wisconsin households through single-stream programs’, **93**(3), 481–502.
- Belton, V., Crowe, D. V., Matthews, R. and Scott, S. (1994), ‘A survey of public attitudes to recycling in glasgow (uk)’, **12**(4), 351–367.
- Berglund, C. (2006), ‘The assessment of households’ recycling costs : The role of personal motives’, **56**(4), 560–569.
- Bernauer, T. and Koubi, V. (2006), ‘States as providers of public goods : How does government size affect environmental quality?’.
- Birnbaum, A. L. (1968), ‘Some latent trait models and their use in inferring an examinee’s ability’, *Statistical theories of mental test scores* .
- Boes, S. and Winkelmann, R. (2006), ‘Ordered response models’, **90**(1), 167–181.
- Boldero, J. (1995), ‘The prediction of household recycling of newspapers : The role of attitudes, intentions, and situational factors 1’, **25**(5), 440–462.
- Börger, T., Hattam, C., Burdon, D., Atkins, J. P. and Austen, M. C. (2014), ‘Valuing conservation benefits of an offshore marine protected area’, *Ecological Economics* **108**, 229–241.
- Brekke, K. A., Hauge, K. E., Lind, J. T. and Nyborg, K. (2011), ‘Playing with the good guys. a public good game with endogenous group formation’, **95**(9-10), 1111–1118.
- Brekke, K. A., Kipperberg, G. and Nyborg, K. (2010), ‘Social interaction in responsibility ascription : The case of household recycling’, **86**(4), 766–784.
- Brekke, K. A., Kverndokk, S. and Nyborg, K. (2003), ‘An economic model of moral motivation’, **87**(9-10), 1967–1983.
- Brundtland, G. H. (1987), ‘Our common future—call for action’, **14**(4), 291–294.
- Bugoni, L., Krause, L. and Petry, M. V. (2001), ‘Marine debris and human impacts on sea turtles in southern brazil’, **42**(12), 1330–1334.
- Burlando, R. M. and Guala, F. (2005), ‘Heterogeneous agents in public goods experiments’, **8**(1), 35–54.
- Castillo-Eguskitza, N., Hoyos, D., Onaindia, M. and Czajkowski, M. (2019), ‘Unraveling local preferences and willingness to pay for different management scenarios : A choice experiment to biosphere reserve management’, *Land Use Policy* **88**, 104200.

- Cerutti, N. (2017), ‘Social dilemmas in environmental economics and policy considerations : A review’, **8**(1), 156–173.
- Chaikaew, P., Hodges, A. W. and Grunwald, S. (2017), ‘Estimating the value of ecosystem services in a mixed-use watershed : A choice experiment approach’, *Ecosystem Services* **23**, 228–237.
- Chamberlin, J. R. (1978), ‘The logic of collective action : Some experimental results’, **23**(5), 441–445.
- Chan, K. (1998), ‘Mass communication and pro-environmental behaviour : waste recycling in hong kong’, **52**(4), 317–325.
- Cheke, A. S. (2004), ‘The dodo’s last island : Where did volkert evertsz meet the last wild dodos’, **7**, 7–22.
- Cheke, A. S. (2006), ‘Establishing extinction dates—the curious case of the dodo raphus cucullatus and the red hen aphanapteryx bonasia’, **148**(1), 155–158.
- Chen, D. L., Schonger, M. and Wickens, C. (2016), ‘otree—an open-source platform for laboratory, online, and field experiments’, **9**, 88–97.
- Cheung, S. F., Chan, D. K.-S. and Wong, Z. S.-Y. (1999), ‘Reexamining the theory of planned behavior in understanding wastepaper recycling’, **31**(5), 587–612.
- Chmielewski, A. G. (2009), ‘Environmental effects of fossil fuel combustion’, **4**(2), 56–74.
- Christie, M., Remoundou, K., Siwicka, E. and Wainwright, W. (2015), ‘Valuing marine and coastal ecosystem service benefits : Case study of st vincent and the grenadines’ proposed marine protected areas’, *Ecosystem services* **11**, 115–127.
- Cialdini, R. B., Reno, R. R. and Kallgren, C. A. (1990), ‘A focus theory of normative conduct : Recycling the concept of norms to reduce littering in public places.’, **58**(6), 1015.
- Cirillo, C., Liu, Y. and Tremblay, J.-M. (2017), ‘Simulation, numerical approximation and closed forms for joint discrete continuous models with an application to household vehicle ownership and use’, *Transportation* **44**(5), 1105–1125.
- Clark, C. F., Kotchen, M. J. and Moore, M. R. (2003), ‘Internal and external influences on pro-environmental behavior : Participation in a green electricity program’, **23**(3), 237–246.
- Colombo, U. (2001), ‘The club of rome and sustainable development’, **33**(1), 7–11.

- Cordano, M., Welcomer, S. A. and Scherer, R. F. (2003), 'An analysis of the predictive validity of the new ecological paradigm scale', **34**(3), 22–28.
- Corral-Verdugo, V. (1996), 'A structural model of reuse and recycling in Mexico', **28**(5), 665–696.
- Craighill, A. L. and Powell, J. C. (1996), 'Lifecycle assessment and economic evaluation of recycling : a case study', **17**(2), 75–96.
- Croson, R. (2002), 'Why and how to experiment : Methodologies from experimental economics', p. 921.
- Croson, R. T. (2007), 'Theories of commitment, altruism and reciprocity : Evidence from linear public goods games', **45**(2), 199–216.
- Czajkowski, M., Hanley, N. and Nyborg, K. (2017), 'Social norms, morals and self-interest as determinants of pro-environment behaviours : the case of household recycling', **66**(4), 647–670.
- Czajkowski, M., Kądziała, T. and Hanley, N. (2014), 'We want to sort ! assessing households' preferences for sorting waste', *Resource and energy economics* **36**(1), 290–306.
- Daumas, J.-C. (2018), 'Les trente glorieuses ou le bonheur par la consommation', (6), 6–13.
- Dawes, R. M. and Thaler, R. H. (1988), 'Anomalies : cooperation', **2**(3), 187–197.
- De Klein, C., Pinares-Patino, C., Waghorn, G. et al. (2008), 'Greenhouse gas emissions', pp. 1–32.
- De Vaus, D. A. et al. (2002), 'Social surveys, volume 2'.
- De Young, R. (1985), 'Encouraging environmentally appropriate behavior : The role of intrinsic motivation'.
- De Young, R. (1990), 'Recycling as appropriate behavior : a review of survey data from selected recycling education programs in Michigan', **3**(4), 253–266.
- Deng, X., Li, Z. and Gibson, J. (2016), 'A review on trade-off analysis of ecosystem services for sustainable land-use management', *Journal of Geographical Sciences* **26**(7), 953–968.
- Denison, R. A. (1996), 'Environmental life-cycle comparisons of recycling, landfilling, and incineration : A review of recent studies', **21**(1), 191–237.

- Denuncio, P., Bastida, R., Dassis, M., Giardino, G., Gerpe, M. and Rodríguez, D. (2011), 'Plastic ingestion in franciscana dolphins, *pontoporia blainvillei* (gervais and d'orbigny, 1844), from argentina', **62**(8), 1836–1841.
- Derksen, L. and Gartrell, J. (1993), 'The social context of recycling', pp. 434–442.
- DeYoreo, M. and Kottas, A. (2018), 'Bayesian nonparametric modeling for multivariate ordinal regression', *Journal of Computational and Graphical Statistics* **27**(1), 71–84.
- Diederich, J., Goeschl, T. and Waichman, I. (2016), 'Group size and the (in) efficiency of pure public good provision', **85**, 272–287.
- Do Valle, P. O., Reis, E., Menezes, J. and Rebelo, E. (2004), 'Behavioral determinants of household recycling participation : the portuguese case', **36**(4), 505–540.
- Dockner, E. J., Jorgensen, S., Van Long, N. and Sorger, G. (2000), *Differential games in economics and management science*, Cambridge University Press.
- Dockner, E. J., Nishimura, K. and Sakyoku, Y. (2005), Private investment of a public project ? a multiperiod analysis, Technical report, Working Paper.
- Duffy, J., Ochs, J. and Vesterlund, L. (2007), 'Giving little by little : Dynamic voluntary contribution games', **91**(9), 1708–1730.
- Dunlap, R. E. (2008), 'The new environmental paradigm scale : From marginality to worldwide use', *The Journal of environmental education* **40**(1), 3–18.
- Dunlap, R., Liere, K. V., Mertig, A. and Jones, R. E. (2000), 'Measuring endorsement of the new ecological paradigm : A revised nep scale', **56**(3), 425–442.
- Dunlap, R. and Van Liere, K. (1978), 'The " new environmental paradigm" : A proposed measuring instrument for environmental quality', *Social Science Quarterly* **65**, 1013–1028.
- Dyllick, T. and Hockerts, K. (2002), 'Beyond the business case for corporate sustainability', **11**(2), 130–141.
- Ebreo, A., Hershey, J. and Vining, J. (1999), 'Reducing solid waste : Linking recycling to environmentally responsible consumerism', *Environment and Behavior* **31**(1), 107–135.
- Edgell, M. C. and Nowell, D. E. (1989), 'The new environmental paradigm scale : Wildlife and environmental beliefs in british columbia', *Society & Natural Resources* **2**(1), 285–296.

- Ewing, G. (2001), 'Altruistic, egoistic, and normative effects on curbside recycling', **33**(6), 733–764.
- Fehr, E. and Fischbacher, U. (2004), 'Social norms and human cooperation', **8**(4), 185–190.
- Ferdous, N., Eluru, N., Bhat, C. R. and Meloni, I. (2010), 'A multivariate ordered-response model system for adults' weekday activity episode generation by activity purpose and social context', *Transportation research part B : methodological* **44**(8-9), 922–943.
- Ferrara, I. and Missios, P. (2012), 'A cross-country study of household waste prevention and recycling : Assessing the effectiveness of policy instruments', **88**(4), 710–744.
- Ferrara, I. and Missios, P. (2016), 'Reduce, reuse or recycle? household decisions over waste prevention and recycling'.
- Fershtman, C. and Nitzan, S. (1991), 'Dynamic voluntary provision of public goods', **35**(5), 1057–1067.
- Filmer, D. and Pritchett, L. H. (2001), 'Estimating wealth effects without expenditure data—or tears : an application to educational enrollments in states of india', *Demography* **38**(1), 115–132.
- Fischbacher, U. (2007), 'z-tree : Zurich toolbox for ready-made economic experiments', **10**(2), 171–178.
- Fischbacher, U. and Gächter, S. (2008), 'Heterogeneous social preferences and the dynamics of free riding in public good experiments'.
- Fischbacher, U., Gächter, S. and Fehr, E. (2001), 'Are people conditionally cooperative? evidence from a public goods experiment', **71**(3), 397–404.
- Flenley, J. R. and Bahn, P. G. (2003), *The enigmas of Easter Island : island on the edge*, [2nd ed.]. edn, Oxford University Press Oxford ; New York.
- for Economic Co-operation, O. and Development (2014), *Greening Household Behaviour : Overview from the 2011 Survey-Revised Edition*, OECD Publishing.
- Freese, B. (2016), *Coal : A human history*, Basic Books.
- Frey, B. S. and Oberholzer-Gee, F. (1997), 'The cost of price incentives : An empirical analysis of motivation crowding-out', **87**(4), 746–755.
- Fullerton, D. and Kinnaman, T. C. (1994), 'Household demand for garbage and recycling collection with the start of a price per bag'.

- Gächter, S. and Thöni, C. (2005), ‘Social learning and voluntary cooperation among like-minded people’, **3**(2-3), 303–314.
- Gamba, R. J. and Oskamp, S. (1994), ‘Factors influencing community residents’ participation in commingled curbside recycling programs’, **26**(5), 587–612.
- Geiger, J. L., Steg, L., van der Werff, E. and Ünal, A. B. (2019), ‘A meta-analysis of factors related to recycling’, **64**, 78–97.
- Gintis, H. (2001), *Game theory evolving : A problem-centered introduction to modeling strategic interaction*, Princeton University Press Princeton.
- Giusti, L. (2009), ‘A review of waste management practices and their impact on human health’, **29**(8), 2227–2239.
- Goldenhar, L. M. and Connell, C. M. (1993), ‘Understanding and predicting recycling behavior : An application of the theory of reasoned action’, **22**, 91–91.
- Grayling, M., Mander, A. et al. (2015), Efficient multivariate normal distribution calculations in stata, in ‘United Kingdom Stata Users’ Group Meetings 2015’, number 04, Stata Users Group.
- Greene, W. (2011), *Econometric Analysis*, Seventh Edition, Prentice Hall.
- Greene, W. H. and Hensher, D. A. (2010), *Modeling ordered choices : A primer*, Cambridge University Press.
- Gripaldo, R. M. (2017), ‘Sustainable development and cultural traditions : A view on authentic development1’.
- Guerin, D., Crete, J. and Mercier, J. (2001), ‘A multilevel analysis of the determinants of recycling behavior in the european countries’, **30**(2), 195–218.
- Gunnthorsdottir, A., Houser, D. and McCabe, K. (2007), ‘Disposition, history and contributions in public goods experiments’, **62**(2), 304–315.
- Gwatkin, D. R., Rutstein, S., Johnson, K., Pande, R. and Wagstaff, A. (2000), ‘Socio-economic differences in health, nutrition, and population’, *Washington, DC : World Bank*.
- H., G. W. (2011), *Econometric Analysis, Seventh Edition*, Prentice Hall.
- Häfner, K., Zasada, I., van Zanten, B. T., Ungaro, F., Koetse, M. and Piorr, A. (2018), ‘Assessing landscape preferences : a visual choice experiment in the agricultural region of märkische schweiz, germany’, *Landscape Research* **43**(6), 846–861.

- Hage, O., Söderholm, P. and Berglund, C. (2009), 'Norms and economic motivation in household recycling : Empirical evidence from sweden', **53**(3), 155–165.
- Halvorsen, B. (2004), 'Effects of norms, warm-glow and time use on household recycling'.
- Halvorsen, B. (2008), 'Effects of norms and opportunity cost of time on household recycling', **84**(3), 501–516.
- Halvorsen, B. (2012), 'Effects of norms and policy incentives on household recycling : An international comparison', *Resources, Conservation and Recycling* **67**, 18–26.
- Han, H., Zhang, Z. and Xia, S. (2016), 'The crowding-out effects of garbage fees and voluntary source separation programs on waste reduction : Evidence from china', **8**(7), 678.
- Hardin, G. (1968), 'The tragedy', p. 1243.
- Hawcroft, L. J. and Milfont, T. L. (2010), 'The use (and abuse) of the new environmental paradigm scale over the last 30 years : A meta-analysis', **30**(2), 143–158.
- Hirk, R., Hornik, K. and Vana, L. (2019), 'Multivariate ordinal regression models : an analysis of corporate credit ratings', *Statistical Methods & Applications* **28**(3), 507–539.
- Hole, A. R. (2011), 'Estimation of willingness to pay in preference space vs. wtp space', *Danish Choice Modelling Day, Odense, December 8*.
- Hole, A. R. and Kolstad, J. R. (2012), 'Mixed logit estimation of willingness to pay distributions : a comparison of models in preference and wtp space using data from a health-related choice experiment', *Empirical Economics* **42**(2), 445–469.
- Hong, S. (1999), 'The effects of unit pricing system upon household solid waste management : The korean experience', **57**(1), 1–10.
- Hopper, J. R. and Nielsen, J. M. (1991), 'Recycling as altruistic behavior : Normative and behavioral strategies to expand participation in a community recycling program', **23**(2), 195–220.
- Hoyos, D. (2010), 'The state of the art of environmental valuation with discrete choice experiments', *Ecological economics* **69**(8), 1595–1603.
- Hume, J. P. (2006), 'The history of the dodo raphus cucullatus and the penguin of mauritius', **18**(2), 69–93.
- Hume, J. P. (2012), 'The dodo : from extinction to the fossil record', **28**(4), 147–151.
- Hunt, T. L. (2006), 'Rethinking the fall of easter island', **94**(5), 412–419.

- Hunt, T. and Lipo, C. (2012), 'Ecological catastrophe and collapse : The myth of 'ecocide' on rapa nui (easter island)', (12/3).
- Iqbal, M. A. and Gupta, S. (2009), 'Studies on heavy metal ion pollution of ground water sources as an effect of municipal solid waste dumping', **1**(5-6), 117–122.
- Isaac, R. M., McCue, K. F. and Plott, C. R. (1982), 'Public goods provision in an experimental environment'.
- Isaac, R. M. and Walker, J. M. (1988), 'Group size effects in public goods provision : The voluntary contributions mechanism', **103**(1), 179–199.
- Isaac, R. M., Walker, J. M. and Thomas, S. H. (1984), 'Divergent evidence on free riding : An experimental examination of possible explanations', **43**(2), 113–149.
- Iversen, P. L. (2018), Chemicals in the environment, *in* 'Molecular Basis of Resilience', Springer, pp. 141–168.
- Jacobs, H. E., Bailey, J. S. and Crews, J. I. (1984), 'Development and analysis of a community-based resource recovery program', **17**(2), 127–145.
- Jakus, P. M., Tiller, K. H. and Park, W. M. (1996), 'Generation of recyclables by rural households', pp. 96–108.
- Jenkins, R. R., Martinez, S. A., Palmer, K. and Podolsky, M. J. (2003), 'The determinants of household recycling : a material-specific analysis of recycling program features and unit pricing', **45**(2), 294–318.
- Kadir, A. A. and Sarani, N. A. (2015), Cigarette butts pollution and environmental impact—a review, *in* 'Applied Mechanics and Materials', Vol. 773, Trans Tech Publ, pp. 1106–1110.
- Kahn, M. E. (2007), 'Do greens drive hummers or hybrids? environmental ideology as a determinant of consumer choice', *Journal of Environmental Economics and Management* **54**(2), 129–145.
- Katona, G. (1964), *The mass consumption society*, New York : McGraw-Hill.
- Kenne Pagui, E. C. and Canale, A. (2016), 'Pairwise likelihood inference for multivariate ordinal responses with applications to customer satisfaction', *Applied Stochastic Models in Business and Industry* **32**(2), 273–282.

- Khan, I. U., Othman, M. H. D., Hashim, H., Matsuura, T., Ismail, A., Rezaei-DashtArzhandi, M. and Azelee, I. W. (2017), 'Biogas as a renewable energy fuel—a review of biogas upgrading, utilisation and storage', **150**, 277–294.
- Kibria, G. (2017), 'Plastic waste, plastic pollution—a threat to all nations'.
- Kim, O. and Walker, M. (1984), 'The free rider problem : Experimental evidence', **43**(1), 3–24.
- Kipperberg, G. (2007), 'A comparison of household recycling behaviors in norway and the united states', **36**(2), 215–235.
- Kirakozian, A. (2016), 'One without the other? behavioural and incentive policies for household waste management', **30**(3), 526–551.
- Kjeldsen, P., Barlaz, M. A., Rooker, A. P., Baun, A., Ledin, A. and Christensen, T. H. (2002), 'Present and long-term composition of msw landfill leachate : a review', **32**(4), 297–336.
- Knussen, C., Yule, F., MacKenzie, J. and Wells, M. (2004), 'An analysis of intentions to recycle household waste : The roles of past behaviour, perceived habit, and perceived lack of facilities', **24**(2), 237–246.
- La Pérouse, J.-F. d. G. et al. (1799), 'A voyage round the world, performed in the years 1785, 1786, 1787, and 1788, by the boussole and astrolabe, under the command of jfg de la pérouse : published by the order of the national assembly, under the superintendance of la millet-mureau, brigadier-general in the corps of engineers, director of fortifications, member of the constituent assembly, and fellow of several literary societs at paris. in two volumes. illustrated by a variety of charts and plates, in a separate folio volume. translated from the french. vol. i'.
- Ladefoged, T., Stevenson, C., Vitousek, P. and Chadwick, O. (2005), 'Soil nutrient depletion and the collapse of rapa nui society', **19**(2), 4.
- Langston, N. (2017), Three. the postwar pollution boom, *in* 'Sustaining Lake Superior', Yale University Press, pp. 53–78.
- Lansana, F. M. (1992), 'Distinguishing potential recyclers from nonrecyclers : A basis for developing recycling strategies', **23**(2), 16–23.
- Lazar, B. and Gračan, R. (2011), 'Ingestion of marine debris by loggerhead sea turtles, *caretta caretta*, in the adriatic sea', **62**(1), 43–47.

- Ledyard, J. O. (1994), 'Public goods : A survey of experimental research'.
- Lee, Y.-J. and De Young, R. (1994), 'Intrinsic satisfaction derived from office recycling behavior : A case study in taiwan', *Social Indicators Research* **31**(1), 63–76.
- Lefcourt, H. M. (1996), 'Perspective-taking humor and authoritarianism as predictors of anthropocentrism'.
- Lindbeck, A. (1997), 'Incentives and social norms in household behavior', **87**(2), 370–377.
- Liu, C., Zhang, Y., Zhang, F., Zhang, S., Yin, M., Ye, H., Hou, H., Dong, H., Zhang, M., Jiang, J. et al. (2007), 'Assessing pollutions of soil and plant by municipal waste dump', **52**(4), 641–651.
- Louviere, J. J., Hensher, D. A. and Swait, J. D. (2000), *Stated choice methods : analysis and applications*, Cambridge university press.
- Louviere, J. J. and Woodworth, G. (1983), 'Design and analysis of simulated consumer choice or allocation experiments : an approach based on aggregate data', *Journal of marketing research* **20**(4), 350–367.
- Mars, C. (2010), 'Item response theory : Understanding statistics measurement'.
- Marwell, G. and Ames, R. E. (1979), 'Experiments on the provision of public goods. i. resources, interest, group size, and the free-rider problem', **84**(6), 1335–1360.
- Marwell, G. and Ames, R. E. (1980), 'Experiments on the provision of public goods. ii. provision points, stakes, experience, and the free-rider problem', **85**(4), 926–937.
- Marwell, G. and Ames, R. E. (1981), 'Economists free ride, does anyone else ? : Experiments on the provision of public goods, iv', **15**(3), 295–310.
- Marx, L. M. and Matthews, S. A. (2000), 'Dynamic voluntary contribution to a public project', **67**(2), 327–358.
- Matthies, E., Selge, S. and Klöckner, C. A. (2012), 'The role of parental behaviour for the development of behaviour specific environmental norms—the example of recycling and re-use behaviour', **32**(3), 277–284.
- McDonald, S. and Oke, A. (2018), 'Recycling at home and work : An exploratory comparison', *Social Business* **8**(2), 145–165.
- McFadden, D. et al. (1973), 'Conditional logit analysis of qualitative choice behavior'.

- McKenzie, D. J. (2005), 'Measuring inequality with asset indicators', *Journal of population economics* **18**(2), 229–260.
- McWhinnie, S. F. (2009), 'The tragedy of the commons in international fisheries : An empirical examination', **57**(3), 321–333.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. and Behrens, W. (1972), *The Limits to growth : A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*, New York : Universe Books.
- Meadows, D., Randers, J. and Meadows, D. (2004), *Limits to growth : The 30-year update*, Chelsea Green Publishing.
- Miafodzyeva, S. and Brandt, N. (2013), 'Recycling behaviour among householders : synthesizing determinants via a meta-analysis', **4**(2), 221–235.
- Miranda, M. L. (1993), 'Managing residential municipal solid waste : The unit-pricing approach', **12**, 37–37.
- Mlíkovský, J. (2004), 'Extinction of the dodo raphus cucullatus (aves : Raphidae) : dating reconsidered', **173**, 111–112.
- Morris, J. (2005), 'Comparative leas for curbside recycling versus either landfilling or incineration with energy recovery (12 pp)', **10**(4), 273–284.
- Mueller, J. M., Lima, R. E. and Springer, A. E. (2017), 'Can environmental attributes influence protected area designation? a case study valuing preferences for springs in grand canyon national park', *Land Use Policy* **63**, 196–205.
- Mueller, W. (2013), 'The effectiveness of recycling policy options : waste diversion or just diversions?', *Waste management* **33**(3), 508–518.
- Mullahy, J. (2017), 'Marginal effects in multivariate probit models', *Empirical economics* **52**(2), 447–461.
- Nigbur, D., Lyons, E. and Uzzell, D. (2010), 'Attitudes, norms, identity and environmental behaviour : Using an expanded theory of planned behaviour to predict participation in a kerbside recycling programme', **49**(2), 259–284.
- Noe, F. P. and Snow, R. (1990a), 'Hispanic cultural influence on environmental concern', *The Journal of Environmental Education* **21**(2), 27–34.
- Noe, F. P. and Snow, R. (1990b), 'The new environmental paradigm and further scale analysis', *The Journal of Environmental Education* **21**(4), 20–26.

- Oskamp, S., Harrington, M. J., Edwards, T. C., Sherwood, D. L., Okuda, S. M. and Swanson, D. C. (1991), 'Factors influencing household recycling behavior', **23**(4), 494–519.
- Owen, A. L., Videras, J. and Wu, S. (2012), 'More information is not always better : The case of voluntary provision of environmental quality', **50**(3), 585–603.
- Owens, J., Dickerson, S. and Macintosh, D. L. (2000), 'Demographic covariates of residential recycling efficiency', **32**(5), 637–650.
- Page, T., Putterman, L. and Unel, B. (2005), 'Voluntary association in public goods experiments : Reciprocity, mimicry and efficiency', **115**(506), 1032–1053.
- Pakpour, A. H., Zeidi, I. M., Emamjomeh, M. M., Asefzadeh, S. and Pearson, H. (2014), 'Household waste behaviours among a community sample in iran : An application of the theory of planned behaviour', **34**(6), 980–986.
- Pande, G., Sinha, A. and Agrawal, S. (2015), 'Impacts of leachate percolation on ground water quality : a case study of dhanbad city', **17**(1), 162–174.
- Papke, L. E. and Wooldridge, J. M. (1996), 'Econometric methods for fractional response variables with an application to 401 (k) plan participation rates', *Journal of applied econometrics* **11**(6), 619–632.
- Papke, L. E. and Wooldridge, J. M. (2008), 'Panel data methods for fractional response variables with an application to test pass rates', *Journal of econometrics* **145**(1-2), 121–133.
- Park, J. and Ha, S. (2014), 'Understanding consumer recycling behavior : Combining the theory of planned behavior and the norm activation model', **42**(3), 278–291.
- Pezzey, J. (1992), 'Sustainable development concepts', **1**(1), 45.
- Pinto, D. C., Herter, M. M., Rossi, P., Nique, W. M. and Borges, A. (2019), 'Recycling cooperation and buying status : Effects of pure and competitive altruism on sustainable behaviors'.
- Pomeroy, R. S., Pollnac, R. B., Katon, B. M. and Predo, C. D. (1997), 'Evaluating factors contributing to the success of community-based coastal resource management : the central visayas regional project-1, philippines', *Ocean & Coastal Management* **36**(1-3), 97–120.
- Poškus, M. S. (2015), 'Predicting recycling behavior by including moral norms into the theory of planned behavior'.

- Quammen, D. (2012), *The song of the dodo : island biogeography in an age of extinctions*, Random House.
- Reckase, M. D. (1979), 'Unifactor latent trait models applied to multifactor tests : Results and implications', *Journal of educational statistics* **4**(3), 207–230.
- Rege, M. and Telle, K. (2004), 'The impact of social approval and framing on cooperation in public good situations', **88**(7-8), 1625–1644.
- Roberts, D. L. and Solow, A. R. (2003), 'When did the dodo become extinct?', **426**(6964), 245–245.
- Roodman, D. (2011), 'Fitting fully observed recursive mixed-process models with cmp', *The Stata Journal* **11**(2), 159–206.
- Santos, R. G., Andrades, R., Demetrio, G. R., Kuwai, G. M., Sobral, M. F., de Souza Vieira, J. and Machovsky-Capuska, G. E. (2020), 'Exploring plastic-induced satiety in foraging green turtles', **265**, 114918.
- Saphores, J.-D. M. and Nixon, H. (2014), 'How effective are current household recycling policies? results from a national survey of us households', **92**, 1–10.
- Scarpa, R., Thiene, M. and Train, K. (2008), 'Utility in willingness to pay space : a tool to address confounding random scale effects in destination choice to the alps', *American Journal of Agricultural Economics* **90**(4), 994–1010.
- Schahn, J. and Holzer, E. (1990), 'Studies of individual environmental concern : The role of knowledge, gender, and background variables', **22**(6), 767–786.
- Schelling, T. (1960), *The Strategy of Conflict*, Harvard University Press.
- Schleyer-Lindenmann, A., Dauvier, B., Ittner, H. and Piolat, M. (2016), 'Mesure des attitudes environnementales : analyse structurale d'une version française de la neps (dunlap et al., 2000)', *Psychologie française* **61**(2), 83–102.
- Schultz, P. W. (1999), 'Changing behavior with normative feedback interventions : A field experiment on curbside recycling', **21**(1), 25–36.
- Schultz, P. W., Oskamp, S. and Mainieri, T. (1995), 'Who recycles and when? a review of personal and situational factors', **15**(2), 105–121.
- Schwartz, S. H. (1977), Normative influences on altruism, in 'Advances in experimental social psychology', Vol. 10, Elsevier, pp. 221–279.

- Scott, D. (1999), 'Equal opportunity, unequal results : determinants of household recycling intensity', **31**(2), 267–290.
- Scott, D. M. and Kanaroglou, P. S. (2002), 'An activity-episode generation model that captures interactions between household heads : development and empirical analysis', *Transportation Research Part B : Methodological* **36**(10), 875–896.
- Şenyurt, E. (2018), Predicting recycling behaviors of preschool teachers by incorporating additional variables into the theory of planned behavior, Master's thesis.
- Sidhu, B. S., Sharma, D., Tuteja, T., Gupta, S. and Kumar, A. (2015), Human health risk assessment of heavy metals from bhalaswa landfill, new delhi, india, *in* 'Management of natural resources in a changing environment', Springer, pp. 215–223.
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Alley, R. B., Berntsen, T., Bindoff, N. L., Chen, Z., Chidthaisong, A., Gregory, J. M., Hegerl, G. C. et al. (2007), 'Technical summary'.
- Squires, J. E., Estabrooks, C. A., Newburn-Cook, C. V. and Gierl, M. (2011), 'Validation of the conceptual research utilization scale : an application of the standards for educational and psychological testing in healthcare', *BMC health services research* **11**(1), 1–14.
- Stern, P. C., Dietz, T. and Guagnano, G. A. (1995), 'The new ecological paradigm in social-psychological context', **27**(6), 723–743.
- Strydom, W. F. (2018), 'Applying the theory of planned behavior to recycling behavior in south africa', **3**(3), 43.
- Terry, D. J., Hogg, M. A. and White, K. M. (1999), 'The theory of planned behaviour : self-identity, social identity and group norms', **38**(3), 225–244.
- Thaler, R. (1980), 'Toward a positive theory of consumer choice', *Journal of economic behavior & organization* **1**(1), 39–60.
- Thaler, R. H. and Sunstein, C. R. (2008), 'Nudge : Improving decisions about health, wealth, and happiness'.
- Thomas, C. and Sharp, V. (2013), 'Understanding the normalisation of recycling behaviour and its implications for other pro-environmental behaviours : A review of social norms and recycling', **79**, 11–20.
- Thompson, S. C. G. and Barton, M. A. (1994), 'Ecocentric and anthropocentric attitudes toward the environment', **14**(2), 149–157.

- Tonglet, M., Phillips, P. S. and Read, A. D. (2004), ‘Using the theory of planned behaviour to investigate the determinants of recycling behaviour : a case study from brixworth, uk’, **41**(3), 191–214.
- Train, K. and Weeks, M. (2005), Discrete choice models in preference space and willingness-to-pay space, *in* ‘Applications of simulation methods in environmental and resource economics’, Springer, pp. 1–16.
- Tversky, A. and Kahneman, D. (1991), ‘Loss aversion in riskless choice : A reference-dependent model’, *The quarterly journal of economics* **106**(4), 1039–1061.
- USEPA (2019), ‘National overview : Facts and figures on materials, wastes and recycling’.
- Valasiuk, S., Czajkowski, M., Giergiczny, M., Żylicz, T., Veisten, K., Landa Mata, I., Halse, A. H., Elbakidze, M. and Angelstam, P. (2018), ‘Is forest landscape restoration socially desirable? a discrete choice experiment applied to the scandinavian transboundary fulufjället national park area’, *Restoration Ecology* **26**(2), 370–380.
- Van Long, N. (2010), *A survey of dynamic games in economics*, Vol. 1, World Scientific.
- van Soesta, D., Stoopb, J. and Vyrastekovac, J. (2013), ‘The public goods game revisited’.
- Van Straalen, N. M. (2002), ‘Assessment of soil contamination—a functional perspective’, **13**(1), 41–52.
- Veisten, K., Lindberg, K., Grue, B. and Haukeland, J. V. (2014), ‘The role of psychographic factors in nature-based tourist expenditure’, *Tourism Economics* **20**(2), 301–321.
- Vencatasawmy, C. P., Öhman, M. and Brännström, T. (2000), ‘A survey of recycling behaviour in households in kiruna, sweden’, **18**(6), 545–556.
- Venn, J. (1880), ‘I. on the diagrammatic and mechanical representation of propositions and reasonings’, **10**(59), 1–18.
- Vining, J. and Ebreo, A. (1989), ‘An evaluation of the public response to a community recycling education program’, **2**(1), 23–36.
- Vining, J. and Ebreo, A. (1990), ‘What makes a recycler? a comparison of recyclers and nonrecyclers’, **22**(1), 55–73.
- Vining, J. and Ebreo, A. (1992), ‘Predicting recycling behavior from global and specific environmental attitudes and changes in recycling opportunities 1’, **22**(20), 1580–1607.

- Viscusi, W., Huber, J. and Bell, J. (2012), 'Alternative policies to increase recycling of plastic water bottles in the united states. review of environmental economics and policy, 6 (2), 190-211'.
- Viscusi, W. K., Huber, J. and Bell, J. (2020), 'Alternative policies to increase recycling of plastic water bottles in the united states'.
- Viscusi, W. K., Huber, J., Bell, J. and Cecot, C. (2013), 'Discontinuous behavioral responses to recycling laws and plastic water bottle deposits', **15**(1), 110–155.
- Vyas, S. and Kumaranayake, L. (2006), 'Constructing socio-economic status indices : how to use principal components analysis', *Health policy and planning* **21**(6), 459–468.
- Walls, M. (2011), 'Deposit-refund systems in practice and theory', (11-47).
- Wan, C., Shen, G. Q. and Choi, S. (2017), 'Experiential and instrumental attitudes : Interaction effect of attitude and subjective norm on recycling intention', **50**, 69–79.
- White, K. M., Smith, J. R., Terry, D. J., Greenslade, J. H. and McKimmie, B. M. (2009), 'Social influence in the theory of planned behaviour : The role of descriptive, injunctive, and in-group norms', **48**(1), 135–158.
- Whitmarsh, L. E., Hagger, P. and Thomas, M. (2018), 'Waste reduction behaviors at home, at work, and on holiday : What influences behavioral consistency across contexts?', *Frontiers in Psychology* **9**, 2447.
- Wright, S. L., Thompson, R. C. and Galloway, T. S. (2013), 'The physical impacts of microplastics on marine organisms : a review', **178**, 483–492.
- Xiao, C. and Dunlap, R. E. (2007), 'Validating a comprehensive model of environmental concern cross-nationally : A us-canadian comparison', *Social science quarterly* **88**(2), 471–493.
- Xu, L., Ling, M., Lu, Y. and Shen, M. (2017), 'Understanding household waste separation behaviour : Testing the roles of moral, past experience, and perceived policy effectiveness within the theory of planned behaviour', **9**(4), 625.
- Xuan, B. B., Sandorf, E. D. and Aanesen, M. (2017), 'Informing management strategies for a reserve : Results from a discrete choice experiment survey', *Ocean & Coastal Management* **145**, 35–43.
- Zwick, W. R. and Velicer, W. F. (1986), 'Comparison of five rules for determining the number of components to retain.', *Psychological bulletin* **99**(3), 432.

Annexe A

Conditional probabilities

| | | Probability of an household being a plastic... | | | | | |
|--|-------------------|--|-----|----------------------|-----|----------------------|-----|
| | | nonrecycler.. | | moderate recycler... | | diligent recycler... | |
| given that the household is a metal nonrecycler and a paper... | nonrecycler | 0.83 | *** | 0.16 | *** | 0.01 | ** |
| | moderate recycler | 0.58 | *** | 0.37 | *** | 0.05 | *** |
| | diligent recycler | 0.34 | *** | 0.51 | *** | 0.16 | *** |
| given that the household is a metal moderate recycler and a paper... | nonrecycler | 0.44 | *** | 0.47 | *** | 0.10 | *** |
| | moderate recycler | 0.24 | *** | 0.54 | *** | 0.22 | *** |
| | diligent recycler | 0.09 | *** | 0.45 | *** | 0.46 | *** |
| given that the household is a metal diligent recycler and a paper... | nonrecycler | 0.16 | *** | 0.52 | *** | 0.33 | *** |
| | moderate recycler | 0.06 | *** | 0.39 | *** | 0.56 | *** |
| | diligent recycler | 0.01 | *** | 0.12 | *** | 0.87 | *** |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE A.1 – Conditional probabilities of plastic recycling

| | | Probability of an household being a metal... | | | | | |
|--|-------------------|--|-----|----------------------|-----|----------------------|-----|
| | | nonrecycler.. | | moderate recycler... | | diligent recycler... | |
| given that the household is a plastic nonrecycler and a paper... | nonrecycler | 0.83 | *** | 0.16 | *** | 0.02 | *** |
| | moderate recycler | 0.63 | *** | 0.32 | *** | 0.05 | *** |
| | diligent recycler | 0.46 | *** | 0.43 | *** | 0.11 | *** |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a paper... | nonrecycler | 0.41 | *** | 0.45 | *** | 0.14 | *** |
| | moderate recycler | 0.27 | *** | 0.49 | *** | 0.24 | *** |
| | diligent recycler | 0.15 | *** | 0.46 | *** | 0.39 | *** |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a paper... | nonrecycler | 0.13 | *** | 0.45 | *** | 0.43 | *** |
| | moderate recycler | 0.06 | *** | 0.35 | *** | 0.59 | *** |
| | diligent recycler | 0.01 | *** | 0.13 | *** | 0.85 | *** |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE A.2 – Conditional probabilities of metal recycling

| | | Probability of an household being a | | | | | |
|--|-------------------|-------------------------------------|-----|-------------------------------------|-----|-------------------------|-----|
| | | nonrecycler.. | | paper... moderate recycler... | | diligent recycler... | |
| given that the household is a plastic nonrecycler and a metal... | nonrecycler | 0.60 | *** | 0.31 | *** | 0.09 | *** |
| | moderate recycler | 0.33 | *** | 0.44 | *** | 0.23 | *** |
| | diligent recycler | 0.19 | *** | 0.44 | *** | 0.37 | *** |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a metal... | nonrecycler | 0.26 | *** | 0.45 | *** | 0.30 | *** |
| | moderate recycler | 0.14 | *** | 0.41 | *** | 0.46 | *** |
| | diligent recycler | 0.07 | *** | 0.31 | *** | 0.62 | *** |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a metal... | nonrecycler | 0.10 | *** | 0.36 | *** | 0.54 | *** |
| | moderate recycler | 0.04 | *** | 0.26 | *** | 0.70 | *** |
| | diligent recycler | 0.01 | *** | 0.09 | *** | 0.90 | *** |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE A.3 – Conditional probabilities of paper recycling

Annexe B

Marginal effects

B.1 18-24 years old marginal effects

| | | Marginal effects of being between 18 and 24 years old on probability of an household being a plastic... | | | | |
|--|-------------------|---|----------------------|----------------------|--|--|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... | | |
| given that the household is a metal non recycler and a paper... | nonrecycler | -0.05 *** | 0.04 *** | 0.01 ** | | |
| | moderate recycler | -0.09 *** | 0.07 *** | 0.03 ** | | |
| | diligent recycler | -0.07 *** | 0.02 | 0.05 *** | | |
| given that the household is a metal moderate recycler and a paper... | nonrecycler | -0.07 *** | 0.03 ** | 0.04 *** | | |
| | moderate recycler | -0.06 *** | -0.01 | 0.07 *** | | |
| | diligent recycler | -0.03 *** | -0.04 ** | 0.06 *** | | |
| given that the household is a metal diligent recycler and a paper... | nonrecycler | -0.04 *** | -0.04 ** | 0.08 *** | | |
| | moderate recycler | -0.02 *** | -0.07 *** | 0.09 *** | | |
| | diligent recycler | 0.00 ** | -0.02 *** | 0.03 *** | | |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.1 – 18-24 years old marginal effects on the commitment to plastic recycling

Annexe B. Marginal effects

| | | Marginal effects of being between 18 and 24 years old on probability of an household being a metal... | | | | | |
|--|-------------------|---|----------------------|----------------------|--|--|--|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... | | | |
| given that the household is a plastic non recycler and a paper... | nonrecycler | -0.04 *** | 0.03 *** | 0.01 *** | | | |
| | moderate recycler | -0.07 *** | 0.05 *** | 0.02 ** | | | |
| | diligent recycler | -0.06 *** | 0.03 *** | 0.03 ** | | | |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a paper... | nonrecycler | -0.05 *** | 0.02 * | 0.03 *** | | | |
| | moderate recycler | -0.05 *** | 0.00 | 0.05 *** | | | |
| | diligent recycler | -0.03 *** | -0.02 ** | 0.04 *** | | | |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a paper... | nonrecycler | -0.03 ** | -0.03 *** | 0.06 *** | | | |
| | moderate recycler | -0.02 ** | -0.05 *** | 0.07 *** | | | |
| | diligent recycler | 0.00 ** | -0.02 *** | 0.02 *** | | | |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.2 – 18-24 years old marginal effects on the commitment to metal recycling

| | | Marginal effects of being between 18 and 24 years old on probability of an household being a paper... | | | | | |
|--|-------------------|---|----------------------|----------------------|--|--|--|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... | | | |
| given that the household is a plastic non recycler and a metal... | nonrecycler | 0.16 *** | -0.11 *** | -0.05 *** | | | |
| | moderate recycler | 0.19 *** | -0.07 ** | -0.12 *** | | | |
| | diligent recycler | 0.16 *** | 0.00 | -0.17 *** | | | |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a metal... | nonrecycler | 0.18 *** | -0.03 | -0.15 *** | | | |
| | moderate recycler | 0.14 *** | 0.04 *** | -0.18 *** | | | |
| | diligent recycler | 0.09 ** | 0.10 *** | -0.20 *** | | | |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a metal... | nonrecycler | 0.12 *** | 0.08 ** | -0.19 *** | | | |
| | moderate recycler | 0.07 ** | 0.12 *** | -0.19 *** | | | |
| | diligent recycler | 0.02 ** | 0.08 *** | -0.10 *** | | | |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.3 – 18-24 years old marginal effects on the commitment to paper recycling

B.2 25-34 years old marginal effects

| | | Marginal effects of being between 25 and 34 years old on probability of an household being a plastic... | | | |
|--|-------------------|---|----------------------|----------------------|--|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... | |
| given that the household is a metal non recycler and a paper... | nonrecycler | -0.10 ** | 0.09 *** | 0.01 * | |
| | moderate recycler | -0.14 *** | 0.10 *** | 0.05 * | |
| | diligent recycler | -0.11 ** | 0.03 | 0.08 * | |
| given that the household is a metal moderate recycler and a paper... | nonrecycler | -0.11 ** | 0.05 * | 0.06 * | |
| | moderate recycler | -0.09 ** | -0.02 | 0.11 ** | |
| | diligent recycler | -0.04 ** | -0.07 * | 0.11 * | |
| given that the household is a metal diligent recycler and a paper... | nonrecycler | -0.07 ** | -0.07 ** | 0.13 ** | |
| | moderate recycler | -0.03 ** | -0.11 *** | 0.14 *** | |
| | diligent recycler | -0.01 ** | -0.05 *** | 0.06 *** | |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.4 – 25-34 years old marginal effects on the commitment to plastic recycling

| | | Marginal effects of being between 25 and 34 years old on probability of an household being a metal... | | | |
|--|-------------------|---|----------------------|----------------------|--|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... | |
| given that the household is a plastic non recycler and a paper... | nonrecycler | -0.08 * | 0.06 * | 0.01 | |
| | moderate recycler | -0.10 * | 0.07 * | 0.03 | |
| | diligent recycler | -0.09 | 0.04 | 0.05 | |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a paper... | nonrecycler | -0.08 | 0.03 | 0.05 | |
| | moderate recycler | -0.07 | -0.01 | 0.07 | |
| | diligent recycler | -0.04 | -0.03 | 0.07 | |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a paper... | nonrecycler | -0.04 | -0.05 | 0.10 | |
| | moderate recycler | -0.03 * | -0.08 * | 0.10 * | |
| | diligent recycler | -0.01 * | -0.05 ** | 0.05 ** | |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.5 – 25-34 years old marginal effects on the commitment to metal recycling

| | | Marginal effects of being between 25 and 34 years old on probability of an household being a paper... | | |
|--|-------------------|---|----------------------|----------------------|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... |
| given that the household is a plastic nonrecycler and a metal... | nonrecycler | 0.13 *** | -0.08 *** | -0.05 *** |
| | moderate recycler | 0.17 *** | -0.06 ** | -0.11 *** |
| | diligent recycler | 0.14 *** | 0.01 | -0.15 *** |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a metal... | nonrecycler | 0.16 *** | -0.03 | -0.13 *** |
| | moderate recycler | 0.12 *** | 0.04 *** | -0.17 *** |
| | diligent recycler | 0.08 *** | 0.09 *** | -0.17 *** |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a metal... | nonrecycler | 0.10 *** | 0.07 *** | -0.17 *** |
| | moderate recycler | 0.06 *** | 0.10 *** | -0.16 *** |
| | diligent recycler | 0.01 *** | 0.05 *** | -0.06 *** |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.6 – 25-34 years old marginal effects on the commitment to paper recycling

B.3 35-44 years old marginal effects

| | | Marginal effects of being between 35 and 44 years old on probability of an household being a plastic... | | |
|--|-------------------|---|----------------------|----------------------|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... |
| given that the household is a metal non recycler and a paper... | nonrecycler | -0.03 | 0.02 | 0.00 |
| | moderate recycler | -0.04 | 0.03 | 0.01 |
| | diligent recycler | -0.03 | 0.01 | 0.01 |
| given that the household is a metal moderate recycler and a paper... | nonrecycler | -0.02 | 0.01 | 0.01 |
| | moderate recycler | -0.02 | 0.00 | 0.02 |
| | diligent recycler | -0.01 | -0.01 | 0.01 |
| given that the household is a metal diligent recycler and a paper... | nonrecycler | -0.02 | -0.02 | 0.03 |
| | moderate recycler | -0.01 | -0.03 | 0.04 |
| | diligent recycler | 0.00 | -0.02 | 0.02 |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.7 – 35-44 years old marginal effects on the commitment to plastic recycling

Annexe B. Marginal effects

| | | Marginal effects of being between 35 and 44 years old on probability of an household being a metal... | | |
|--|-------------------|---|----------------------|----------------------|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... |
| given that the household is a plastic non recycler and a paper... | nonrecycler | -0.07 * | 0.06 ** | 0.01 |
| | moderate recycler | -0.09 * | 0.04 * | 0.05 |
| | diligent recycler | 0.07 ** | 0.01 | -0.08 ** |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a paper... | nonrecycler | -0.08 * | 0.03 | 0.05 |
| | moderate recycler | -0.07 * | -0.01 | 0.08 * |
| | diligent recycler | -0.04 * | -0.04 | 0.08 * |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a paper... | nonrecycler | -0.04 * | -0.05 * | 0.09 * |
| | moderate recycler | -0.03 * | -0.07 * | 0.09 ** |
| | diligent recycler | -0.01 * | -0.04 ** | 0.05 ** |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.8 – 35-44 years old marginal effects on the commitment to metal recycling

| | | Marginal effects of being between 35 and 44 years old on probability of an household being a paper... | | |
|--|-------------------|---|----------------------|----------------------|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... |
| given that the household is a plastic non recycler and a metal... | nonrecycler | 0.07 ** | -0.04 ** | -0.03 ** |
| | moderate recycler | 0.09 ** | -0.02 | -0.06 ** |
| | diligent recycler | 0.07 ** | 0.01 | -0.08 ** |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a metal... | nonrecycler | 0.08 ** | 0.00 | -0.07 ** |
| | moderate recycler | 0.06 ** | 0.03 ** | -0.09 ** |
| | diligent recycler | 0.03 ** | 0.05 ** | -0.09 ** |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a metal... | nonrecycler | 0.05 ** | 0.05 ** | -0.09 ** |
| | moderate recycler | 0.03 ** | 0.06 ** | -0.08 ** |
| | diligent recycler | 0.01 ** | 0.03 ** | -0.03 ** |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.9 – 35-44 years old marginal effects on the commitment to paper recycling

B.4 Annual income marginal effects

| | | Marginal effects of an income increase on probability of an household being a plastic... | | | | | |
|--|-------------------|--|----|----------------------|----|----------------------|----|
| | | nonrecycler.. | | moderate recycler... | | diligent recycler... | |
| given that the household is a metal non recycler and a paper... | nonrecycler | 0.00 | ** | 0.00 | ** | 0.00 | * |
| | moderate recycler | -0.01 | ** | 0.01 | ** | 0.00 | ** |
| | diligent recycler | -0.01 | ** | 0.00 | ** | 0.00 | ** |
| given that the household is a metal moderate recycler and a paper... | nonrecycler | -0.01 | ** | 0.00 | * | 0.00 | ** |
| | moderate recycler | -0.01 | ** | 0.00 | | 0.01 | ** |
| | diligent recycler | 0.00 | ** | 0.00 | ** | 0.00 | ** |
| given that the household is a metal diligent recycler and a paper... | nonrecycler | 0.00 | ** | 0.00 | * | 0.01 | ** |
| | moderate recycler | 0.00 | ** | -0.01 | ** | 0.01 | ** |
| | diligent recycler | 0.00 | ** | 0.00 | ** | 0.00 | ** |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.10 – Annual income marginal effects on the commitment to plastic recycling

| | | Marginal effects of an income increase on probability of an household being a metal... | | | | | |
|--|-------------------|--|----|----------------------|----|----------------------|----|
| | | nonrecycler.. | | moderate recycler... | | diligent recycler... | |
| given that the household is a plastic non recycler and a paper... | nonrecycler | 0.00 | ** | 0.00 | ** | 0.00 | ** |
| | moderate recycler | -0.01 | ** | 0.00 | ** | 0.00 | ** |
| | diligent recycler | 0.00 | ** | 0.00 | ** | 0.00 | * |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a paper... | nonrecycler | 0.00 | ** | 0.00 | | 0.00 | ** |
| | moderate recycler | 0.00 | ** | 0.00 | | 0.00 | ** |
| | diligent recycler | 0.00 | ** | 0.00 | * | 0.00 | ** |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a paper... | nonrecycler | 0.00 | | 0.00 | ** | 0.00 | ** |
| | moderate recycler | 0.00 | * | 0.00 | ** | 0.01 | ** |
| | diligent recycler | 0.00 | ** | 0.00 | ** | 0.00 | ** |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.11 – Annual income marginal effects on the commitment to metal recycling

| | | Marginal effects of an income increase on probability of an household being a paper... | | | |
|--|-------------------|--|----------------------|----------------------|-----|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... | |
| given that the household is a plastic non recycler and a metal... | nonrecycler | 0.01 ** | -0.01 ** | -0.01 ** | ** |
| | moderate recycler | 0.01 ** | 0.00 | -0.01 ** | ** |
| | diligent recycler | 0.01 ** | 0.00 | -0.01 ** | ** |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a metal... | nonrecycler | 0.01 ** | 0.00 | -0.01 ** | ** |
| | moderate recycler | 0.01 ** | 0.01 ** | -0.02 ** | ** |
| | diligent recycler | 0.01 ** | 0.01 ** | -0.01 ** | ** |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a metal... | nonrecycler | 0.01 ** | 0.01 ** | -0.02 *** | *** |
| | moderate recycler | 0.00 ** | 0.01 ** | -0.01 ** | ** |
| | diligent recycler | 0.00 ** | 0.01 ** | -0.01 ** | ** |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.12 – Annual income marginal effects on the commitment to paper recycling

B.5 Suburban marginal effects

| | | Marginal effects of residence being in an area described as a suburban on probability of an household being a plastic... | | | |
|--|-------------------|--|----------------------|----------------------|--|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... | |
| given that the household is a metal non recycler and a paper... | nonrecycler | 0.02 | -0.02 | 0.00 | |
| | moderate recycler | 0.03 | -0.02 | -0.01 | |
| | diligent recycler | 0.04 | -0.01 | -0.03 | |
| given that the household is a metal moderate recycler and a paper... | nonrecycler | 0.05 | -0.03 | -0.02 | |
| | moderate recycler | 0.03 | 0.00 | -0.03 | |
| | diligent recycler | 0.02 | 0.03 | -0.05 | |
| given that the household is a metal diligent recycler and a paper... | nonrecycler | 0.03 | 0.01 | -0.03 | |
| | moderate recycler | 0.01 | 0.02 | -0.03 | |
| | diligent recycler | 0.00 | 0.02 | -0.02 | |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.13 – Suburban marginal effects on the commitment to plastic recycling

| | | Marginal effects of residence being in an area described as a suburban on probability of an household being a metal... | | |
|--|-------------------|--|----------------------|----------------------|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... |
| given that the household is a plastic non recycler and a paper... | nonrecycler | -0.05 ** | 0.04 ** | 0.01 * |
| | moderate recycler | -0.08 ** | 0.05 ** | 0.03 ** |
| | diligent recycler | -0.08 ** | 0.03 ** | 0.04 * |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a paper... | nonrecycler | -0.08 ** | 0.03 | 0.05 ** |
| | moderate recycler | -0.06 ** | -0.01 | 0.07 ** |
| | diligent recycler | -0.04 ** | -0.04 * | 0.08 ** |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a paper... | nonrecycler | -0.04 ** | -0.04 * | 0.08 ** |
| | moderate recycler | -0.02 ** | -0.05 ** | 0.08 ** |
| | diligent recycler | -0.01 ** | -0.03 ** | 0.03 ** |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.14 – Suburban marginal effects on the commitment to metal recycling

| | | Marginal effects of residence being in an area described as a suburban on probability of an household being a paper... | | |
|--|-------------------|--|----------------------|----------------------|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... |
| given that the household is a plastic non recycler and a metal... | nonrecycler | 0.07 * | -0.04 * | -0.03 * |
| | moderate recycler | 0.07 * | -0.02 | -0.06 * |
| | diligent recycler | 0.06 | 0.01 | -0.07 |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a metal... | nonrecycler | 0.06 | 0.00 | -0.06 |
| | moderate recycler | 0.05 | 0.03 | -0.07 * |
| | diligent recycler | 0.03 | 0.04 | -0.07 |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a metal... | nonrecycler | 0.04 | 0.04 | -0.08 * |
| | moderate recycler | 0.02 | 0.05 * | -0.07 * |
| | diligent recycler | 0.01 | 0.03 * | -0.04 * |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.15 – Suburban marginal effects on the commitment to paper recycling

B.6 Living in residence for 2 to 5 years marginal effects

| | | Marginal effects of living in residence for 2 to 5 years on probability of an household being a plastic... | | | | |
|--|-------------------|--|----------------------|----------------------|--|--|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... | | |
| given that the household is a metal non recycler and a paper... | nonrecycler | -0.08 *** | 0.07 *** | 0.01 ** | | |
| | moderate recycler | -0.13 *** | 0.09 *** | 0.05 *** | | |
| | diligent recycler | -0.11 *** | 0.02 | 0.10 *** | | |
| given that the household is a metal moderate recycler and a paper... | nonrecycler | -0.14 *** | 0.06 ** | 0.08 *** | | |
| | moderate recycler | -0.10 *** | -0.03 | 0.12 *** | | |
| | diligent recycler | -0.05 *** | -0.09 *** | 0.14 *** | | |
| given that the household is a metal diligent recycler and a paper... | nonrecycler | -0.07 *** | -0.07 ** | 0.14 *** | | |
| | moderate recycler | -0.03 *** | -0.10 *** | 0.13 *** | | |
| | diligent recycler | 0.00 *** | -0.04 *** | 0.05 *** | | |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.16 – Living in residence for 2 to 5 years marginal effects on the commitment to plastic recycling

| | | Marginal effects of living in residence for 2 to 5 years on probability of an household being a metal... | | | | |
|--|-------------------|--|----------------------|----------------------|--|--|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... | | |
| given that the household is a plastic non recycler and a paper... | nonrecycler | 0.06 ** | -0.05 ** | -0.01 ** | | |
| | moderate recycler | 0.10 ** | -0.07 ** | -0.02 ** | | |
| | diligent recycler | 0.12 ** | -0.07 * | -0.05 ** | | |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a paper... | nonrecycler | 0.12 ** | -0.07 ** | -0.06 ** | | |
| | moderate recycler | 0.10 ** | -0.02 | -0.08 ** | | |
| | diligent recycler | 0.08 ** | 0.03 ** | -0.12 *** | | |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a paper... | nonrecycler | 0.07 ** | 0.03 | -0.11 ** | | |
| | moderate recycler | 0.04 * | 0.06 ** | -0.10 ** | | |
| | diligent recycler | 0.01 * | 0.06 ** | -0.07 ** | | |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.17 – Living in residence for 2 to 5 years marginal effects on the commitment to metal recycling

| | | Marginal effects of living in residence for 2 to 5 years on probability of an household being a paper... | | |
|--|-------------------|--|----------------------|----------------------|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... |
| given that the household is a plastic non recycler and a metal... | nonrecycler | 0.08 ** | -0.05 ** | -0.03 ** |
| | moderate recycler | 0.08 * | -0.02 | -0.06 ** |
| | diligent recycler | 0.07 * | 0.02 | -0.08 ** |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a metal... | nonrecycler | 0.08 ** | -0.01 | -0.08 ** |
| | moderate recycler | 0.06 * | 0.03 ** | -0.09 ** |
| | diligent recycler | 0.04 * | 0.06 ** | -0.09 ** |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a metal... | nonrecycler | 0.05 * | 0.04 * | -0.09 ** |
| | moderate recycler | 0.02 | 0.05 * | -0.07 * |
| | diligent recycler | 0.01 | 0.03 * | -0.04 * |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.18 – *Living in residence for 2 to 5 years marginal effects on the commitment to paper recycling*

B.7 Civic duty marginal effects

| | | Marginal effects of civic duty being a very important motive on probability of an household being a plastic... | | |
|--|-------------------|--|----------------------|----------------------|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... |
| given that the household is a metal non recycler and a paper... | nonrecycler | -0.01 | 0.01 | 0.00 |
| | moderate recycler | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | diligent recycler | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| given that the household is a metal moderate recycler and a paper... | nonrecycler | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | moderate recycler | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | diligent recycler | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| given that the household is a metal diligent recycler and a paper... | nonrecycler | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | moderate recycler | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | diligent recycler | 0.00 | -0.01 * | 0.01 * |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.19 – *Civic duty marginal effects on the commitment to plastic recycling*

Annexe B. Marginal effects

| | | Marginal effects of civic duty being a very important motive on probability of an household being a metal... | | | | |
|--|-------------------|--|----------------------|----------------------|--|--|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... | | |
| given that the household is a plastic non recycler and a paper... | nonrecycler | -0.02 *** | 0.02 *** | 0.00 * | | |
| | moderate recycler | -0.03 ** | 0.02 ** | 0.01 ** | | |
| | diligent recycler | -0.03 ** | 0.01 ** | 0.01 ** | | |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a paper... | nonrecycler | -0.03 ** | 0.01 ** | 0.02 ** | | |
| | moderate recycler | -0.02 ** | 0.00 | 0.02 ** | | |
| | diligent recycler | -0.02 ** | -0.01 ** | 0.03 ** | | |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a paper... | nonrecycler | -0.01 ** | -0.01 * | 0.03 ** | | |
| | moderate recycler | -0.01 ** | -0.02 ** | 0.03 ** | | |
| | diligent recycler | 0.00 *** | -0.02 *** | 0.02 *** | | |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.20 – Civic duty marginal effects on the commitment to metal recycling

| | | Marginal effects of civic duty being a very important motive on probability of an household being a paper... | | | | |
|--|-------------------|--|----------------------|----------------------|--|--|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... | | |
| given that the household is a plastic non recycler and a metal... | nonrecycler | -0.03 *** | 0.02 *** | 0.01 ** | | |
| | moderate recycler | -0.02 * | 0.00 | 0.02 * | | |
| | diligent recycler | -0.02 * | -0.01 | -0.02 * | | |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a metal... | nonrecycler | -0.02 ** | 0.00 | 0.02 * | | |
| | moderate recycler | -0.01 * | -0.01 * | 0.02 * | | |
| | diligent recycler | -0.01 * | -0.02 * | 0.02 ** | | |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a metal... | nonrecycler | -0.01 * | -0.01 * | 0.02 * | | |
| | moderate recycler | -0.01 * | -0.01 * | 0.02 * | | |
| | diligent recycler | 0.00 ** | -0.01 *** | 0.01 *** | | |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.21 – Civic duty marginal effects on the commitment to paper recycling

B.8 Flat fees marginal effects

| | | Marginal effects of flat fees on mixed waste on probability of an household being a plastic... | | | | | |
|--|-------------------|--|-----|----------------------|-----|----------------------|-----|
| | | nonrecycler.. | | moderate recycler... | | diligent recycler... | |
| given that the household is a metal non recycler and a paper... | nonrecycler | -0.06 | *** | 0.05 | *** | 0.01 | * |
| | moderate recycler | -0.10 | *** | 0.08 | *** | 0.02 | ** |
| | diligent recycler | -0.10 | *** | 0.05 | ** | 0.06 | ** |
| given that the household is a metal moderate recycler and a paper... | nonrecycler | -0.11 | *** | 0.07 | ** | 0.04 | ** |
| | moderate recycler | -0.10 | *** | 0.02 | | 0.08 | *** |
| | diligent recycler | -0.05 | ** | -0.05 | *** | 0.11 | *** |
| given that the household is a metal diligent recycler and a paper... | nonrecycler | -0.08 | ** | -0.02 | | 0.09 | *** |
| | moderate recycler | -0.04 | ** | -0.07 | *** | 0.11 | *** |
| | diligent recycler | -0.01 | ** | -0.05 | *** | 0.06 | *** |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.22 – Flat fees marginal effects on the commitment to plastic recycling

| | | Marginal effects of flat fees on mixed waste on probability of an household being a metal... | | | | | |
|--|-------------------|--|-----|----------------------|-----|----------------------|-----|
| | | nonrecycler.. | | moderate recycler... | | diligent recycler... | |
| given that the household is a plastic non recycler and a paper... | nonrecycler | 0.03 | *** | -0.02 | *** | -0.01 | ** |
| | moderate recycler | 0.05 | *** | -0.03 | *** | -0.02 | ** |
| | diligent recycler | 0.06 | *** | -0.03 | * | -0.03 | *** |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a paper... | nonrecycler | 0.06 | *** | -0.02 | ** | -0.04 | ** |
| | moderate recycler | 0.05 | *** | 0.00 | | -0.05 | *** |
| | diligent recycler | 0.04 | ** | 0.03 | ** | -0.07 | *** |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a paper... | nonrecycler | 0.03 | ** | 0.03 | * | -0.06 | *** |
| | moderate recycler | 0.02 | ** | 0.04 | ** | -0.05 | *** |
| | diligent recycler | 0.00 | ** | 0.02 | *** | -0.03 | *** |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.23 – Flat fees marginal effects on the commitment to metal recycling

| | | Marginal effects of flat fees on mixed waste on probability of an household being a paper... | | | | |
|--|-------------------|--|--|----------------------|--|----------------------|
| | | nonrecycler.. | | moderate recycler... | | diligent recycler... |
| given that the household is a plastic non recycler and a metal... | nonrecycler | 0.03 *** | | -0.02 ** | | -0.02 ** |
| | moderate recycler | 0.03 ** | | 0.00 | | -0.03 *** |
| | diligent recycler | 0.03 ** | | 0.02 * | | -0.04 *** |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a metal... | nonrecycler | 0.04 *** | | 0.01 | | -0.04 ** |
| | moderate recycler | 0.02 *** | | 0.02 ** | | -0.04 ** |
| | diligent recycler | 0.01 ** | | 0.03 ** | | -0.05 ** |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a metal... | nonrecycler | 0.02 *** | | 0.03 ** | | -0.04 *** |
| | moderate recycler | 0.01 *** | | 0.02 ** | | -0.03 *** |
| | diligent recycler | 0.00 ** | | 0.01 *** | | -0.01 *** |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.24 – Flat fees marginal effects on the commitment to paper recycling

B.9 Everyday mixed waste collection marginal effects

| | | Marginal effects of mixed waste being collected everyday on probability of an household being a plastic... | | | | |
|--|-------------------|--|--|----------------------|--|----------------------|
| | | nonrecycler.. | | moderate recycler... | | diligent recycler... |
| given that the household is a metal non recycler and a paper... | nonrecycler | -0.09 *** | | 0.08 *** | | 0.02 ** |
| | moderate recycler | -0.16 *** | | 0.10 *** | | 0.06 ** |
| | diligent recycler | -0.13 *** | | 0.01 | | 0.12 *** |
| given that the household is a metal moderate recycler and a paper... | nonrecycler | -0.16 *** | | 0.06 ** | | 0.09 *** |
| | moderate recycler | -0.11 *** | | -0.04 | | 0.15 *** |
| | diligent recycler | -0.05 *** | | -0.11 *** | | 0.16 *** |
| given that the household is a metal diligent recycler and a paper... | nonrecycler | -0.08 *** | | -0.08 ** | | 0.16 *** |
| | moderate recycler | -0.03 *** | | -0.12 *** | | 0.15 *** |
| | diligent recycler | -0.01 *** | | -0.05 *** | | 0.05 *** |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.25 – Everyday mixed waste collection marginal effects on the commitment to plastic recycling

| | | Marginal effects of mixed waste being collected everyday on probability of an household being a metal... | | |
|--|-------------------|--|----------------------|----------------------|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... |
| given that the household is a plastic non recycler and a paper... | nonrecycler | 0.07 ** | -0.06 ** | -0.01 ** |
| | moderate recycler | 0.11 ** | -0.08 ** | -0.03 ** |
| | diligent recycler | 0.14 ** | -0.08 * | -0.06 ** |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a paper... | nonrecycler | 0.14 ** | -0.08 ** | -0.06 ** |
| | moderate recycler | 0.12 ** | -0.03 | -0.09 ** |
| | diligent recycler | 0.10 ** | 0.03 * | -0.13 *** |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a paper... | nonrecycler | 0.09 * | 0.04 | -0.12 ** |
| | moderate recycler | 0.05 * | 0.07 ** | -0.12 ** |
| | diligent recycler | 0.02 * | 0.07 ** | -0.08 ** |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.26 – *Everyday mixed waste collection marginal effects on the commitment to metal recycling*

| | | Marginal effects of mixed waste being collected everyday on probability of an household being a paper... | | |
|--|-------------------|--|----------------------|----------------------|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... |
| given that the household is a plastic non recycler and a metal... | nonrecycler | 0.10 * | -0.06 * | -0.04 * |
| | moderate recycler | 0.09 | -0.02 | -0.07 * |
| | diligent recycler | 0.08 | 0.02 | -0.10 * |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a metal... | nonrecycler | 0.10 * | -0.01 | -0.09 * |
| | moderate recycler | 0.07 | 0.04 * | -0.10 * |
| | diligent recycler | 0.04 | 0.07 * | -0.11 * |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a metal... | nonrecycler | 0.06 | 0.05 | -0.10 * |
| | moderate recycler | 0.03 | 0.06 | -0.09 |
| | diligent recycler | 0.01 | 0.04 | -0.05 |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.27 – *Everyday mixed waste collection marginal effects on the commitment to paper recycling*

B.10 Door-to-door plastic collection marginal effects

| | | Marginal effects of a door-to-door plastic collection on probability of an household being a plastic... | | |
|--|-------------------|---|----------------------|----------------------|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... |
| given that the household is a metal non recycler and a paper... | nonrecycler | -0.09 *** | 0.08 *** | 0.01 ** |
| | moderate recycler | -0.17 *** | 0.13 *** | 0.03 *** |
| | diligent recycler | -0.18 *** | 0.09 ** | 0.09 *** |
| given that the household is a metal moderate recycler and a paper... | nonrecycler | -0.19 *** | 0.13 *** | 0.06 *** |
| | moderate recycler | -0.17 *** | 0.06 * | 0.12 *** |
| | diligent recycler | -0.10 *** | -0.07 *** | 0.18 *** |
| given that the household is a metal diligent recycler and a paper... | nonrecycler | -0.14 *** | -0.01 | 0.15 *** |
| | moderate recycler | -0.08 *** | -0.11 *** | 0.18 *** |
| | diligent recycler | -0.02 ** | -0.09 *** | 0.10 *** |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.28 – Door-to-door plastic collection marginal effects on the commitment to plastic recycling

| | | Marginal effects of a door-to-door plastic collection on probability of an household being a metal... | | |
|--|-------------------|---|----------------------|----------------------|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... |
| given that the household is a plastic non recycler and a paper... | nonrecycler | 0.05 *** | -0.04 *** | -0.01 ** |
| | moderate recycler | 0.08 *** | -0.05 *** | -0.03 *** |
| | diligent recycler | 0.10 *** | -0.04 ** | -0.06 *** |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a paper... | nonrecycler | 0.11 *** | -0.04 ** | -0.07 *** |
| | moderate recycler | 0.08 *** | 0.01 | -0.09 *** |
| | diligent recycler | 0.06 *** | 0.06 *** | -0.12 *** |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a paper... | nonrecycler | 0.05 *** | 0.06 ** | -0.11 *** |
| | moderate recycler | 0.03 *** | 0.06 *** | -0.09 *** |
| | diligent recycler | 0.01 *** | 0.04 *** | -0.04 *** |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.29 – Door-to-door plastic collection marginal effects on the commitment to metal recycling

| | | Marginal effects of a door-to-door plastic collection on probability of an household being a paper... | | | | | |
|--|-------------------|---|-----|----------------------|-----|----------------------|-----|
| | | nonrecycler.. | | moderate recycler... | | diligent recycler... | |
| given that the household is a plastic non recycler and a metal... | nonrecycler | 0.05 | *** | -0.02 | *** | -0.03 | *** |
| | moderate recycler | 0.06 | *** | 0.00 | | -0.06 | *** |
| | diligent recycler | 0.05 | ** | 0.03 | ** | -0.08 | *** |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a metal... | nonrecycler | 0.06 | *** | 0.01 | | -0.07 | *** |
| | moderate recycler | 0.04 | *** | 0.04 | *** | -0.08 | *** |
| | diligent recycler | 0.02 | *** | 0.05 | *** | -0.08 | *** |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a metal... | nonrecycler | 0.03 | *** | 0.05 | ** | -0.08 | *** |
| | moderate recycler | 0.01 | *** | 0.04 | *** | -0.06 | *** |
| | diligent recycler | 0.00 | *** | 0.02 | *** | -0.02 | *** |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.30 – Door-to-door plastic collection marginal effects on the commitment to paper recycling

B.11 Door-to-door metal collection marginal effects

| | | Marginal effects of a door-to-door metal collection on probability of an household being a plastic... | | | | | |
|--|-------------------|---|-----|----------------------|-----|----------------------|-----|
| | | nonrecycler.. | | moderate recycler... | | diligent recycler... | |
| given that the household is a metal non recycler and a paper... | nonrecycler | -0.06 | *** | -0.05 | *** | -0.01 | *** |
| | moderate recycler | 0.11 | *** | -0.07 | *** | -0.05 | *** |
| | diligent recycler | 0.12 | *** | 0.00 | | -0.11 | *** |
| given that the household is a metal moderate recycler and a paper... | nonrecycler | 0.16 | *** | -0.07 | *** | -0.09 | *** |
| | moderate recycler | 0.11 | *** | 0.03 | | -0.14 | *** |
| | diligent recycler | 0.05 | *** | 0.12 | *** | -0.18 | *** |
| given that the household is a metal diligent recycler and a paper... | nonrecycler | 0.08 | *** | 0.07 | ** | -0.14 | *** |
| | moderate recycler | 0.03 | *** | 0.10 | *** | -0.13 | *** |
| | diligent recycler | 0.01 | *** | 0.05 | *** | -0.06 | *** |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.31 – Door-to-door metal collection marginal effects on the commitment to plastic recycling

| | | Marginal effects of a door-to-door metal collection on probability of an household being a metal... | | |
|--|-------------------|---|----------------------|----------------------|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... |
| given that the household is a plastic non recycler and a paper... | nonrecycler | -0.12 *** | 0.10 *** | 0.01 *** |
| | moderate recycler | -0.21 *** | 0.17 *** | 0.04 *** |
| | diligent recycler | -0.26 *** | 0.17 *** | 0.08 *** |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a paper... | nonrecycler | -0.27 *** | 0.17 *** | 0.10 *** |
| | moderate recycler | -0.26 *** | 0.10 *** | 0.16 *** |
| | diligent recycler | -0.21 *** | -0.01 | 0.22 *** |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a paper... | nonrecycler | -0.20 *** | -0.03 | 0.23 *** |
| | moderate recycler | -0.13 *** | -0.12 *** | 0.26 *** |
| | diligent recycler | -0.04 *** | -0.13 *** | 0.17 *** |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.32 – Door-to-door metal collection marginal effects on the commitment to metal recycling

| | | Marginal effects of a door-to-door metal collection on probability of an household being a paper... | | |
|--|-------------------|---|----------------------|----------------------|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... |
| given that the household is a plastic non recycler and a metal... | nonrecycler | 0.05 *** | -0.02 *** | -0.02 *** |
| | moderate recycler | 0.07 *** | -0.01 | -0.07 *** |
| | diligent recycler | 0.05 *** | 0.02 | -0.07 *** |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a metal... | nonrecycler | 0.05 *** | 0.01 * | -0.06 *** |
| | moderate recycler | 0.04 *** | 0.04 *** | -0.08 *** |
| | diligent recycler | 0.02 *** | 0.04 *** | -0.06 *** |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a metal... | nonrecycler | 0.03 ** | 0.05 *** | -0.08 *** |
| | moderate recycler | 0.02 *** | 0.06 *** | -0.08 *** |
| | diligent recycler | 0.00 *** | 0.02 *** | -0.03 *** |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.33 – Door-to-door metal collection marginal effects on the commitment to paper recycling

B.11.1 Door-to-door paper collection marginal effects

| | | Marginal effects of a door-to-door paper collection on probability of an household being a plastic... | | |
|--|-------------------|---|----------------------|----------------------|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... |
| given that the household is a metal non recycler and a paper... | nonrecycler | 0.06 *** | -0.05 *** | -0.01 ** |
| | moderate recycler | 0.12 *** | -0.08 *** | -0.04 *** |
| | diligent recycler | 0.09 *** | -0.02 | -0.06 *** |
| given that the household is a metal moderate recycler and a paper... | nonrecycler | 0.08 *** | -0.04 ** | -0.05 *** |
| | moderate recycler | 0.07 *** | 0.01 | -0.09 *** |
| | diligent recycler | 0.03 *** | 0.05 *** | -0.08 *** |
| given that the household is a metal diligent recycler and a paper... | nonrecycler | 0.05 *** | 0.05 *** | -0.10 *** |
| | moderate recycler | 0.03 *** | 0.09 *** | -0.11 *** |
| | diligent recycler | 0.00 *** | 0.03 *** | -0.03 *** |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.34 – Door-to-door paper collection marginal effects on the commitment to plastic recycling

| | | Marginal effects of a door-to-door paper collection on probability of an household being a metal... | | |
|--|-------------------|---|----------------------|----------------------|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... |
| given that the household is a plastic non recycler and a paper... | nonrecycler | 0.05 *** | -0.04 *** | -0.01 *** |
| | moderate recycler | 0.08 *** | -0.06 *** | -0.03 ** |
| | diligent recycler | 0.07 *** | -0.04 *** | -0.04 ** |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a paper... | nonrecycler | 0.06 *** | -0.02 * | -0.04 *** |
| | moderate recycler | 0.06 *** | 0.00 | -0.06 *** |
| | diligent recycler | 0.03 *** | 0.02 ** | -0.06 *** |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a paper... | nonrecycler | 0.03 ** | 0.04 *** | -0.08 *** |
| | moderate recycler | 0.02 ** | 0.06 *** | -0.08 *** |
| | diligent recycler | 0.00 *** | 0.03 *** | -0.03 *** |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.35 – Door-to-door paper collection marginal effects on the commitment to metal recycling

| | | Marginal effects of a door-to-door paper collection on probability of an household being a paper... | | | | | |
|--|-------------------|---|----------------------|----------------------|--|--|--|
| | | nonrecycler.. | moderate recycler... | diligent recycler... | | | |
| given that the household is a plastic non recycler and a metal... | nonrecycler | -0.19 *** | 0.13 *** | 0.06 *** | | | |
| | moderate recycler | -0.24 *** | 0.10 *** | 0.14 *** | | | |
| | diligent recycler | -0.21 *** | 0.01 | 0.20 *** | | | |
| given that the household is a plastic moderate recycler and a metal... | nonrecycler | -0.23 *** | 0.06 * | 0.17 *** | | | |
| | moderate recycler | -0.18 *** | -0.04 ** | 0.22 *** | | | |
| | diligent recycler | -0.12 *** | -0.12 *** | 0.24 *** | | | |
| given that the household is a plastic diligent recycler and a metal... | nonrecycler | -0.15 *** | -0.09 ** | 0.24 *** | | | |
| | moderate recycler | -0.09 *** | -0.14 *** | 0.24 *** | | | |
| | diligent recycler | -0.03 *** | -0.10 *** | 0.13 *** | | | |

* Significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%.

TABLE B.36 – Door-to-door paper collection marginal effects on the commitment to paper recycling

Annexe C

Instructions traitement *stock*

C.1 Informations générales

L'expérience économique à laquelle vous êtes sur le point de participer est financée par ... et promeut la Recherche. En fonction des décisions que vous prendrez et des décisions que prendront les autres participants, vous pourrez percevoir un gain, c'est pourquoi il est important que vous lisiez ces instructions avec beaucoup d'attention.

Les instructions suivantes sont destinées à votre usage personnel. Si vous avez la moindre question, levez la main pour nous la poser. Toute forme de communication avec les autres participants est strictement interdite et violer cette règle vous expose à une exclusion immédiate de l'expérience et de tous ses paiements.

Durant cette expérience, vous allez prendre des décisions en termes de tokens et vos gains seront exprimés et calculés en termes de tokens plutôt qu'en Euros. C'est seulement à la fin de l'expérience que vos tokens seront convertis en Euros selon ce taux de change :

$$1 \text{ token} = 0,01 \text{ €}$$

Vos gains vous seront ensuite payés en espèces et viendront s'ajouter à une indemnité de participation qui vous rémunère pour le temps que vous avez accordé à cette expérience.

Tout au long de cette expérience, toutes vos décisions demeureront anonymes : aucun participant ne saura qui vous êtes et quels sont les choix que vous avez faits.

C.2 La situation de décision

Au début de l'expérience, tous les participants, vous y compris, vont être répartis en groupe de 4 personnes pour 5 périodes de prise de décisions. Durant ces 5 périodes, la composition de votre groupe ne va pas changer et à part nous, les organisateurs, personne ne connaît la composition des groupes.

À chaque période, vous et chacun des membres de votre groupe allez recevoir une dotation de 50 points. Deux possibilités s'offrent à vous : vous pouvez investir vos points dans un compte privé ou dans un bien public. Les points n'étant pas divisibles, vos contributions doivent être des nombres entiers.

Pour chaque prise de décision, vous devez indiquer combien de points vous investissez dans le bien public, sachant que vous pouvez ne pas donner, donner une partie ou donner la totalité de votre dotation. Chaque point que vous n'avez pas investi dans le bien public sera automatiquement transféré dans votre compte privé. Ainsi, toute votre dotation sera investie soit dans le bien public, soit dans votre compte privé.

À chaque période t , votre paiement de la période t est déterminé comme suit :

$$\begin{pmatrix} \text{votre paiement} \\ \text{à la période } t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{votre revenu du bien} \\ \text{public à la période } t \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{votre revenu du compte} \\ \text{privé à la période } t \end{pmatrix}$$

C.3 Votre revenu du bien public

Le bien public auquel vous avez la possibilité de contribuer dans cette expérience est l'environnement et, en investissant dans le bien public, vous choisissez de consacrer un certain nombre de points au tri sélectif afin d'améliorer le stock de qualité environnementale.

C.3.1 Le stock de qualité environnementale

En effet, dans cette expérience, l'environnement prend la forme d'un stock de qualité environnementale qui existait avant et existera après vous. Ainsi, dès la première période, vous serez confrontés à un stock initial de qualité environnementale qui s'est accumulé avant le début du jeu et qui est évalué en termes de points, $\mathbf{S}_0 = 1000$ points.

Mais la qualité environnementale n'est pas un stock fixe, elle varie :

- elle se dégrade, notamment à cause de la surexploitation des ressources dans les processus de production mais également à cause de sa pollution.
- elle peut s'améliorer par le biais du tri sélectif : vos efforts de tri ainsi que ceux des membres de votre groupe viennent limiter voire compenser la dégradation de l'environnement.

Ainsi, à chaque période t , le stock de qualité environnementale est :

$$\begin{pmatrix} \text{stock de qualité} \\ \text{environnementale} \\ \text{à la période } t, \\ \mathbf{S}_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{stock de qualité} \\ \text{environnementale} \\ \text{à la période } t-1, \\ \mathbf{S}_{t-1} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \text{dégradation de} \\ \text{l'environnement} \\ \text{à la période } t \\ \mathbf{D}_t = 200 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{effort de tri} \\ \text{sélectif du} \\ \text{groupe à la} \\ \text{période } t, \\ \mathbf{G}_t \end{pmatrix}$$

C.3.2 Le revenu du bien public

Le revenu du bien public est censé mesurer, en termes de points, le bénéfice environnemental individuel tiré du stock de qualité environnementale et est donc une fonction du stock de qualité environnementale. Étant donné que le stock s'actualise en fin de période, le revenu du bien public à la période t traduit le bénéfice environnemental individuel tiré de stock de qualité environnementale de la période $t - 1$.

Tous les membres du groupe bénéficiant du stock de qualité environnementale, le revenu du bien public est perçu par l'ensemble des membres de votre groupe. Ainsi, votre revenu du bien public à la période t est une fonction croissante du stock de qualité environnementale à la période $t - 1$, S_{t-1} :

$$\left(\begin{array}{c} \text{votre revenu du bien public à} \\ \text{la période } t \end{array} \right) = \frac{216}{2 + 485 \times e^{-0,008 \times S_{t-1}}}$$

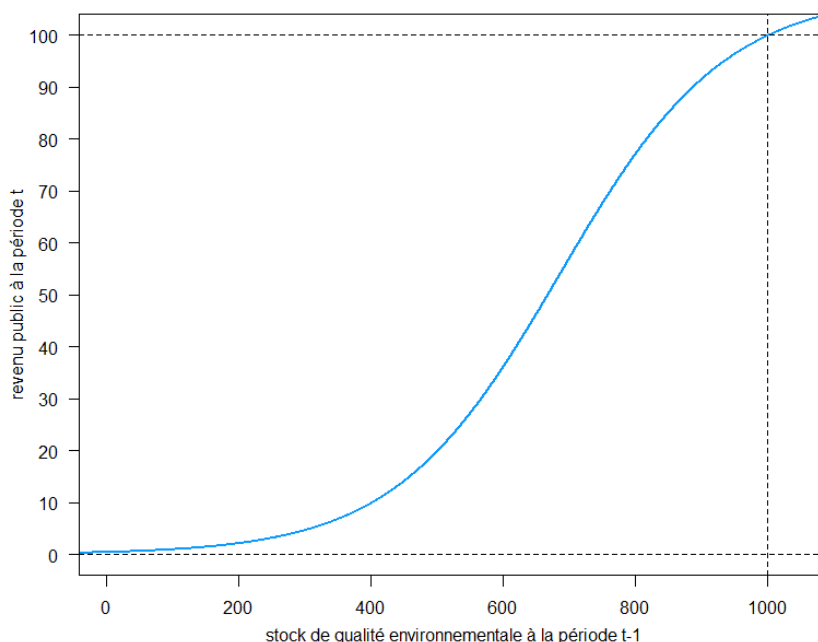


FIGURE C.1 – Le revenu public à la période t dépend du stock de qualité environnementale à la période $t - 1$

Ainsi, à la première période, le stock initial de qualité environnementale étant $S_0 = 1000$, votre revenu du bien public à la période 1 est :

$$\left(\begin{array}{l} \text{votre revenu du bien} \\ \text{public à la période 1} \end{array} \right) = \frac{216}{2 + 485 \times e^{-0,008 \times S_0}} = \frac{216}{2 + 485 \times e^{-0,008 \times 1000}} = 100$$

C.3.3 Exemples

Dans les exemples présentés ci-dessous, les membres d'un même groupe investissent le même montant dans le bien public durant les 5 périodes de jeu. Cependant, durant le jeu, la communication est interdite et vous ne pourrez donc pas vous coordonner avec les autres membres de votre groupe. Pour chaque prise de décision, vous devrez donc indiquer combien vous choisissez d'investir dans le bien public sans savoir ce que les autres membres de votre groupe ont investi.

| Période t | Stock précédent, S_{t-1} | Votre effort de tri sélectif | Effort de tri sélectif de votre groupe, G_t | Votre revenu du bien public | Stock actuel S_t |
|----------------|-------------------------------|------------------------------|--|-----------------------------|---------------------------|
| 1 | 1 000 | 50 | 200 | 100 | 1 000 - 200 + 200 = 1 000 |
| 2 | 1 000 | 50 | 200 | 100 | 1 000 - 200 + 200 = 1 000 |
| 3 | 1 000 | 50 | 200 | 100 | 1 000 - 200 + 200 = 1 000 |
| 4 | 1 000 | 50 | 200 | 100 | 1 000 - 200 + 200 = 1 000 |
| 5 | 1 000 | 50 | 200 | 100 | 1 000 - 250 + 200 = 1 000 |

TABLE C.1 – Tous les membres du groupe contribuent la totalité de leur dotation au bien public

| Période t | Stock précédent, S_{t-1} | Votre effort de tri sélectif | Effort de tri sélectif de votre groupe, G_t | Votre revenu du bien public | Stock actuel S_t |
|----------------|-------------------------------|------------------------------|--|-----------------------------|-------------------------|
| 1 | 1 000 | 25 | 100 | 100 | 1 000 - 200 + 100 = 900 |
| 2 | 900 | 25 | 100 | 91 | 900 - 200 + 100 = 800 |
| 3 | 800 | 25 | 100 | 77 | 800 - 200 + 100 = 700 |
| 4 | 700 | 25 | 100 | 57 | 700 - 200 + 100 = 600 |
| 5 | 600 | 25 | 100 | 36 | 600 - 200 + 100 = 500 |

TABLE C.2 – Tous les membres du groupe contribuent 50% de leur dotation au bien public

| Période t | Stock précédent, S_{t-1} | Votre effort de tri sélectif | Effort de tri sélectif de votre groupe, G_t | Votre revenu du bien public | Stock actuel S_t |
|----------------|-------------------------------|------------------------------|--|-----------------------------|--------------------------|
| 1 | 1 000 | 0 | 0 | 100 | $1\ 000 - 200 + 0 = 800$ |
| 2 | 800 | 0 | 0 | 77 | $800 - 200 + 0 = 600$ |
| 3 | 600 | 0 | 0 | 36 | $600 - 200 + 0 = 400$ |
| 4 | 400 | 0 | 0 | 10 | $400 - 200 + 0 = 200$ |
| 5 | 200 | 0 | 0 | 2 | $200 - 200 + 0 = 0$ |

TABLE C.3 – Tous les membres du groupe ne contribuent pas du tout au bien public

C.3.4 The SeaCleaners

Le stock final de bien public, S_5 , sera converti en Euros¹ et sera effectivement utilisé pour améliorer l’environnement par le biais d’une association qui nettoie les océans, *The SeaCleaners*.

Contrairement à la croyance populaire, le premier producteur de dioxygène (communément appelé oxygène) sur Terre est l’océan : la photosynthèse des phytoplanctons est supérieure à celle de la forêt Amazonienne elle-même.

Chaque année, plus de 8 000 000 de tonnes de déchets plastiques sont rejetés dans les océans et dégradent la qualité des océans. En effet, la plupart des déchets plastiques contiennent des additifs censés améliorer leur robustesse. Ces additifs sont ensuite lessivés par l’eau de mer et menacent la population de phytoplanctons photosynthétiques ainsi que leur efficacité à produire du dioxygène.

L’association *The SeaCleaners* a pour projet de construire un navire capable de collecter et de traiter les déchets plastiques qui flottent à la surface des océans. Ainsi, en diminuant la pollution plastique des océans, la population de phytoplanctons photosynthétiques est protégée et l’océan conserve son rôle de poumon de la Terre.

C.4 Votre revenu du compte privé

Chaque point de votre dotation de 50 points que vous n’avez pas investi dans le bien public est automatiquement transféré dans votre compte privé dont le rendement privé est de 1. Votre revenu du compte privé à chaque période t est donc :

$$\left(\begin{array}{c} \text{votre revenu du compte} \\ \text{privé à la période } t \end{array} \right) = 1 \times \left[50 - \left(\begin{array}{c} \text{nombre de tokens que vous avez choisi de} \\ \text{consacrer au tri sélectif à la période } t \end{array} \right) \right]$$

1. au taux de change : 1 token = 0,01 €

Autrement dit, pour chaque token que vous n'avez pas investi dans le bien public, vous, et vous seul, percevrez un revenu du compte privé de 1 token.

Exemples

Si vous choisissez d'investir 50 points dans le bien public à la période t , $(50 - 50) = 0$ point seront transférés dans votre compte privé et votre revenu du compte privé à la période t sera de $1 \times 0 = 0$ point.

En revanche, si vous choisissez d'investir 25 points dans le bien public à la période t , $(50 - 25) = 25$ points seront transférés dans votre compte privé et votre revenu du compte privé à la période t sera de $1 \times 25 = 25$ points.

De même, si vous choisissez d'investir 0 point dans le bien public à la période t , $(50 - 0) = 50$ points seront transférés dans votre compte privé et votre revenu du compte privé à la période t sera de $1 \times 50 = 50$ points.

C.5 Votre paiement total

Votre paiement total est le résultat de la somme de vos paiements aux 5 périodes.

$$\begin{aligned} \text{Votre paiement total} = & (\text{votre paiement à la période 1}) + (\text{votre paiement à la période 2}) + \\ & (\text{votre paiement à la période 3}) + (\text{votre paiement à la période 4}) + \\ & (\text{votre paiement à la période 5}) \end{aligned}$$

Annexe D

Apparence du traitement *stock*

Periode 1 von 5 Verbleibende Zeit [sec] 24

Le compte privé
Rendement du compte privé 1

L'environnement
Stock initial de qualité environnementale 1000
Stock actuel de qualité environnementale 1000
Bénéfice tiré de la qualité environnementale actuelle 100
Dégradation naturelle de l'environnement 200

Votre dotation 50
Votre effort de tri

Continue

FIGURE D.1 – Écran 1/3 de la période 1 sur z-Tree (Fischbacher, 2007) : Contribution au bien public du traitement *stock*

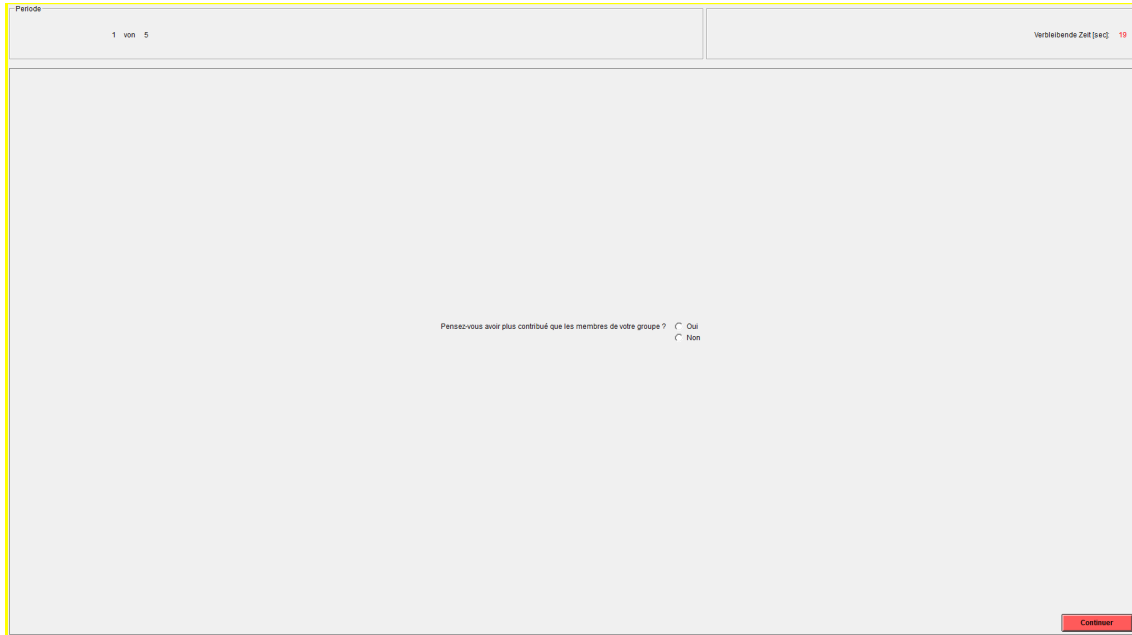


FIGURE D.2 – Écran 2/3 de la période 1 sur z-Tree (Fischbacher, 2007) : Écran du traitement stock sur lequel l'individu indique s'il pense avoir contribué plus que les membres de son groupe

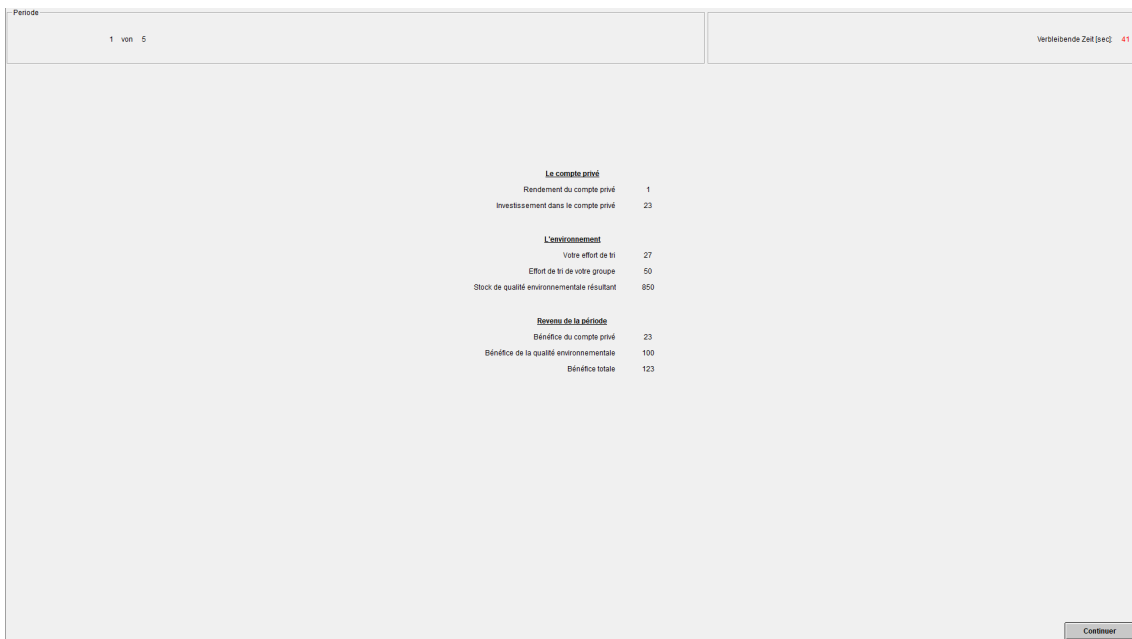


FIGURE D.3 – Écran 3/3 de la période 1 sur z-Tree (Fischbacher, 2007) : Informations sur les résultats de la période du traitement stock

Contribution

Temps restant pour compléter cette page **1:54**

Ce jeu va durer 5 périodes. Cette période est la période 1. Vous appartenez à un groupe de 4 personnes (vous compris).

Vous disposez de 50 points et vous devez indiquer combien de ces points vous souhaitez investir dans le tri sélectif, sachant que le reste de vos points sera investi dans le compte privé.

Votre compte privé

Rendement de l'investissement dans le compte privé : 1

Chaque point que vous investirez dans votre compte privé vous rapportera 1 point.

L'environnement

Qualité environnementale initiale évaluée à 1000 points

Qualité environnementale actuelle évaluée à 1000,0 points

Revenu de la qualité environnementale actuelle : 100,0 points

Dégradation environnementale évaluée à 200 points

Votre dotation: 50 points

Combien de point(s) décidez-vous d'investir dans le tri sélectif ?

Suivant

FIGURE D.4 – Écran 1/3 de la période 1 sur oTree (Chen et al., 2016) : Contribution au bien public du traitement stock

Question intermédiaire

Temps restant pour compléter cette page **0:43**

Pensez-vous avoir investi dans le tri sélectif un effort supérieur à l'effort moyen des autres membres de votre groupe ?

Oui Non

Suivant

FIGURE D.5 – Écran 2/3 de la période 1 sur oTree (Chen et al., 2016) : Écran du traitement stock sur lequel l'individu indique s'il pense avoir contribué plus que les membres de son groupe

Résultats

Temps restant pour compléter cette page **1:26**

Ce jeu va durer 5 périodes. Cette période est la période 1. Vous appartenez à un groupe de 4 personnes (vous compris).

Votre compte privé

Rendement de l'investissement dans le compte privé : 1

Votre investissement dans le compte privé : 25,0 points

Votre revenu du compte privé : 25,0 points

L'environnement

Qualité environnementale initiale évaluée à 1000 points

Revenu de la qualité environnementale initiale : 100 points

Qualité environnementale de la période précédente évaluée à 1000,0 points

Votre investissement dans le tri sélectif : 25,0 points

Effort de tri sélectif de votre groupe : 100,0 points

Votre revenu de la qualité environnementale : 100,0 points

Qualité environnementale résultante évaluée à 900,0 points

Votre revenu

Votre revenu de la période: 125 points

Votre revenu du jeu jusqu'à présent : 125 points

Suivant

FIGURE D.6 – Écran 3/3 de la période 1 sur oTree (Chen et al., 2016) : Informations sur les résultats de la période du traitement stock

Annexe E

Instructions traitement *intermédiaire*

E.1 Informations générales

L'expérience économique à laquelle vous êtes sur le point de participer est financée par ... et promeut la Recherche. En fonction des décisions que vous prendrez et des décisions que prendront les autres participants, vous pourrez percevoir un gain, c'est pourquoi il est important que vous lisiez ces instructions avec beaucoup d'attention.

Les instructions suivantes sont destinées à votre usage personnel. Si vous avez la moindre question, levez la main pour nous la poser. Toute forme de communication avec les autres participants est strictement interdite et violer cette règle vous expose à une exclusion immédiate de l'expérience et de tous ses paiements.

Durant cette expérience, vous allez prendre des décisions en termes de tokens et vos gains seront exprimés et calculés en termes de tokens plutôt qu'en Euros. C'est seulement à la fin de l'expérience que vos tokens seront convertis en Euros selon ce taux de change :

$$1 \text{ token} = 0,01 \text{ €}$$

Vos gains vous seront ensuite payés en espèces et viendront s'ajouter à une indemnité de participation qui vous rémunère pour le temps que vous avez accordé à cette expérience.

Tout au long de cette expérience, toutes vos décisions demeureront anonymes : aucun participant ne saura qui vous êtes et quels sont les choix que vous avez faits.

E.2 La situation de décision

Au début de l'expérience, tous les participants, vous y compris, vont être répartis en groupe de 4 personnes pour 5 périodes de prise de décisions. Durant ces 5 périodes, la composition de votre groupe ne va pas changer et à part nous, les organisateurs, personne ne connaît la composition des groupes.

À chaque période, vous et chacun des membres de votre groupe allez recevoir une dotation de 50 points. Deux possibilités s'offrent à vous : vous pouvez investir vos points dans un compte privé ou dans un bien public. Les points n'étant pas divisibles, vos contributions doivent être des nombres entiers.

Pour chaque prise de décision, vous devez indiquer combien de points vous investissez dans le bien public, sachant que vous pouvez ne pas donner, donner une partie ou donner la totalité de votre dotation. Chaque point que vous n'avez pas investi dans le bien public sera automatiquement transféré dans votre compte privé. Ainsi, toute votre dotation sera investie soit dans le bien public, soit dans votre compte privé.

À chaque période t , votre paiement de la période t est déterminé comme suit :

$$\begin{pmatrix} \text{votre paiement} \\ \text{à la période } t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{votre revenu du bien} \\ \text{public à la période } t \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{votre revenu du compte} \\ \text{privé à la période } t \end{pmatrix}$$

E.3 Votre revenu du bien public

Le bien public auquel vous avez la possibilité de contribuer dans cette expérience est l'environnement et, en investissant dans le bien public, vous choisissez de consacrer un certain nombre de points au tri sélectif afin d'améliorer le stock de qualité environnementale.

E.3.1 Le stock de qualité environnementale

En effet, dans cette expérience, l'environnement prend la forme d'un stock de qualité environnementale qui existait avant et existera après vous. Ainsi, dès la première période, vous serez confrontés à un stock initial de qualité environnementale qui s'est accumulé avant le début du jeu et qui est évalué en termes de points, $\mathbf{S}_0 = 1000$ points.

Mais la qualité environnementale n'est pas un stock fixe, elle varie :

- elle se dégrade, notamment à cause de la surexploitation des ressources dans les processus de production mais également à cause de sa pollution.
- elle peut s'améliorer par le biais du tri sélectif : vos efforts de tri ainsi que ceux des membres de votre groupe viennent limiter voire compenser la dégradation de l'environnement.

Ainsi, à chaque période t , le stock de qualité environnementale est :

$$\begin{pmatrix} \text{stock de qualité} \\ \text{environnementale} \\ \text{à la période } t, \\ \mathbf{S}_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{stock de qualité} \\ \text{environnementale} \\ \text{à la période } t-1, \\ \mathbf{S}_{t-1} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \text{dégradation de} \\ \text{l'environnement} \\ \text{à la période } t \\ \mathbf{D}_t = 200 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{effort de tri} \\ \text{sélectif du} \\ \text{groupe à la} \\ \text{période } t, \\ \mathbf{G}_t \end{pmatrix}$$

E.3.2 Le revenu du bien public

Chaque point consacré au tri sélectif par vous ou l'un des membres de votre groupe sera à l'origine d'un revenu du bien public censé mesurer, en termes de points, le bénéfice environnemental individuel tiré de la limitation de la dégradation de l'environnement. Que l'effort de tri sélectif vienne de vous ou de n'importe quel membre de votre groupe, le bénéfice environnemental individuel sera perçu par tout les membres du groupe.

$$\begin{pmatrix} \text{votre revenu du bien public à} \\ \text{la période } t \end{pmatrix} = 0,5 \times \begin{pmatrix} \text{effort de tri sélectif du groupe à} \\ \text{la période } t \end{pmatrix}$$

Ainsi, pour chaque point investi dans le bien public à la période t (par vous ou n'importe quel membre de votre groupe), tous les membres du groupe percevront 0.5 point chacun à cette même période t .

E.3.3 Exemples

Dans les exemples présentés ci-dessous, les membres d'un même groupe investissent le même montant dans le bien public durant les 5 périodes de jeu. Cependant, durant le jeu, la communication est interdite et vous ne pourrez donc pas vous coordonner avec les autres membres de votre groupe. Pour chaque prise de décision, vous devrez donc indiquer combien vous choisissez d'investir dans le bien public sans savoir ce que les autres membres de votre groupe ont investi.

| Période t | Stock précédent, S_{t-1} | Votre effort de tri sélectif | Effort de tri sélectif de votre groupe, G_t | Votre revenu du bien public | Stock actuel S_t |
|----------------|-------------------------------|------------------------------|--|-----------------------------|-------------------------------|
| 1 | 1 000 | 50 | 200 | 100 | $1\ 000 - 200 + 200 = 1\ 000$ |
| 2 | 1 000 | 50 | 200 | 100 | $1\ 000 - 200 + 200 = 1\ 000$ |
| 3 | 1 000 | 50 | 200 | 100 | $1\ 000 - 200 + 200 = 1\ 000$ |
| 4 | 1 000 | 50 | 200 | 100 | $1\ 000 - 200 + 200 = 1\ 000$ |
| 5 | 1 000 | 50 | 200 | 100 | $1\ 000 - 250 + 200 = 1\ 000$ |

TABLE E.1 – Tous les membres du groupe contribuent la totalité de leur dotation au bien public

| Période t | Stock précédent, S_{t-1} | Votre effort de tri sélectif | Effort de tri sélectif de votre groupe, G_t | Votre revenu du bien public | Stock actuel S_t |
|----------------|-------------------------------|------------------------------|--|-----------------------------|----------------------------|
| 1 | 1 000 | 25 | 100 | 50 | $1\ 000 - 200 + 100 = 900$ |
| 2 | 900 | 25 | 100 | 50 | $900 - 200 + 100 = 800$ |
| 3 | 800 | 25 | 100 | 50 | $800 - 200 + 100 = 700$ |
| 4 | 700 | 25 | 100 | 50 | $700 - 200 + 100 = 600$ |
| 5 | 600 | 25 | 100 | 50 | $600 - 200 + 100 = 500$ |

TABLE E.2 – Tous les membres du groupe contribuent 50% de leur dotation au bien public

| Période t | Stock précédent, S_{t-1} | Votre effort de tri sélectif | Effort de tri sélectif de votre groupe, G_t | Votre revenu du bien public | Stock actuel S_t |
|----------------|-------------------------------|------------------------------|--|-----------------------------|--------------------------|
| 1 | 1 000 | 0 | 0 | 0 | $1\ 000 - 200 + 0 = 800$ |
| 2 | 800 | 0 | 0 | 0 | $800 - 200 + 0 = 600$ |
| 3 | 600 | 0 | 0 | 0 | $600 - 200 + 0 = 400$ |
| 4 | 400 | 0 | 0 | 0 | $400 - 200 + 0 = 200$ |
| 5 | 200 | 0 | 0 | 0 | $200 - 200 + 0 = 0$ |

TABLE E.3 – Tous les membres du groupe ne contribuent pas du tout au bien public

E.3.4 The SeaCleaners

Le stock final de bien public, S_5 , sera converti en Euros¹ et sera effectivement utilisé pour améliorer l'environnement par le biais d'une association qui nettoie les océans, *The SeaCleaners*.

1. au taux de change : 1 token = 0,01 €

Contrairement à la croyance populaire, le premier producteur de dioxygène (communément appelé oxygène) sur Terre est l'océan : la photosynthèse des phytoplanctons est supérieure à celle de la forêt Amazonienne elle-même.

Chaque année, plus de 8 000 000 de tonnes de déchets plastiques sont rejetés dans les océans et dégradent la qualité des océans. En effet, la plupart des déchets plastiques contiennent des additifs censés améliorer leur robustesse. Ces additifs sont ensuite lessivés par l'eau de mer et menacent la population de phytoplanctons photosynthétiques ainsi que leur efficacité à produire du dioxygène.

L'association *The SeaCleaners* a pour projet de construire un navire capable de collecter et de traiter les déchets plastiques qui flottent à la surface des océans. Ainsi, en diminuant la pollution plastique des océans, la population de phytoplanctons photosynthétiques est protégée et l'océan conserve son rôle de poumon de la Terre.

E.4 Votre revenu du compte privé

Chaque point de votre dotation de 50 points que vous n'avez pas investi dans le bien public est automatiquement transféré dans votre compte privé dont le rendement privé est de 1. Votre revenu du compte privé à chaque période t est donc :

$$\left(\begin{array}{l} \text{votre revenu du compte} \\ \text{privé à la période } t \end{array} \right) = 1 \times \left[50 - \left(\begin{array}{l} \text{nombre de tokens que vous avez choisi de} \\ \text{consacrer au tri sélectif à la période } t \end{array} \right) \right]$$

Autrement dit, pour chaque token que vous n'avez pas investi dans le bien public, vous, et vous seul, percevrez un revenu du compte privé de 1 token.

Exemples

Si vous choisissez d'investir 50 points dans le bien public à la période t , $(50 - 50) = 0$ point seront transférés dans votre compte privé et votre revenu du compte privé à la période t sera de $1 \times 0 = 0$ point.

En revanche, si vous choisissez d'investir 25 points dans le bien public à la période t , $(50 - 25) = 25$ points seront transférés dans votre compte privé et votre revenu du compte privé à la période t sera de $1 \times 25 = 25$ points.

De même, si vous choisissez d'investir 0 point dans le bien public à la période t , $(50 - 0) = 50$ points seront transférés dans votre compte privé et votre revenu du compte privé à la période t sera de $1 \times 50 = 50$ points.

E.5 Votre paiement total

Votre paiement total est le résultat de la somme de vos paiements aux 5 périodes.

$$\begin{aligned} \text{Votre paiement total} = & (\text{votre paiement à la période 1}) + (\text{votre paiement à la période 2}) + \\ & (\text{votre paiement à la période 3}) + (\text{votre paiement à la période 4}) + \\ & (\text{votre paiement à la période 5}) \end{aligned}$$

Annexe F

Apparence du traitement *intermédiaire*

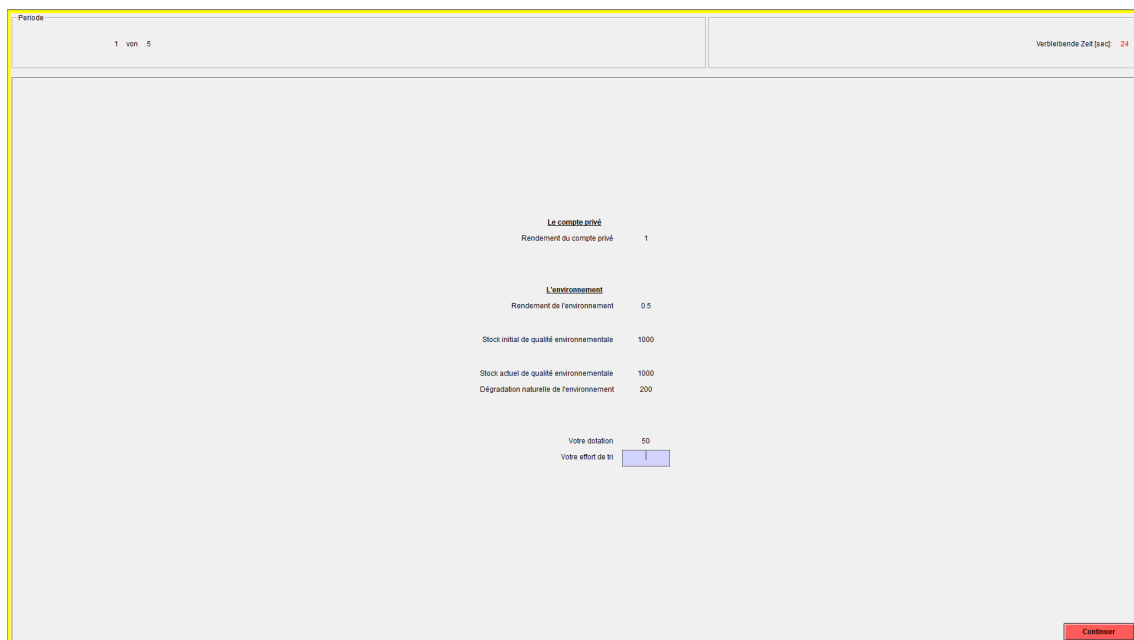


FIGURE F.1 – Écran 1/3 de la période 1 sur z-Tree (Fischbacher, 2007) : Contribution au bien public du traitement intermédiaire

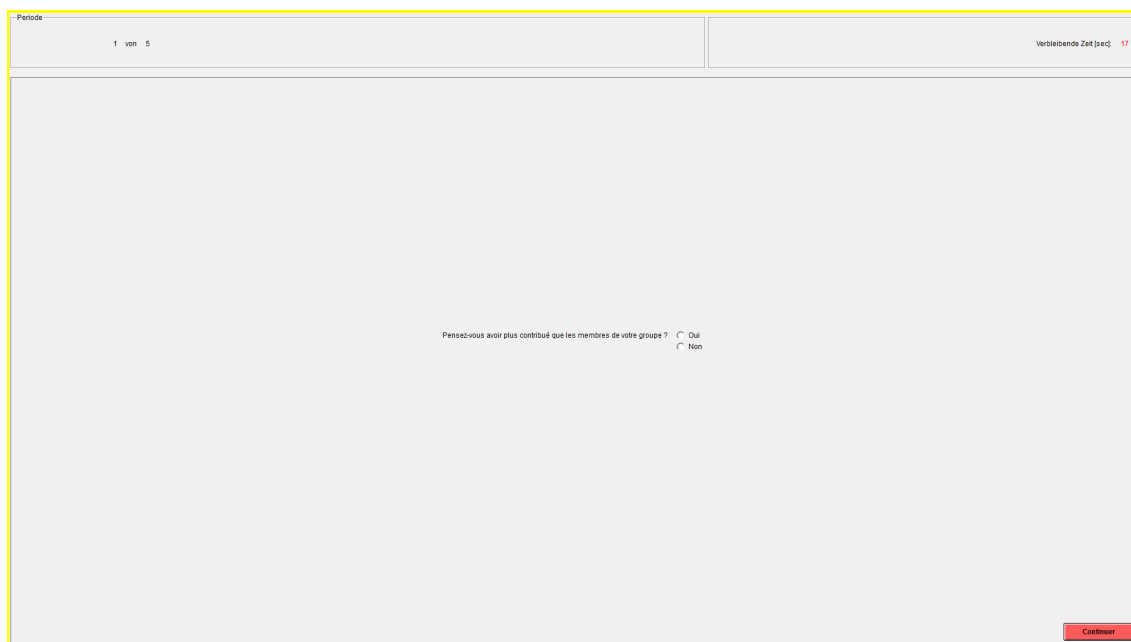


FIGURE F.2 – Écran 2/3 de la période 1 sur z-Tree (Fischbacher, 2007) : Écran du traitement intermédiaire sur lequel l'individu indique s'il pense avoir contribué plus que les membres de son groupe

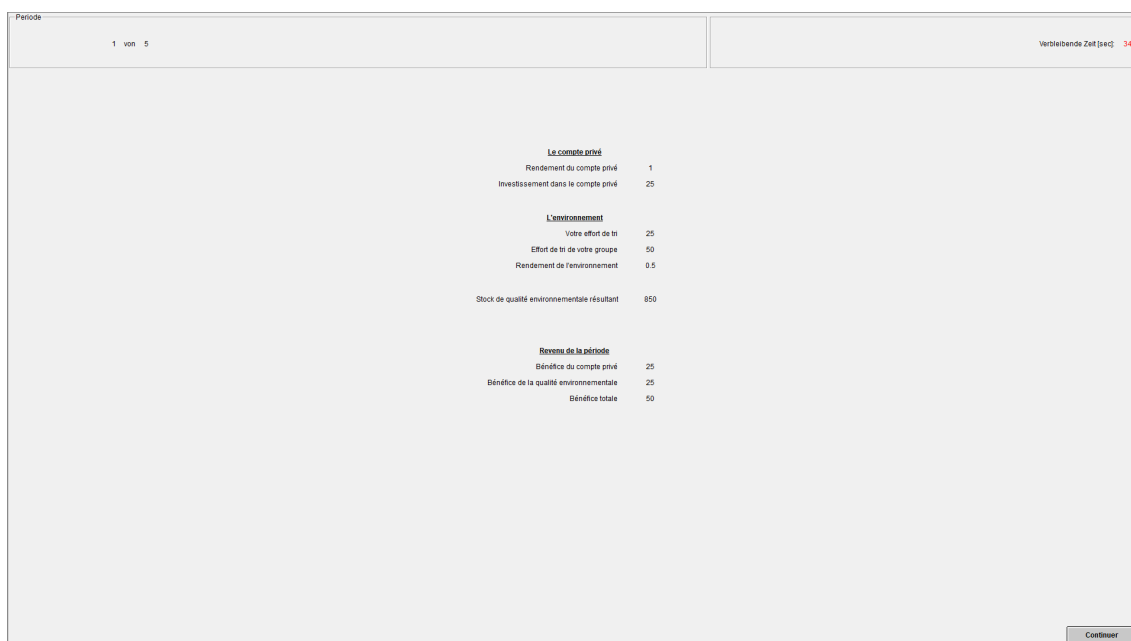


FIGURE F.3 – Écran 3/3 de la période 1 sur z-Tree (Fischbacher, 2007) : Informations sur les résultats de la période du traitement intermédiaire

Contribution

Temps restant pour compléter cette page **1:54**

Ce jeu va durer 5 périodes. Cette période est la période 1. Vous appartenez à un groupe de 4 personnes (vous compris).

Vous disposez de 50 points et vous devez indiquer combien de ces points vous souhaitez investir dans le tri sélectif, sachant que le reste de vos points sera investi dans le compte privé.

Votre compte privé

Rendement de l'investissement dans le compte privé: 1

Chaque point que vous investirez dans votre compte privé vous rapportera 1 point.

L'environnement

Qualité environnementale initiale évaluée à 1000 points

Rendement de l'investissement dans le tri sélectif: 0,5

Chaque point investi dans le tri sélectif par vous ou les autres membres de votre groupe rapportera 0,5 point à vous et aux autres membres de votre groupe.

Qualité environnementale actuelle évaluée à 1000,0 points

Dégradation environnementale évaluée à 200 points

Votre dotation: 50 points

Combien de point(s) décidez-vous d'investir dans le tri sélectif ?

Suivant

FIGURE F.4 – Écran 1/3 de la période 1 sur oTree (Chen et al., 2016) : Contribution au bien public du traitement intermédiaire)

Question intermédiaire

Temps restant pour compléter cette page **0:38**

Pensez-vous avoir investi dans le tri sélectif un effort supérieur à l'effort moyen des autres membres de votre groupe ?

Oui Non

Suivant

FIGURE F.5 – Écran 2/3 de la période 1 sur oTree (Chen et al., 2016) : Écran du traitement intermédiaire sur lequel l'individu indique s'il pense avoir contribué plus que les membres de son groupe

Résultats

Temps restant pour compléter cette page **1:26**

Ce jeu va durer 5 périodes. Cette période est la période 1. Vous appartenez à un groupe de 4 personnes (vous compris).

Votre compte privé

Rendement de l'investissement dans le compte privé: 1
Votre investissement dans le compte privé: 27,0 points
Votre revenu du compte privé: 27,0 points

L'environnement

Qualité environnementale initiale évaluée à 1000 points
Qualité environnementale de la période précédente évaluée à 1000,0 points
Rendement de l'investissement dans le tri sélectif: 0,5
Votre investissement dans le tri sélectif: 23 points
Effort de tri sélectif de votre groupe: 106,0 points
Votre revenu du bien public: 53,0 points
Qualité environnementale résultante évaluée à 906,0 points

Votre revenu

Votre revenu de la période: 80 points
Votre revenu du jeu jusqu'à présent : 80 points

Suivant

FIGURE F.6 – Écran 3/3 de la période 1 sur oTree (Chen et al., 2016) : Informations sur les résultats de la période du traitement intermédiaire

Annexe G

Questionnaire

Contribuer à l'environnement ?

Le but de ce questionnaire est de déterminer vos goûts et avis concernant différents sujets, votre collaboration nous est très précieuse. Durant toute cette expérience, vous demeurerez anonyme et vos réponses ne seront exploitées que dans un but scientifique. Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse.

À propos de vous

1. Êtes-vous :

- Un homme
- Une femme

2. Quel âge avez-vous ?

3. Quel est votre diplôme le plus élevé ?

- Sans Bac ni brevet professionnel
- Bac ou brevet professionnel
- Diplôme de niveau Bac+2
- Diplôme de niveau Bac+3 (Licence, ...)
- Diplôme de niveau Bac+5 ou plus (Master, ...)

4. Quelle est votre situation familiale ?

- Vous vivez seul
- Vous vivez en couple sans enfant
- Vous vivez en couple avec enfant(s)

- Vous vivez seul avec enfant(s)
- Vous vivez avec quelqu'un de votre famille (hors enfants et conjoint)
- Vous habitez avec quelqu'un qui n'est pas de votre famille

5. Avez-vous un ou des enfants ?

- Oui
- Non

6. Quelle est votre situation professionnelle ?

- Travailleur indépendant
- Employé à temps plein
- Employé à mi-temps
- En recherche d'emploi
- Retraité
- Autres

7. Avez-vous déjà contribué à une association caritative (qui aide les personnes dans le besoin) ?

- Oui
- Non

8. Avez-vous déjà contribué à une association de protection de l'environnement ?

- Oui
- Non

Votre rapport à l'environnement

9. Indiquez l'importance de ces problématiques environnementales selon vous :

(a) La gestion des déchets

Pas du tout important Extrêmement important

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|

(b) La surexploitation des ressources

Pas du tout important Extrêmement important

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|

(c) La pollution de la nature

Pas du tout important

Extrêmement important

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|

(d) La menace sur les espèces en danger et la biodiversité

Pas du tout important

Extrêmement important

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|

10. Quelle est votre position par rapport aux affirmations suivantes ?

| | Pas du tout d'accord | Plutôt pas d'accord | Je ne sais pas | Plutôt D'accord | Tout à fait d'accord |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Je ne suis pas disposé(e) à faire des efforts pour l'environnement si les autres n'en font pas. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Les problèmes environnementaux sont souvent surestimés. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Les problèmes environnementaux vont être résolus par les avancées technologiques. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Les problèmes environnementaux doivent être résolus par les générations futures. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

11. Quelle est votre position par rapport aux affirmations suivantes ?

| | Pas du tout d'accord | Plutôt pas d'accord | Je ne sais pas | Plutôt D'accord | Tout à fait d'accord |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Nous nous approchons du nombre limite de personnes que la Terre peut nourrir. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Les êtres humains ont le droit de modifier l'environnement naturel selon leurs besoins. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

| | Pas du tout d'accord | Plutôt pas d'accord | Je ne sais pas | Plutôt D'accord | Tout à fait d'accord |
|--|----------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Quand les êtres humains essaient de changer le cours de la nature, cela produit souvent des conséquences désastreuses. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| L'ingéniosité humaine fera en sorte que nous ne rendrons PAS la Terre invivable. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Les êtres humains sont en train de sérieusement malmener l'environnement. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| La Terre posséderait une infinité de ressources naturelles si seulement nous savions comment en tirer mieux parti. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Les plantes et les animaux ont autant le droit que les êtres humains d'exister. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| L'équilibre de la nature est assez fort pour faire face aux effets des nations industrielles modernes. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Malgré des aptitudes particulières, les humains sont toujours soumis aux lois de la nature. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| La prétendue « crise écologique » qui guette le genre humain a été largement exagérée. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| La Terre est comme un vaisseau spatial avec un espace et des ressources très limités. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Les humains ont été créés pour gouverner le reste de la nature. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| L'équilibre de la nature est très fragile et facilement perturbé. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

| | Pas du tout d'accord | Plutôt pas d'accord | Je ne sais pas | Plutôt D'accord | Tout à fait d'accord |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Les humains vont un jour apprendre suffisamment sur le fonctionnement de la nature pour pouvoir le contrôler. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Si les choses continuent au rythme actuel nous allons bientôt vivre une catastrophe écologique majeure. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Les affirmations sont issues de l'échelle Nouveau Paradigme Ecologique (NEP) de Dunlap et al. (2000) d'après la traduction de Schleyer-Lindenmann et al. (2016)

Le tri et vous

12. Sur votre lieu de résidence, triezy-vous vos déchets ?

- Non
- Parfois
- Toujours

13. Sur votre lieu de travail, triezy-vous vos déchets ?

- Non
- Parfois
- Toujours

14. De manière générale, triezy-vous :

- Le papier Oui Non
- Le verre Oui Non
- Le métal Oui Non
- Le plastique Oui Non
- Les déchets organiques Oui Non

15. Quelle est votre principale contrainte dans le tri ?

- Vous manquez de temps
- Vous manquez d'espace

- Vous manquez d'informations sur le tri
- Aucune

16. Quelles sont les personnes qui trient dans votre foyer ?

- Tout le monde
- Une partie du foyer
- Une seule personne
- Personne

17. Si vous vous comparez à vos voisins sur votre lieu de résidence, diriez-vous que vous recyclez :

- Moins qu'eux
- Autant qu'eux
- Plus qu'eux
- Je ne sais pas

18. Lorsque vous partez en vacances, triez-vous vos déchets ?

- Oui
- Non

Annexe H

Apparence du questionnaire

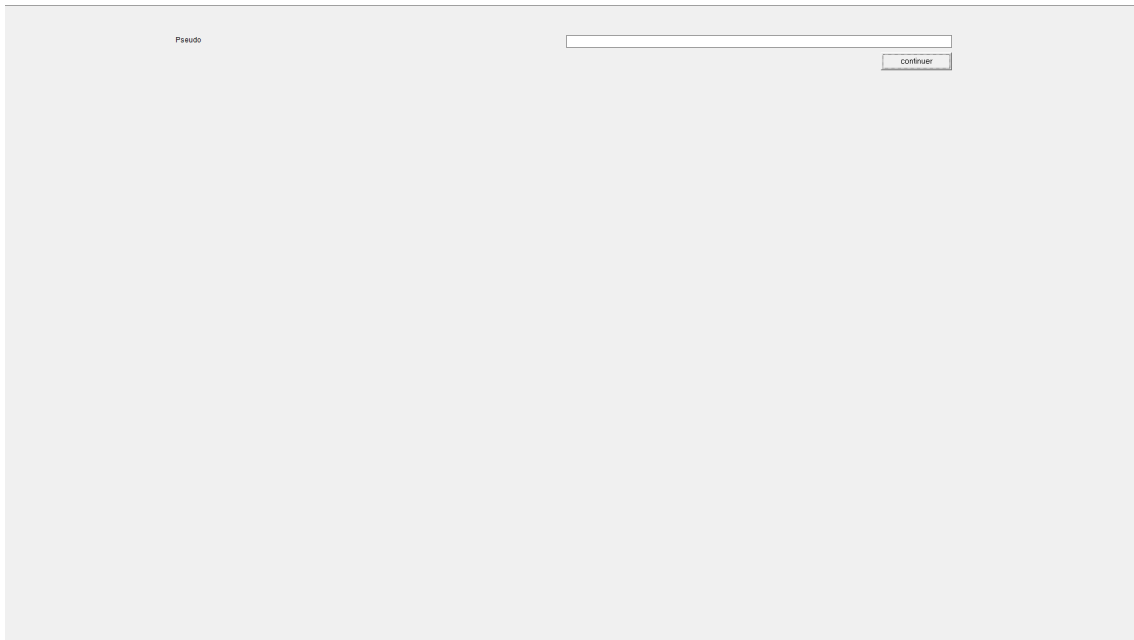


FIGURE H.1 – Écran 1 sur *z-Tree* (Fischbacher, 2007) : Écran du questionnaire sur lequel l'individu doit indiquer un pseudo permettant de l'identifier au moment du paiement

Questionnaire Final

À propos de vous

Êtes-vous :

Homme

Femme

Quel âge avez-vous ?

18-24 ans

25-34 ans

35-44 ans

45-54 ans

55 ans ou plus

Quel est votre diplôme le plus élevé ?

Sans Bac ni Brevet professionnel

Bac ou Brevet professionnel

Diplôme de niveau Bac+2

Diplôme de niveau Bac+3 (Licence...)

Diplôme de niveau Bac+5 (Master...)

Quelle est votre situation familiale ?

Vous vivez seul

Vous vivez en couple sans enfant

Vous vivez en couple avec enfant(s)

Vous vivez seul avec enfant(s)

Vous vivez avec quelqu'un de votre famille (hors enfants et conjoint)

Vous habitez avec quelqu'un qui n'est pas de votre famille

Avez-vous un ou des enfants ?

Oui

Non

Quelle est votre situation professionnelle ?

Travailleur indépendant

Employé à temps plein

Employé à mi-temps

En recherche d'emploi

Retraité

Étudiant

Invalide

Autres

Avez-vous déjà contribué à une association caritative (qui aide les personnes dans le besoin) ?

Oui

Non

Avez-vous déjà contribué à une association de protection de l'environnement ?

Oui

Non

FIGURE H.2 – Écran 2 sur z-Tree (Fischbacher, 2007) : Écran du questionnaire avec les questions socio-démographiques

Questionnaire Final

Votre rapport à l'environnement

Indiquez l'importance de ces problématiques environnementales pour vous

a) la gestion des déchets

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Pas du tout important | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Extrêmement important |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|

b) la surexploitation des ressources

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Pas du tout important | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Extrêmement important |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|

c) la pollution de la nature

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Pas du tout important | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Extrêmement important |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|

d) la menace sur les espèces en danger et la biodiversité

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Pas du tout important | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Extrêmement important |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|

Quelle est votre position par rapport aux affirmations suivantes ?

| | | | | | | |
|---|--|---|--------------------------------------|---------------------------------------|--|--|
| Je ne suis pas disposé(e) à faire des efforts pour l'environnement si les autres n'en font pas. | Pas du tout d'accord <input type="radio"/> | Plutôt pas d'accord <input type="radio"/> | Je ne sais pas <input type="radio"/> | Plutôt d'accord <input type="radio"/> | Tout à fait d'accord <input type="radio"/> | |
| Les problèmes environnementaux sont souvent surestimés. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| Les problèmes environnementaux vont être résolus par les avancées technologiques. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| Les problèmes environnementaux doivent être résolus par les générations futures. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |

FIGURE H.3 – Écran 3 sur z-Tree (Fischbacher, 2007) : 1^{er} écran du questionnaire étudiant le rapport du participant à l'environnement avec l'importance qu'il accorde aux différentes problématiques environnementales ainsi que son accord avec un certain nombre d'affirmations

Questionnaire Final
Votre rapport à l'environnement

Quelle est votre position par rapport aux affirmations suivantes ?

| | Pas du tout d'accord | Plutôt pas d'accord | Je ne sais pas | Plutôt d'accord | Tout à fait d'accord |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Nous nous approchons du nombre limite de personnes que la Terre peut nourrir. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Les êtres humains ont le droit de modifier l'environnement naturel selon leurs besoins. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Quand les êtres humains essaient de changer le cours de la nature, cela produit souvent des conséquences désastreuses. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| L'ingéiosité humaine fera en sorte que ne rendrons PAS la Terre invivable. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Les êtres humains sont en train de sérieusement maltraiter l'environnement. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| La Terre posséderait une infinité de ressources naturelles si seulement nous savions comment en tirer mieux parti. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Les plantes et les animaux ont autant le droit que les êtres humains d'exister. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| L'équilibre de la nature est assez fort pour faire face aux effets des maisons industrielles modernes. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Malgré des aptitudes particulières, les humains sont toujours soumis aux lois de la nature. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| La prétendue "crise écologique" qui guette le genre humain a été largement exagérée. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| La Terre est comme un vaisseau spatial avec un espace et des ressources très limités. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Les humains ont été créés pour gouverner le reste de la nature. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

FIGURE H.4 – Écran 4 sur z-Tree (Fischbacher, 2007) : 2^{ème} écran du questionnaire étudiant le rapport du participant à l'environnement avec son accord aux différents items de l'échelle NEP (Dunlap et al., 2000)

Questionnaire Final
Le lit et vous

Sur votre lieu de résidence, triez-vous vos déchets ?

Non
 Partiellement
 Toujours

Sur votre lieu de travail, triez-vous vos déchets ?

Non
 Partiellement
 Toujours

De manière générale, triez-vous

Le papier
 Oui
 Non

Le verre
 Oui
 Non

Le métal
 Oui
 Non

Le plastique
 Oui
 Non

Les déchets organiques
 Oui
 Non

Quelles sont les personnes qui trient dans votre foyer ?

Tout le monde
 Une partie du foyer
 Seulement moi
 Personne

Si vous vous comparez à vos voisins sur votre lieu de résidence, diriez-vous que vous recyclez :

Beaucoup moins qu'eux
 Un peu moins qu'eux
 Autant qu'eux
 Un peu plus qu'eux
 Beaucoup plus qu'eux

Lorsque vous partez en vacances, triez-vous vos déchets ?

Oui
 Non

FIGURE H.5 – Écran 5 sur z-Tree (Fischbacher, 2007) : Écran du questionnaire étudiant la relation entre le participant et le comportement de tri

Contribuer à l'environnement ?

Le but de ce questionnaire est de déterminer vos goûts et avis concernant différents sujets. Votre collaboration nous est très précieuse. Durant toute cette expérience, vous demeurerez anonymes et vos réponses ne seront exploitées que dans un but scientifique. Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse mais vous devez répondre à toutes les questions.

A propos de vous

Veuillez indiquer un pseudonyme qui nous permettra de vous identifier au moment des paiements:

Quel âge avez-vous ?

Êtes-vous :

Homme Femme

Quel est votre diplôme le plus élevé ?

- Sans Bac ni Brevet professionnel
- Bac ou Brevet professionnel
- Diplôme de niveau Bac+2
- Diplôme de niveau Bac+3 (Licence, ...)
- Diplôme de niveau Bac+5 ou plus (Master, ...)

Quelle est votre situation familiale ?

- Vous vivez seul
- Vous vivez en couple sans enfant
- Vous vivez en couple avec enfant(s)
- Vous vivez seul avec enfant(s)
- Vous vivez avec quelqu'un de votre famille (hors enfants et conjoint)
- Vous vivez avec quelqu'un qui n'est pas de votre famille

Avez-vous un ou des enfants ?

Oui Non

Quelle est votre situation professionnelle ?

- Travailleur indépendant
- Employé à temps plein
- Employé à mi-temps
- En recherche d'emploi
- Retraité
- Autres

Avez-vous déjà contribué à une association caritative (qui aide les personnes dans le besoin) ?

Oui Non

Avez-vous déjà contribué à une association de protection de l'environnement ?

Oui Non

Suivant

FIGURE H.6 – Écran 1 sur oTree (Chen et al., 2016) : Écran du questionnaire sur lequel l'individu doit indiquer un pseudo permettant de l'identifier au moment du paiement et répondre aux questions socio-démographiques

Contribuer à l'environnement ?

Le but de ce questionnaire est de déterminer vos goûts et avis concernant différents sujets. Votre collaboration nous est très précieuse. Durant toute cette expérience, vous demeurerez anonymes et vos réponses ne seront exploitées que dans un but scientifique. Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse mais vous devez répondre à toutes les questions.

Votre rapport à l'environnement

Indiquez l'importance de la problématique environnementale "gestion des déchets" selon vous :

- 1 (pas du tout importante)
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10 (extrêmement importante)

Indiquez l'importance de la problématique environnementale "surexploitation des ressources" selon vous :

- 1 (pas du tout importante)
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10 (extrêmement importante)

Indiquez l'importance de la problématique environnementale "pollution de la nature" selon vous :

- 1 (pas du tout importante)
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10 (extrêmement importante)

Indiquez l'importance de la problématique environnementale "menace sur les espèces en danger et la biodiversité" selon vous :

- 1 (pas du tout importante)
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10 (extrêmement importante)

FIGURE H.7 – Écran 2 sur oTree (Chen et al., 2016) : Écran du questionnaire étudiant le rapport du participant à l'environnement avec l'importance qu'il accorde aux différentes problématiques environnementales ainsi que son accord avec un certain nombre d'affirmations dont celles de l'échelle NEP (Dunlap et al., 2000)

Je ne suis pas disposé(e) à faire des efforts pour l'environnement si les autres n'en font pas.

- Pas du tout d'accord
- Plutôt pas d'accord
- Je ne sais pas
- Plutôt d'accord
- Tout à fait d'accord

Les problèmes environnementaux vont être résolus par les avancées technologiques.

- Pas du tout d'accord
- Plutôt pas d'accord
- Je ne sais pas
- Plutôt d'accord
- Tout à fait d'accord

Les problèmes environnementaux sont souvent surestimés.

- Pas du tout d'accord
- Plutôt pas d'accord
- Je ne sais pas
- Plutôt d'accord
- Tout à fait d'accord

Les problèmes environnementaux doivent être résolus par les générations futures.

- Pas du tout d'accord
- Plutôt pas d'accord
- Je ne sais pas
- Plutôt d'accord
- Tout à fait d'accord

Nous nous approchons du nombre limite de personnes que la Terre peut nourrir.

- Pas du tout d'accord
- Plutôt pas d'accord
- Je ne sais pas
- Plutôt d'accord
- Tout à fait d'accord

Les êtres humains ont le droit de modifier l'environnement naturel selon leurs besoins.

- Pas du tout d'accord
- Plutôt pas d'accord
- Je ne sais pas
- Plutôt d'accord
- Tout à fait d'accord

FIGURE H.8 – Écran 2 (suite) sur oTree (Chen et al., 2016) : Écran du questionnaire étudiant le rapport du participant à l'environnement avec l'importance qu'il accorde aux différentes problématiques environnementales ainsi que son accord avec un certain nombre d'affirmations dont celles de l'échelle NEP (Dunlap et al., 2000)

Annexe H. Apparence du questionnaire

Quand les humains essaient de changer le cours de la nature, cela produit souvent des conséquences désastreuses.

- Pas du tout d'accord
- Plutôt pas d'accord
- Je ne sais pas
- Plutôt d'accord
- Tout à fait d'accord

L'ingéniosité humaine fera en sorte que nous ne rendrons PAS la Terre invivable.

- Pas du tout d'accord
- Plutôt pas d'accord
- Je ne sais pas
- Plutôt d'accord
- Tout à fait d'accord

Les êtres humains sont en train de sérieusement malmener l'environnement.

- Pas du tout d'accord
- Plutôt pas d'accord
- Je ne sais pas
- Plutôt d'accord
- Tout à fait d'accord

La Terre posséderait une infinité de ressources naturelles si seulement nous savions en tirer mieux parti.

- Pas du tout d'accord
- Plutôt pas d'accord
- Je ne sais pas
- Plutôt d'accord
- Tout à fait d'accord

Les plantes et les animaux ont autant le droit que les êtres humains d'exister.

- Pas du tout d'accord
- Plutôt pas d'accord
- Je ne sais pas
- Plutôt d'accord
- Tout à fait d'accord

L'équilibre de la nature est assez fort pour faire face aux effets des nations industrielles modernes.

- Pas du tout d'accord
- Plutôt pas d'accord
- Je ne sais pas
- Plutôt d'accord
- Tout à fait d'accord

Malgré des aptitudes particulières, les humains sont toujours soumis aux lois de la nature.

- Pas du tout d'accord
- Plutôt pas d'accord
- Je ne sais pas
- Plutôt d'accord
- Tout à fait d'accord

FIGURE H.9 – Écran 2 (suite) sur oTree (Chen et al., 2016) : Écran du questionnaire étudiant le rapport du participant à l'environnement avec l'importance qu'il accorde aux différentes problématiques environnementales ainsi que son accord avec un certain nombre d'affirmations dont celles de l'échelle NEP (Dunlap et al., 2000)

La prétendue "crise écologique" qui guette le genre humain a été largement exagérée.

- Pas du tout d'accord
- Plutôt pas d'accord
- Je ne sais pas
- Plutôt d'accord
- Tout à fait d'accord

La Terre est comme un vaisseau spatial avec un espace et des ressources très limités.

- Pas du tout d'accord
- Plutôt pas d'accord
- Je ne sais pas
- Plutôt d'accord
- Tout à fait d'accord

Les humains ont été créés pour gouverner le reste de la nature.

- Pas du tout d'accord
- Plutôt pas d'accord
- Je ne sais pas
- Plutôt d'accord
- Tout à fait d'accord

L'équilibre de la nature est très fragile et facilement perturbé.

- Pas du tout d'accord
- Plutôt pas d'accord
- Je ne sais pas
- Plutôt d'accord
- Tout à fait d'accord

Les humains vont un jour apprendre suffisamment sur le fonctionnement de la nature pour pouvoir le contrôler.

- Pas du tout d'accord
- Plutôt pas d'accord
- Je ne sais pas
- Plutôt d'accord
- Tout à fait d'accord

Si les choses continuent au rythme actuel, nous allons bientôt vivre une catastrophe écologique majeure.

- Pas du tout d'accord
- Plutôt pas d'accord
- Je ne sais pas
- Plutôt d'accord
- Tout à fait d'accord

Suivant

FIGURE H.10 – Écran 2 (suite) sur oTree (Chen et al., 2016) : Écran du questionnaire étudiant le rapport du participant à l'environnement avec l'importance qu'il accorde aux différentes problématiques environnementales ainsi que son accord avec un certain nombre d'affirmations dont celles de l'échelle NEP (Dunlap et al., 2000)

Contribuer à l'environnement ?

Le but de ce questionnaire est de déterminer vos goûts et avis concernant différents sujets. Votre collaboration nous est très précieuse. Durant toute cette expérience, vous demeurerez anonymes et vos réponses ne seront exploitées que dans un but scientifique. Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse mais vous devez répondre à toutes les questions.

Vous et le tri

Sur votre lieu de résidence, triez-vous vos déchets ?

- Non
- Parfois
- Toujours

Sur votre lieu de travail, triez-vous vos déchets ?

- Non
- Parfois
- Toujours

De manière générale, triez-vous le papier ?

- Oui
- Non

De manière générale, triez-vous le verre ?

- Oui
- Non

De manière générale, triez-vous le métal ?

- Oui
- Non

De manière générale, triez-vous le plastique ?

- Oui
- Non

De manière générale, triez-vous les déchets organiques ?

- Oui
- Non

Quelle est votre principale contrainte dans le tri ?

- Vous manquez de temps
- Vous manquez d'espace
- Vous manquez d'informations sur le tri
- Aucune

Quelles sont les personnes qui trient dans votre foyer ?

- Tout le monde
- Une partie du foyer
- Une seule personne
- Personne

Si vous vous comparez à vos voisins sur votre lieu de résidence, diriez-vous que vous recyclez :

- Moins qu'eux
- Autant qu'eux
- Plus qu'eux
- Je ne sais pas

Lorsque vous partez en vacances, triez-vous vos déchets ?

- Oui
- Non

Suivant

FIGURE H.11 – Écran 3 sur oTree (Chen et al., 2016) : Écran du questionnaire étudiant la relation entre le participant et le comportement de tri

Une exploration approfondie des préférences individuelles pro-environnementales : trois essais sur le comportement de tri

Résumé

Cette thèse propose trois essais contribuant à comprendre les comportements de tri afin de favoriser la croissance de ces comportements. Tout d'abord, nous avons montré qu'une spécification multivariée des intensités de tri complétée par des calculs supplémentaires enrichissent véritablement l'analyse des comportements de tri. Ensuite, nous avons mis en évidence l'influence d'une attitude pro-environnementale sur les préférences de tri à bord des ferrys : la responsabilité de stock. Enfin, nous avons développé le protocole d'un jeu de bien public qui vise à étudier le tri en tant que contribution à un bien public qui a la particularité d'être un stock, la qualité environnementale. Les résultats obtenus lors d'un pilote semblent indiquer que la présence d'un stock peut être une incitation au tri.

Mots-clés : recyclage, tri sélectif, comportement pro-environnemental, probit ordonné multivarié, attitude pro-environnementale, logit multinomial à coefficients aléatoires, jeu de bien public, stock public

Abstract

This thesis combines three essays contributing to the understanding of waste sorting behaviors in order to encourage them. Firstly, we showed that a multivariate specification of recycling intensity and additional computations considerably enrich the analysis of sorting behaviors. Secondly, we brought to light the influence of a pro-environmental behavior on sorting preference on ferries: stock responsibility. Finally, we developed a public goods game protocol studying sorting as contribution to a public good defined as a stock of environmental quality. The results of a pilot experience seems to indicate that the presence of a stock may be an incentive to recycling.

Keywords: recycling, waste sorting, pro-environmental behavior, multivariate ordered probit, pro-environmental attitude, mixed multinomial logit, public goods game, public stock