



HAL
open science

Le problème d'action collective dans les conflits et la fourniture de biens publics

Romain Fayat

► **To cite this version:**

Romain Fayat. Le problème d'action collective dans les conflits et la fourniture de biens publics. Economies et finances. Université Montpellier, 2021. Français. NNT: 2021MONTD042. tel-04257982

HAL Id: tel-04257982

<https://theses.hal.science/tel-04257982>

Submitted on 25 Oct 2023

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.

THÈSE POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER

En Sciences Économiques

École doctorale d'économie et de gestion
Unité de recherche Center for Environmental Economics-Montpellier

Le problème d'action collective dans les conflits et la fourniture de biens publics

Présentée par **Romain FAYAT**
Le 25/06/2021

Sous la direction de *Guillaume CHEIKBOSSIAN*

Devant le jury composé de

Yvon ROCABOY, Professeur des universités, Université de Rennes 1

Sébastien ROUILLON, Professeur des universités, Université de Bordeaux

Petros SEKERIS, Associate Professor, Montpellier Business School

Marc WILLINGER, Professeur des universités, Université de Montpellier

Guillaume CHEIKBOSSIAN, Professeur des universités, Université de Montpellier

Rapporteur

Rapporteur

Examineur

Président du Jury

Directeur de Thèse



UNIVERSITÉ
DE MONTPELLIER

Remerciements

Je tiens ici à remercier les personnes qui m'ont accompagné pendant la réalisation de cette thèse. En premier lieu, il me faut remercier bien évidemment le Professeur Guillaume Cheikbossian. Je lui suis très reconnaissant pour son suivi intense tout au long de ces années. Travailler avec lui m'a été très bénéfique. Sa capacité à transmettre son savoir et son expérience au travers de nos échanges a fortement contribué à l'avancée de ce travail.

Je tiens à remercier le Professeur Marc Willinger et le Professeur Associé Petros Sekeris, pour leurs retours concernant mes travaux, ainsi que les nombreux conseils qu'ils m'ont donnés dans le cadre du conseil de suivi individuel.

Je tiens également à remercier des enseignants que j'ai cotoyés tout au long de ma scolarité et qui ont su susciter mon intérêt et développer une réelle motivation chez moi pour continuer aussi loin dans les études. Je remercie particulièrement Mr Allan Sudry, qui est le premier enseignant à m'avoir transmis sa passion pour cette science. Je suis aussi très reconnaissant aux Professeurs Patrice Guillotreau et Joel Hellier pour leur accompagnement au cours de mes études à Nantes.

Bien évidemment, cette volonté d'aller aussi loin ne vient pas seulement de la chance que j'ai eue de rencontrer des professeurs à la fois passionnés et passionnants. Quelques lignes ne suffiront jamais à remercier mes proches, qui ont su m'accompagner depuis le début de ce projet. En premier lieu mes parents Patricia et Sylvain, qui m'ont donné la force de croire en moi et d'aller au bout de ce que je souhaitais faire. Je remercie bien évidemment Christophe qui m'a toujours soutenu. Je remercie aussi mes grands-parents Annick et Pierre qui sont toujours restés proches malgré la distance surtout durant ces dernières années. Pour des raisons évidentes, je remercie grandement aussi : Pauline, Valentin, Marie, Daniel, Emma, Sébastien, Karine, Pascal, André, Monique, Yohann, Mallory...

Enfin, il me faut remercier mes amis, soutien moral inestimable durant ces années de thèse. Premièrement, je remercie Serge pour toutes ces discussions, sa gentillesse et sa bienveillance durant ces années de recherches passées ensemble. Alexandre et Agnalys qui m'ont permis de concilier à la fois le sérieux de la recherche et les discussions enrichissantes sur l'économie et nos travaux respectifs. Je remercie aussi Jimmy, Roman, Mohamed et Ismael pour ces bons moments passés ensemble et pour le plaisir d'avoir organisé avec eux le Doctoral Meetings of Montpellier. Un grand merci à ses merveilleuses rencontres qui m'ont entouré ces dernières années et qui m'ont soutenu dans ce que j'ai entrepris : Rachel, Kaory, Romain, Guilhem, Juan, Adeline, Carlos, Pauline, Christophe et tous les autres qui se reconnaîtront... Enfin, avec toute ma sincérité, je dois dire que sans eux l'idée même de faire une thèse n'aurait pas existé. Donc, un grand merci à Léo, Sophie, Clément, Morgane, Anne, Alex, Eloïse, Jérémy, Samuel, Cyrielle, Mathieu de m'avoir soutenu depuis que l'on se connaît dans tout ce que j'entreprends. Enfin, je ne remercierai jamais assez Charlotte pour tout son soutien moral et l'aide qu'elle m'a apportée pour ce travail.

Préface

Cette thèse s'intéresse principalement au problème d'action collective, appelé aussi de *passager clandestin*. Ce sujet étant très vaste, nous nous sommes concentrés sur l'effet de différentes technologies de production et de coûts de l'action collective sur le problème de *passager clandestin*. Cette thèse comporte trois chapitres théoriques rédigés sous la forme d'article de recherche traitant de problématiques distinctes.

Le premier chapitre intitulé : *Taille de groupe, action collective et complémentarité dans les efforts* correspond à une version étendue de l'article co-écrit avec le Professeur Guillaume Cheikbossian publié dans *Economics Letters* en 2018. Dans ce papier, nous revisitons le *paradoxe de la taille de groupe* et mettons en avant l'effet de la complémentarité des efforts individuels sur la relation entre l'efficacité d'un groupe et sa taille dans un modèle de conflit.

Le second chapitre se compose de deux grandes sous parties qui traitent de la question de la répartition du poids de l'effort collectif entre des membres hétérogènes d'un groupe. Dans *Répartition du poids de l'effort collectif et complémentarité des efforts*, nous analysons l'effet de la complémentarité entre les efforts sur la répartition de l'effort collectif. Ensuite, dans *Répartition du poids de l'effort collectif et préférence sociale*, nous analysons comment une préférence sociale influence la répartition de l'effort du groupe et comment son effet se conjugue avec la technologie de production d'un bien public.

Le troisième chapitre intitulé : *Action collective et conflit dans un environnement adverse* se concentre sur les incitations économiques engendrées par une dégradation de l'environnement économique sur l'arbitrage des agents entre d'une part fournir un effort de conflit, d'autre part contribuer volontairement à un bien public.

Table des matières

Introduction	1
1 Taille de groupe, action collective et complémentarité dans les efforts	35
1.1 Introduction	36
1.2 Le modèle	38
1.3 Le paradoxe de la taille de groupe	41
1.4 Analyse du gain net individuel	44
1.5 Conclusion	47
1.6 Annexes	48
1.6.1 Démonstration de la Proposition 1	48
2 Répartition du poids de l'effort collectif	50
Partie 1 : Répartition du poids de l'effort collectif et complémentarité entre les efforts	51
2.1 Introduction	53
2.2 Le modèle de production jointe	58
2.2.1 Équilibre de Nash et statique comparative des gains nets	60
2.2.2 Analyse de la répartition de l'effort collectif	62
2.2.3 Effet du degré de complémentarité sur la fourniture individuelle du bien public	64
2.2.4 Modèle coopératif non volontaire	65
2.3 Conclusion	69
2.4 Annexes	72
2.4.1 Existence de l'équilibre de Nash et interactions stratégique	72
2.4.2 Expression de l'équilibre de Nash	72
2.4.3 Analyse des gains nets	73
2.4.4 Analyse de la fourniture du bien public	73
2.4.5 Démonstration de la proposition 2	74
Partie 2 : Répartition du poids de l'effort collectif et préférences sociales	76
2.5 Introduction	77
2.6 Le modèle	80
2.6.1 Le modèle avec préférence sociale	82
2.6.2 La répartition du poids de l'action collective avec des agents non parfaitement auto-centrés	83
2.7 Conclusion	89
2.8 Annexes	90
2.8.1 Démonstration de la proposition 1	90

2.8.2	Démonstration de la Proposition 2 et de la Proposition 3	91
3	Action collective et conflit dans un environnement adverse	93
3.1	Introduction	95
3.2	Le modèle	102
3.2.1	Statique comparative des niveaux individuels d'effort de conflit et de fourniture du bien public	106
3.2.2	L'évolution de la dotation individuelle avec les montants de ressource et de dégradation	111
3.3	Modèle avec la fonction d'utilité CES	114
3.4	Conclusion	118
3.5	Annexes	123
3.5.1	Propriétés de la fonction d'utilité et démonstration de la proposition 1	123
3.5.2	Détermination de l'équilibre de Nash de la fourniture du bien public et de l'effort de conflit	123
3.5.3	Démonstration de la proposition 2	124
3.5.4	Démonstration de la proposition 3	124
3.5.5	Démonstration de la proposition 4	125
3.5.6	Démonstration de la proposition 5	125
	Conclusion	127
	Bibliographie	135

Introduction

Nous constatons depuis le Printemps arabe une résurgence des mouvements sociaux partout dans le monde, rappelant les années soixante. Nous pouvons citer, par exemple, la *révolution des bougies* en Corée du Sud en 2016, le mouvement *Black Lives Matter* depuis 2013 aux États-Unis, celui des *Gilets jaunes* en France sans compter les révoltes populaires au Chili, en Ukraine, à Hong-Kong et plus récemment en Biélorussie. Pour ces raisons, l'analyse des actions collectives reste importante pour comprendre un phénomène humain de grande ampleur. En général, le regard extérieur qui analyse ces mouvements se focalise sur les raisons de leur émergence, ou sur leurs conséquences. Cette thèse se focalise principalement sur les efforts individuels fournis à une action collective, et l'effet de divers paramètres sur ces niveaux d'efforts.

Au cours de cette introduction, nous allons dans un premier temps présenter le contexte de la recherche en économie sur les actions collectives et les problématiques qui lui sont spécifiques. Dans un second temps nous présenterons brièvement les thèmes de nos trois chapitres. Enfin, nous aborderons la littérature respective de chacun de nos chapitres et expliquerons ce que nous apportons à cette littérature à travers cette thèse.

1. Contexte et enjeu

1.1 Contexte et présentation du sujet

L'angle qui nous intéresse ici est celui qui vise à étudier le niveau de participation des individus à une action collective en fonction de divers paramètres. Dans notre thèse et comme souvent en économie, une action collective correspond à une action réalisée par un ensemble d'individus ou d'agents économiques, avec ou sans coordination, qui convergent vers un objectif commun. Avant Olson (1965), divers domaines de recherches portant sur les actions collectives, notamment la sociologie et la psychologie, partaient du principe que

les membres d'un groupe qui participaient à une action collective le faisaient dans l'intérêt du groupe. Mais cette analyse ne prenait pas en compte l'intérêt individuel à participer ou non à une action collective.

Mancur Olson (1965) a bousculé cette vision, notamment dans le domaine de la science économique. Son analyse a pour spécificité d'analyser la participation à l'action collective du point de vue individuel, en supposant des agents économiques rationnels et autocentrés. Olson défend l'idée qu'un agent économique participe à une action collective en faisant un calcul rationnel coûts/bénéfices. L'action collective fournie par les individus est considérée comme un bien produit qui apporte une certaine utilité. Ce bien a une caractéristique particulière qui diffère des biens pouvant être disponibles sur un marché, communément analysé dans la théorie économique standard. En effet, une des propriétés d'une action collective est qu'on ne peut pas exclure un agent des gains apportés par cette dernière, cela en fait donc un bien public. Par exemple, lorsqu'un syndicat dans une entreprise obtient des avantages pour les salariés, ces avantages vont être obtenus par l'ensemble des salariés, même à ceux qui ne sont pas syndiqués. Ce que montre Olson (1965) de manière théorique, avec des exemples empiriques, est que rationnellement un agent autocentré va chercher à contribuer le moins possible à l'action collective en profitant de la contribution des autres agents qui y participent. Un agent ne pouvant être exclu des bénéfices d'une action collective n'a alors aucun intérêt à fournir un effort dès lors qu'il obtient des bénéfices de l'effort des autres agents sans avoir à fournir lui-même un effort. Olson caractérise ce comportement de *passager clandestin*. Cette manière de concevoir la participation à une action collective correspond actuellement à l'analyse standard des actions collectives en économie et plus spécifiquement en microéconomie. Pour résumer cette vision, il s'agit d'une analyse individualiste de l'allocation des agents à un effort collectif. C'est-à-dire qu'un agent fournit un effort à une action dont les gains sont collectifs, mais décide de son choix de contribution en ne prenant en compte que son intérêt propre.

En 1970, A. Hirschman dans *Exit, voice and loyalty*, utilise aussi les outils des sciences économiques pour expliquer le comportement des individus participant à une action collective. Hirschman catégorise trois types de réactions différentes face aux défaillances des institutions et des actions collectives. "Loyalty" correspond à une réaction de fidélité envers l'institution ou l'action collective, même si celles-ci comportent de nombreuses défaillances.

”Exit” correspond à la défection des agents de l’action collective. Mais la réaction novatrice dans l’analyse des actions collectives mise en avant par Hirschman est ”Voice”. Pour combler les défaillances des institutions ou des actions collectives en général, les individus peuvent utiliser des moyens politiques pour tenter d’améliorer de l’intérieur l’action collective. La différence entre l’analyse d’Olson et celle de Hirschman est que selon Olson les individus ont une tendance forte à la défection, alors que selon Hirschman avant d’entreprendre une défection ces derniers vont tenter d’améliorer l’action collective de l’intérieur. L’analyse contemporaine des actions collectives poursuit plus les travaux d’Olson que d’Hirschman, comme notre présente thèse.

L’apport de notre thèse est clairement théorique, bien qu’elle s’inspire comme le fait l’ensemble de la théorie sur des faits empiriques. La littérature économique qui traite des actions collectives a notamment pour objectif d’identifier différents paramètres qui impactent les niveaux d’efforts individuels. Ainsi, tout le propos de cette thèse est d’identifier les différentes caractéristiques économiques qui engendrent un niveau de contribution individuelle plus ou moins important à une action collective.

Un exemple de paramètre, que nous aborderons plus en détail dans cette introduction, est la taille de groupe. En analysant l’effet de la taille de groupe nous nous demandons par exemple, si un grand groupe est plus efficace qu’un petit groupe dans l’action collective qu’il entreprend. Un autre type de caractéristique de groupe qui peut impacter le niveau de contribution des agents à l’action collective est l’hétérogénéité intragroupe. Cela correspond spécifiquement soit à des agents qui ont des niveaux de richesses différents ou des valorisations différentes de l’action collective. L’hétérogénéité intragroupe soulève notamment la question de la répartition de l’effort collectif entre les agents d’un même groupe. En effet, si des agents qui participent à la même action collective n’ont pas la même valorisation de cette dernière tout laisse à penser que leur niveau de contribution sera différent. Reste à déterminer si le poids de l’action collective supporté par les agents correspond à la part des gains qu’ils obtiennent. Enfin, cette caractéristique soulève la question de la relation entre inégalité et efficacité d’un groupe. Par exemple, une répartition plus inégale de la richesse dans un groupe le rend-elle plus efficace ?

Ces questions sont abondamment analysées par la littérature existante. Poursuivant les travaux d’Olson (1965), nous allons présenter maintenant la méthodologie utilisée dans

la littérature et cette thèse pour y répondre.

1.2 La méthodologie

Nous avons expliqué, brièvement, les différentes questions pouvant être abordées dans cette thèse et la littérature à laquelle nous nous référons. À présent, nous allons éclaircir le cadre théorique de celles-ci et la méthodologie utilisée par ce cadre théorique.

La méthodologie couramment utilisée dans la littérature théorique qui analyse les actions collectives est la modélisation mathématique, notamment à travers la théorie des jeux. La théorie des jeux permet de modéliser des interactions entre des joueurs et d'identifier leur choix de contribution à l'action collective en utilisant, généralement, le concept d'équilibre de Nash (bien que d'autres concepts d'équilibre, que nous n'aborderons pas dans cette thèse, sont utilisés dans cette littérature). L'équilibre de Nash est un concept de solution d'un jeu, qui correspond à un ensemble de stratégies établies par les différents joueurs tel qu'aucun joueur ne peut obtenir de gains supplémentaires en changeant unilatéralement de stratégies. L'analyse des équilibres de Nash dans un jeu traitant des actions collectives permet de mettre en lumière des relations entre l'effort fourni par les agents et des paramètres comme, par exemple, la taille du groupe.

Pour rappel, cette thèse et la littérature à laquelle nous nous référons raisonnent au niveau individuel. Ainsi, pour résoudre les jeux nous supposons que les joueurs sont rationnels et autocentrés. Cela stipule que les agents maximisent leurs bénéfices de manière autocentrée. À savoir, qu'ils prennent en compte que leurs bénéfices propres et non ceux des autres agents du groupe. Cette hypothèse permet notamment d'identifier les stratégies individuelles qui peuvent être prises par les agents. Nous n'allons pas discuter du bien-fondé ou non de cette hypothèse. Nous la prenons comme un fait permettant d'analyser les incitations économiques engendrées par divers paramètres de l'action collective sur les efforts fournis par les agents. Mais, il faut bien comprendre que cette hypothèse a des conséquences importantes, de fait, sur l'effort fourni par les agents. En effet, elle stipule que l'agent, en faisant son choix d'effort pour l'action collective, ne prend en compte que son intérêt propre, mais pas la répercussion de son effort sur les gains des autres agents de son groupe. Or, les gains d'une action collective sont des gains qui profitent à tous les agents du groupe.

C'est ainsi qu'intervient le problème du *passager clandestin*. Comme il n'est pas possible d'exclure un agent des bénéfices de l'action collective, cet agent va chercher à maximiser son utilité ou ses gains ne prenant pas en compte la répercussion de son effort sur les autres membres du groupe. Il va donc chercher à contribuer le moins possible à l'action collective, et profiter de l'action des autres membres du groupe pour obtenir des bénéfices de l'action collective. Nous rentrons donc dans ce que l'on appelle un dilemme social. Ce concept met avant que l'action qui apporte le plus de bénéfices à l'individu ait des conséquences négatives pour le groupe. En effet, si tous les agents dans un groupe adoptent un comportement de *passager clandestin* en ne fournissant pas d'effort il n'y aura tout simplement pas d'action collective. Cette conjecture exprimée en premier lieu par Olson (1965) est assez extrême. Mais, c'est dans ce contexte de dilemme social que nous inscrivons notre thèse. En supposant que les agents ont une incitation négative à contribuer à une action collective, nous cherchons à déterminer comment le niveau d'effort qu'ils fournissent à cette action varie en fonction de divers paramètres et dans différents contextes d'actions collectives que nous expliciterons par la suite. Autrement dit, nous cherchons à établir quels paramètres exacerbent ou atténuent le problème de *passager clandestin*.

L'analyse économique des actions collectives se focalise donc sur les paramètres qui vont influencer les niveaux d'efforts fournis par les agents qui participent à l'action collective. Ces paramètres peuvent correspondre aux caractéristiques des groupes, comme à la taille ou à l'hétérogénéité des membres. Mais l'effet de ces caractéristiques va dépendre, dans la littérature, de la modélisation de l'action collective. Dans les modèles représentant une action collective il y a généralement deux parties qui décrivent les bénéfices obtenus par les agents qui participent à l'action collective. Une partie qui correspond aux gains bruts qui dépendent spécifiquement du niveau de production de l'action collective et une partie qui correspond au coût de contribution individuelle à cette même action.

Il existe plusieurs manières de représenter la production d'une action collective. La production d'une action collective exprime comment les contributions individuelles des agents se conjuguent pour déterminer l'effort total du groupe. De manière pratique, il existe des cas où l'action collective est purement financière, ainsi l'effort fourni par le groupe correspond simplement à la somme des efforts fournis par ses membres. D'autres actions

collectives nécessitent des efforts qui sont complémentaires entre eux, ainsi l'on ne peut pas représenter le montant d'action collective produit par le groupe par une simple somme de contributions. Par exemple, Hirshleifer (1983) donne un exemple fictif dans lequel des personnes habitant proches du littoral et souhaitant se prémunir de la montée des eaux marines construisent une digue. Chaque personnes va construire une partie de la digue sur son territoire. La contribution de chaque agent à la digue est parfaitement complémentaire, car si un agent ne contribue pas à la construction de celle-ci, les contributions des autres agents seront inutiles. En effet, si un agent ne construit pas une partie de la digue sur son territoire, alors l'eau va s'infiltrer sur l'ensemble du territoire rendant inutiles les parties de la digue construite par les autres agents. Derrière l'idée de complémentarité des efforts réside l'idée que les contributions individuelles se renforcent les unes les autres. Enfin, on peut aussi exprimer des fonctions de production exprimant un certain degré de complémentarité entre les efforts, qui varie entre la substituabilité parfaite et la parfaite complémentarité des efforts fournis par les agents¹.

Concernant les fonctions de coûts, elles peuvent aussi décrire différents types d'actions collectives. Nous avons des fonctions de type linéaire. Cette forme de fonction est pertinente pour décrire une contribution financière, par exemple, dans le cas où la contrainte budgétaire de l'agent n'est pas importante. Il existe aussi des actions collectives qui requièrent un coût de nature convexe, notamment lorsque l'unité de mesure de l'effort fourni par les agents est le temps comme indiqué par Esteban et Ray (2001).

Comme nous le verrons tout au long de cette thèse, les différentes formalisations de l'action collective ont un impact important sur les niveaux d'efforts des agents et donc sur l'efficacité d'un groupe à parvenir à ses fins. Cette thèse a pour objectif de déterminer comment ces différentes formalisations impactent l'effort individuel fourni à l'action collective, dans un contexte de dilemme social.

Par la suite, nous allons présenter brièvement les propos des trois chapitres qui composent cette thèse. Le but étant de présenter les problématiques et la motivation de chacun des chapitres. Dans un second temps, nous nous attarderons sur la littérature à laquelle nous faisons référence dans chacun des chapitres afin d'expliquer ce que l'on apporte en

1. Pour une discussion approfondie des différentes technologies de production d'une action collective voir Cornes (1993).

plus à cette littérature déjà existante.

1.3 Présentation des chapitres

Les problématiques que nous abordons dans cette thèse sont au nombre de trois et correspondent chacune à un chapitre précis. Dans le premier, nous nous intéressons à la problématique de la taille du groupe. Pour comprendre ce choix, il nous faut expliciter un peu plus l'analyse d'Olson (1965). Celui-ci met en avant un paradoxe : plus un groupe est grand et moins il est efficace pour parvenir à ses fins, ce que l'on appelle *le paradoxe de la taille du groupe*. L'explication donnée par Olson est que plus un groupe est grand et plus le problème du *passager clandestin* est important au sein de ce groupe. En effet, plus il y a de membres dans un groupe et plus ces derniers vont avoir intérêt à se reposer sur la contribution de tous les autres membres qui fournissent l'effort collectif. Ainsi, de fait, leur niveau de contribution diminue à mesure que le nombre de participants à l'action collective augmente. Pour autant, même si les contributions individuelles des membres d'un grand groupe seront plus faibles que celles des membres d'un plus petit groupe, cela ne signifie pas forcément que ce grand groupe fournit un plus faible effort global qu'un plus petit groupe en raison du plus grand nombre de contributeurs du plus grand groupe. Nous cherchons donc à déterminer dans ce premier chapitre, et dans l'article publié correspondant avec G. Cheikbossian paru en 2018 dans *Economics Letters*, les différents paramètres (sur les fonctions de coût et de production de l'action collective), et la nature du bien collectif (à savoir le caractère divisible des gains de l'action collective) qui permettent de vérifier ou de renverser le *paradoxe de la taille de groupe*.

Le deuxième chapitre s'intéresse à la répartition du poids de l'effort de l'action collective parmi les membres d'un groupe qui fournissent un effort collectif pour produire un bien public. Dans ce chapitre, nous supposons que les agents ont une valorisation différente de l'action collective. Olson (1965) affirme que lorsque les agents sont hétérogènes en richesses ou en valorisation, l'agent qui retire le plus d'utilité de l'action collective va le plus y contribuer, de telle manière que le poids de l'effort collectif se répartit de manière inéquitable. Il précise que le poids de contribution à l'effort collectif de l'agent qui retire le plus de gains de cette action, est plus important que la part des gains qu'il en retire. Olson qualifie ce fait *d'exploitation des grands par les petits*. Les "grands" correspondent

aux agents qui désirent le plus la poursuite de l'action collective, les "petits" correspondent aux agents qui désirent le moins la poursuite de l'action collective².

La question de la répartition de l'effort collectif est notamment étudiée par la littérature économique qui s'intéresse aux institutions internationales, notamment dans le contexte de guerre froide (pour une revue de littérature sur ce sujet, voir Sandler et Hartley, 2001). Une institution étudiée qui confirme, selon la littérature, ce qu'Olson appelle *l'exploitation des grands par les petits* est l'OTAN. Olson et Zeckhauser (1966) montrent empiriquement que les pays qui accordent une plus grande importance ("les grands") à l'OTAN contribuent de manière disproportionnée. Cependant, d'autres études empiriques montrent que dans certaines institutions internationales, le résultat inverse est trouvé. Par exemple, Thielemann et Armstrong (2012) montre que dans la gestion des réfugiés au sein de l'Union européenne, ce sont les pays les moins riches et qui ont finalement le moins d'incitations à gérer cela qui y contribuent de manière disproportionnée.

Partant de ce débat empirique, que nous expliciterons plus en détail dans la revue de la littérature, nous cherchons dans ce second chapitre à analyser comment se répartit le poids de l'effort collectif. Dans la première partie du chapitre 2, nous analyserons comment évolue cette répartition en fonction de la forme de la fonction de production de l'action collective et lorsque les agents coopèrent parfaitement. Dans la seconde partie de ce chapitre, nous supposerons des agents qui ne sont pas parfaitement autocentrés, afin d'expliquer comment cela peut influencer la répartition du poids de l'effort collectif. Cette analyse s'inspire de l'analyse faite sur des petites communautés qui cherchent à fournir un bien public comme un système d'irrigation (pour des analyses de cas précis, voir Dayton-Johnson ; 2000 et Marshall ; 2004).

Enfin, le troisième chapitre se place dans une optique un peu différente des deux premiers. Les deux premiers analysent des problématiques déjà étudiées dans la littérature et qui proviennent de l'analyse originale d'Olson. Dans ce troisième chapitre, nous utilisons les outils que nous avons utilisés dans les deux premiers chapitres pour une problématique liée en partie au changement climatique. Le processus de dérèglement climatique s'accélère et de nombreux rapports d'experts (notamment ceux du GIEC) montrent que celui-ci va

2. La distinction entre les deux types d'agents se fait au niveau des préférences de ces derniers, les "grands" sont les agents qui retirent le plus d'utilité de l'action collective, les "petits" étant ceux qui retirent le moins d'utilité de cette action.

fortement impacter négativement les conditions de vie de l'ensemble des êtres humains dans les prochaines années. Pour cette raison, nous pensons qu'il est important de s'intéresser au comportement humain face à l'adversité. Nous nous inspirons des papiers de différents domaines scientifiques, notamment la biologie, qui traite de la question du comportement des humains face à l'adversité. Il est recensé principalement deux types de comportements : d'une part un comportement conflictuel d'accaparement et d'autre part un comportement plutôt collectif. Cette question est très prisée en biologie et moins en économie. Nous proposons donc, dans ce troisième chapitre, d'utiliser les outils économiques afin de déterminer les incitations économiques qui engendrent un comportement plutôt tourné vers l'action collective ou plutôt vers le conflit dans un environnement effectivement dégradé. Pour ce faire, nous nous inspirons grandement des modèles économiques qui mixent à la fois la littérature concernant la contribution volontaire à un bien public et celle portant sur les conflits, il s'agit des modèles dits "Production et Conflit". L'objectif de notre modèle est de nous permettre d'identifier les incitations économiques entraînant un effort conflictuel plutôt que collectif lorsque l'environnement économique se dégrade.

Nous avons présenté brièvement le contenu de cette thèse, afin que le lecteur apprécie les motivations de cette thèse traitant des actions collectives. Nous présentons à présent la littérature à laquelle nous faisons référence dans chacun des chapitres, afin d'identifier exactement l'apport de notre thèse aux différentes problématiques abordées. La première partie de la littérature concerne donc les papiers qui abordent le *paradoxe de la taille de groupe*. La seconde partie présente la littérature traitant de la répartition de l'effort collectif dans un groupe, et la littérature qui aborde ce que l'on appelle les préférences sociales. La troisième partie explicite d'une part les modèles de "Production et Conflit" et d'autre part l'analyse sur la relation entre la participation à une action collective et l'adversité qui a motivé notre troisième chapitre.

2. Revue de littérature

Cette revue de littérature a pour objectif de justifier les choix que nous faisons pour traiter les trois problématiques que nous abordons dans cette thèse. Elle se compose de trois parties.

La première partie aborde les papiers traitant de la relation entre la taille de groupe et

l'efficacité de celui-ci. Il s'agit de papiers qui analysent cette relation, mais avec différentes modélisations. Nous mettrons en avant le choix de modèle que les différents auteurs effectuent (par exemple modèle de contribution volontaire à un bien public ou modèle de recherche de rentes) et les "technologies" de production et de coût modélisées. Ainsi, dans cette première partie de la revue de littérature nous explicitons les effets déterminés par la littérature de différentes fonctions de coûts ou de production de l'action collective sur la relation entre la taille du groupe et son efficacité.

Dans la deuxième partie de la revue de littérature, nous abordons les papiers théoriques, mais aussi empiriques, qui traitent de la question de l'hétérogénéité dans un groupe et spécifiquement de la répartition de l'effort collectif entre les membres d'un groupe. Nous commentons également la littérature qui concerne les préférences sociales, leur intérêt dans la problématique de la répartition de l'effort collectif et les différentes modélisations de ces préférences.

Enfin, la troisième partie de cette revue de littérature se concentre en premier lieu sur la littérature qui a inspiré la problématique de notre troisième chapitre. Il s'agit principalement d'un pan de la littérature en biologie évolutive. Nous présentons la méthodologie que les auteurs utilisent, les variables qu'ils modélisent pour exprimer ce qu'ils nomment "la coopération", "l'adversité" et les résultats qu'ils obtiennent. Nous présenterons également dans cette partie les modèles dits "Production et Conflit", dont nous nous inspirons le plus pour répondre à la problématique définie.

2.1 Le Paradoxe de la taille du groupe et les technologies de production et de coût

La première partie de cette revue de littérature concerne le *paradoxe de la taille de groupe*. Pour rappel, ce paradoxe stipule qu'un petit groupe est plus efficace qu'un grand groupe pour parvenir à ses fins. La supériorité relative des plus petits groupes par rapport aux plus grands groupes est mise en avant par Olson (1965). Ce dernier affirme que plus le groupe est grand et moins les agents ont d'incitations à contribuer à l'action collective, car l'incitation à se comporter en *passager clandestin* augmente à mesure que la taille du groupe augmente. De ce fait, le niveau de contribution individuelle diminue avec la taille du groupe.

Pecorino (2015) réalise une revue de littérature sur les travaux qui ont poursuivi celui d’Olson (1965). Il met en avant dans un premier temps l’existence dans la littérature de deux versions de ce *paradoxe de la taille de groupe*. Une première version appelée “forte” qui établit que la fourniture de bien public diminue avec la taille de groupe et qu’un grand groupe n’est pas capable de fournir volontairement un bien public. Puis, une deuxième version de ce paradoxe dite “faible” qui stipule qu’à mesure que la taille du groupe augmente, l’écart entre le niveau optimal de fourniture de bien public et le niveau réel fourni augmente. La version “forte” stipule qu’un grand groupe n’est pas capable de fournir un bien public et la version “faible” admet qu’un grand groupe est capable de fournir un bien public, mais que plus la taille augmente et moins cette fourniture est efficiente.

Chamberlin (1974) et Mc Guire (1974) montrent dans un modèle de contribution volontaire à un bien public pur que la fourniture du bien public augmente avec la taille du groupe jusqu’à une certaine limite, ce qui remet en cause la version “forte” du *paradoxe de la taille de groupe*. Chamberlin (1974) et Mc Guire (1974) mettent en lumière l’existence d’un “effet revenu” responsable d’une augmentation de la fourniture du bien public à mesure que la taille de celui-ci augmente. Cependant, Chamberlin (1974) montre qu’avec un bien public rival, c’est-à-dire que la consommation d’un agent de ce bien diminue les quantités disponibles de ce bien pour les autres agents, l’on peut retrouver le *paradoxe de la taille de groupe*. Quoi qu’il en soit, Chamberlin (1974) et Mc Guire (1974) montrent qu’il est possible de renverser la version “forte” du *paradoxe de la taille de groupe* lorsque le bien est purement public. Pecorino (2009) montre dans un modèle de contribution volontaire à un bien public que si le bien public a un degré de rivalité même minime, l’on retrouve la version “forte” du *paradoxe de la taille de groupe* d’Olson, à savoir que la contribution au bien public tend vers zéro pour un groupe de taille infinie. Par contre, il montre aussi que la relation entre la fourniture du bien public et la taille du groupe n’est pas monotone, un petit groupe dont la taille augmente peut augmenter sa fourniture au bien public. Enfin, toujours dans ce cadre de contribution volontaire à un bien public, Pecorino et Temimi (2007) montrent que lorsque le coût de contribution au bien public est convexe, la fourniture augmente avec la taille du groupe. Cependant ils montrent aussi, en introduisant un coût fixe de participation au bien public et un certain degré de rivalité

du bien, que la fourniture du bien public tend vers zéro à mesure que la taille augmente.

D'autres cadres d'analyses ont été utilisés pour étudier le *paradoxe de la taille de groupe*. Par exemple, Morgan (2000) montre avec un mécanisme de loterie que la taille du groupe peut augmenter la fourniture au bien public. Le mécanisme consiste en un organisateur de loterie et des agents qui lui achètent des tickets de loteries. Le profit retiré de ces tickets de loterie est utilisé pour financer un bien public. Pecorino et Temimi (2007) montrent dans ce même cadre d'analyse que la fourniture du bien public augmente sans limites avec la taille du groupe à mesure que le prix des tickets de loterie augmente avec cette même taille de groupe. Cependant, ces mêmes auteurs dans un papier de 2012 montrent la résurgence de la version "forte" du *paradoxe de la taille de groupe* d'Olson, pour un suffisamment haut niveau de degré de rivalité concernant le bien public fourni avec les profits de la loterie.

Ensuite, le *paradoxe de la taille de groupe* a aussi été analysé dans les modèles de recherche de rente (en anglais *rent-seeking* ou encore *contest model*), où il existe des interactions entre différents groupes. Nous appellerons aussi ces modèles : modèle de conflits étant donné l'idée générale qu'ils expriment. Ce cadre permet d'analyser simplement si un grand groupe est plus ou moins efficace qu'un plus petit groupe. En effet, ces modèles contiennent une variable de probabilité de victoire permettant d'identifier quel groupe a plus de chance de remporter le conflit en fonction de ses caractéristiques. Dans les modèles standards et en particulier ceux abordés ici, cette probabilité correspond au ratio de l'effort du groupe sur l'ensemble des efforts des groupes participant au conflit. Pour analyser l'effet de la taille de groupe sur la probabilité de victoire, il suffit de distinguer les différents groupes en conflit en fonction de leur taille seulement. Cependant, ces modèles n'analysent pas, à notre connaissance, l'écart entre la fourniture d'effort optimal du groupe et la fourniture réelle, se concentrant plus sur l'effet de l'écart relatif des tailles de groupes et leur impact sur la probabilité de victoire.

Katz et al. (1990) montrent que lorsque le prix du concours est purement public la taille de groupe n'impacte pas le résultat du conflit, les groupes ont la même probabilité de succès. Ils expliquent ce résultat par le fait que lorsqu'un nouvel agent augmente la taille du groupe, cela entraîne une diminution de l'effort individuel des agents, mais la contribution du dernier agent compense exactement la diminution des contributions des autres agents,

ainsi la taille n'a pas d'effet sur la probabilité de victoire. Nitzan (1991) analyse l'effet de la règle de distribution de la rente obtenue par le conflit sur l'efficacité du groupe. Il montre que lorsque la rente est partagée selon les efforts relatifs des membres du groupe, un plus grand groupe obtient une plus grande probabilité de remporter le conflit. Cependant, lorsque la rente est partagée de manière égalitaire entre les membres du groupe gagnant, un plus petit groupe a une plus grande probabilité de remporter le conflit. Ensuite, Esteban et Ray (2001) montrent que si la fonction de coût est suffisamment convexe un grand groupe a toujours une plus forte probabilité de succès qu'un petit groupe, même si la rente est parfaitement divisible. La raison en est qu'avec la convexité du coût, le plus fort niveau de contribution individuelle dans le plus petit groupe n'est pas suffisant pour compenser son plus faible nombre de contributeurs.

En somme, dans tous ces papiers qui analysent l'occurrence du *paradoxe de la taille de groupe* deux paramètres ressortent pour expliquer son occurrence. D'une part la rivalité du bien pour lequel les groupes fournissent un effort collectif et d'autre part la forme de la fonction de coût. Il est montré que la rivalité a tendance à favoriser le petit groupe. Ce résultat s'explique par le fait que plus le groupe est grand et plus les parts individuelles obtenues du bien collectif sont moindres, diminuant d'autant plus dans le grand groupe l'incitation individuelle à contribuer à l'action collective. Ensuite, le degré de convexité de la fonction de coût favorise le grand groupe au détriment du plus petit. Pour comprendre ce résultat, il faut avoir en tête que les contributions individuelles à l'effort collectif sont toujours plus importantes dans un plus petit groupe que dans un grand groupe. Cependant, avec une fonction de coût convexe l'écart de niveaux des contributions des membres de chacun des groupes diminue. Si le degré de convexité de la fonction de coût est suffisamment important, l'écart des niveaux de contributions entre les agents du grand groupe et du plus petit est tellement réduit qu'il ne compense pas l'écart du nombre de contributeurs entre les deux groupes, ce qui profite par essence au plus grand groupe.

Ces résultats montrent bien l'impact des technologies de l'action collective et du caractère divisible des gains de cette action sur la relation entre la taille et l'efficacité d'un groupe. La littérature que l'on vient de citer jusqu'à présent fait l'hypothèse que l'effort du groupe correspond à la simple somme des efforts individuels, cela peut représenter des situations où les contributions individuelles sont financières. Auquel cas il

suffit d'additionner les montants d'argent fournis individuellement pour déterminer l'effort agrégé du groupe. Cependant, beaucoup d'actions collectives ne correspondent pas à une simple somme des efforts individuels fournis. Il existe des actions collectives où les efforts des participants se complètent les uns aux autres exprimant une certaine relation de complémentarité. Ainsi, comme le soulignent Alchian et Demsetz (1972) les productions de groupes existent en raison de la complémentarité des agents composant ce groupe.

Dans la littérature utilisant des modèles de recherche de rentes, certains auteurs ont modélisé des fonctions de production d'effort collectif où l'ensemble de cet effort ne correspond pas à la somme des efforts individuels. Par exemple, Lee (2012) modélise une technologie de production de type "Weakest-link" dans un conflit pour un bien public pur. Cette technologie de production signifie implicitement que les efforts des membres des groupes sont parfaitement complémentaires et que c'est le niveau d'effort le plus faible qui correspond au niveau d'effort du groupe. À l'inverse, Choowdhury et al. (2013) modélisent le même type de conflit, mais avec une technologie dite de "best shot", signifiant que seule la plus haute contribution du groupe va compter dans le conflit contre les autres groupes (notons que Hirshleifer en 1983 fait l'analyse de ces deux technologies de production dans un modèle de contributions volontaires à un bien public). Mais le papier qui nous a le plus inspirés est celui de Kolmar et Rommeswinkel (2013). En effet, ces auteurs supposent que les efforts des groupes sont fournis à travers une fonction de type CES, qui exprime l'idée que les efforts individuels varient entre la complémentarité parfaite (tous les efforts sont nécessaires à l'effort collectif) et la substituabilité parfaite (n'importe quel effort d'un agent peut être remplacé par l'effort d'un autre agent). Ils supposent que les agents sont hétérogènes dans chaque groupe et que le bien pour lequel les groupes sont en conflit est parfaitement indivisible. Enfin, ils supposent aussi une fonction de coût linéaire.

Le chapitre 1 consiste donc en un modèle de conflit entre deux groupes de tailles différentes proche de celui de Esteban et Ray (2001). C'est-à-dire que nous supposons une fonction de coût pouvant être plus ou moins convexe et un bien contesté avec des caractéristiques pouvant être mixtes. Mais nous allons plus loin qu'eux dans l'analyse en introduisant une fonction de production établissant une relation entre les efforts des membres des groupes plus ou moins complémentaires, comme Kolmar et Rommeswinkel (2013). Nous montrons que plus les efforts entre les membres d'un groupe sont complémentaires

et plus le grand groupe a de chance de remporter le conflit. Nous montrons que la complémentarité entre les efforts atténue l'effet du *problème de passager clandestin* et fait en sorte que la taille devienne un atout pour un groupe. Ensuite, nous nous attachons sur les gains nets individuels engrangés par les agents. Nous comparons les gains obtenus par les agents dans chacun des groupes. Nous montrons que les membres du plus grand groupe peuvent obtenir des gains nets plus élevés que les membres du plus petit groupe, même si le bien cristallisant le conflit est entièrement divisible, pour un degré de complémentarité suffisamment important. Ce dernier résultat est à mettre en perspective avec celui de Esteban et Ray (2001) qui mettent en avant que les individus d'un plus grand groupe obtiennent des gains nets plus faibles que ceux du plus petit groupe lorsque le bien est entièrement divisible.

2.2 La répartition de l'effort collectif et son caractère (in)équitable

À présent, nous abordons la littérature qui nous a inspirés et motivés pour notre second chapitre de thèse. Nous décomposons ce chapitre de thèse en deux parties qui abordent une même problématique de fond, mais avec un cadre un peu différent. Nous allons commencer par présenter la littérature qui motive la première partie du chapitre 2. Cette dernière comprend des articles empiriques et théoriques qui cherchent à confirmer ou infirmer l'analyse d'Olson (1965) concernant le caractère inéquitable de la répartition du poids de l'effort collectif supporté par l'agent qui valorise le plus l'action collective. Ensuite, la seconde partie du chapitre 2 intègre des préférences sociales, nous allons présenter la littérature qui nous a amenés à faire ce choix pour la seconde partie de ce chapitre.

Concernant l'hétérogénéité dans un groupe, deux problématiques sont souvent soulevées dans la littérature. Une première qui se focalise sur la répartition de l'effort collectif et une seconde qui s'intéresse à l'effet de l'hétérogénéité intragroupe sur son efficacité à produire un bien collectif. Dans notre second chapitre, nous nous intéressons en particulier à la première problématique.

Olson (1965) met en avant que si les agents diffèrent en termes de richesse ou de valorisation de l'action collective, ils vont contribuer à des niveaux différents à cette dernière. Il va plus loin en affirmant que ceux qui désirent le plus la réalisation de l'action collective ou qui ont une plus grande dotation vont contribuer un poids disproportionné à l'effort

collectif. Il précise que ces contributions sont disproportionnées, car la part de la contribution à l'action collective supportée par l'agent qui a la plus forte valorisation de cette dernière est plus importante que la part des gains qu'il en retire. Il établit, par ailleurs, qu'en raison du problème de *passager clandestin*, seul l'agent le plus riche ou qui valorise le plus l'action collective contribue à cette dernière. Il en conclut donc qu'un groupe est plus efficace lorsque l'hétérogénéité intragroupe est d'autant plus importante, car seule la contribution de l'agent qui a le plus d'incitation à participer à l'action collective compte. Donc, plus la valorisation pour l'action collective de ce dernier agent est importante et plus son niveau de contribution l'est aussi, ce qui augmente donc la fourniture au bien public.

C'est dans l'analyse empirique que la problématique de la répartition de l'effort collectif est analysée dans un premier temps. Olson et Zeckhauser (1966) démontrent que dans beaucoup d'institutions internationales (OTAN, ONU, aide humanitaire), les pays qui ont le plus de richesses supportent le poids de contributions des pays les moins riches. Cela est analysé à travers la part du Revenu National Brut (RNB) fournie par les États dans les dépenses des différentes institutions. Par exemple, pour l'OTAN c'est la part du RNB des dépenses effectuées dans la défense des différents pays qui sont comparées. Leur analyse de ces institutions s'inscrit directement dans la poursuite de l'analyse d'Olson (1965).

En effet, si l'on prend l'exemple de l'OTAN, cette institution permet de produire un bien public qui est la sécurité des membres de l'alliance. Dans l'analyse de Olson et Zeckhauser, le RNB est une mesure des bénéfices de l'action de l'OTAN. L'idée est que l'OTAN permet de défendre les membres de l'alliances. Ainsi, les États qui ont le plus à protéger militairement sont les pays dont le RNB est d'autant plus important. Par conséquent, ce sont les pays les plus riches qui vont accorder le plus d'importance à l'action de l'OTAN. Ils montrent une corrélation positive entre le RNB et la part des dépenses de défense dans le RNB. Cela signifie que les pays dont le RNB est le plus important contribuent une part d'autant plus importante de leur RNB dans les dépenses de défense de l'OTAN que les pays moins riches, en cela les auteurs parlent de contributions disproportionnées.

Oneal (1990 a et b) réactualise l'analyse d'Olson et Zeckhauser (1966) en se concentrant sur l'OTAN. Il montre que la prédiction théorique d'Olson tient toujours. En l'oc-

currence les États-Unis, pays avec le RNB le plus important de l'alliance, contribuent un poids disproportionné dans l'alliance militaire de l'OTAN. Pour mesurer cela, Oneal (1990 a) calcul pour chaque pays la part de ses dépenses dans le budget de l'OTAN divisé par la part de son RNB sur la somme des RNB de l'ensembles des pays de l'alliance de 1950 à 1984. Oneal (1990a) montre aussi sur cette même période que les pays de l'Union européenne prennent une part de plus en plus importante dans le financement de l'OTAN. Il explique ce fait par l'augmentation de la coopération entre les pays de l'Union européenne. Mais cette évolution qui concerne la répartition du poids de l'action collective de l'OTAN ne change pas totalement la tendance de fond, les États-Unis contribuent de manière "disproportionnée". Sandler et Hartley (2001) exposent cela très clairement pour l'année 1970 : *"Les États-Unis comptent juste un peu moins de 75 pour cent des dépenses de défense de l'OTAN alors que les alliés les plus importants qui suivent- l'Allemagne, la France, le Royaume-Uni- contribuent chacun moins de 6 pour cent du poids des dépenses de l'OTAN. Or les États-Unis obtiennent seulement 35 pour cent des bénéfices de la défense de l'OTAN, une exploitation apparaît clairement."* Pour mesurer les bénéfices retirés de la défense procurée par l'alliance militaire ils créent une variable proxy qui comprend la part de chaque membre de son RNB dans le RNB total de l'alliance militaire, et celles de la population et des frontières exposées.

Pour autant, de récentes études empiriques remettent en cause l'idée que c'est toujours le pays le plus riche qui contribue un poids disproportionné de l'action collective, précisément du bien public international. L'article de Dorussen et al. (2009) a l'originalité d'analyser différentes "productions" de l'Union européenne. Ils mettent en avant l'existence de différentes technologies de production et de coûts des différents services et biens produits par l'Union européenne qui ont pour but de fournir de la "sécurité". En catégorisant la fourniture de "sécurité" en quatre catégories : l'assurance, la prévention, la coercition et la protection, ils analysent empiriquement comment se répartissent le coût de contribution et les bénéfices de chacun des membres de ces différents services produits. Concrètement, pour chacune des catégories explicitées ils créent une variable regroupant la part de contribution et celle des bénéfices de chaque membre de l'Union européenne, dans le montant total de contribution et de bénéfices. Encore une fois, les bénéfices sont mesurés par des proxys. Par exemple, les bénéfices retirés de l'assurance sont mesurés

en prenant en compte la protection sociale des pays. Les bénéficiaires de la protection sont mesurés quant à eux par le nombre de requêtes faites par les États à Eurojust³.

Ils montrent que pour les catégories de l'assurance et de la protection ce sont les plus petits pays qui supportent un poids plus important que la part de leur bénéfice, relativement au plus grand pays. Ils montrent aussi que concernant les catégories de la coercition et de la prévention le poids de contribution est réparti uniformément. Pour établir leur modèle empirique, ils s'inspirent des modèles de production jointe. Il s'agit de modèles où les agents doivent juste contribuer à un bien public avec une fonction de coût défini, sans contrainte budgétaire. De plus, contrairement à un modèle de contribution volontaire à un bien public, ces modèles n'analysent pas le choix des agents entre consommer un bien privé et un bien public. Ils recommandent d'analyser la question de la répartition du coût de l'effort collectif avec ce type de modèle. C'est cette recommandation qui va inspirer notre modèle. Enfin, le dernier point de leur analyse exprime l'idée que les différentes catégories ne sont pas produites avec la même technologie de production. Ce dernier point leur permet d'explicitier un lien entre la technologie de production et la répartition de l'effort collectif.

Thielemann et Dewan (2006) analysent quant à eux les pays de l'OCDE et leur contribution dans la protection des réfugiés. Ils argumentent que la protection des réfugiés est un bien public, car cela permet d'assurer une certaine stabilité mondiale. De plus, les pays de l'OCDE signent régulièrement des accords pour participer à l'accueil et à la protection des réfugiés, afin de déterminer les efforts de chaque pays dans l'accueil des réfugiés. Cependant, comme ils le soulignent, beaucoup de pays sont critiques vis-à-vis de ces traités, car il y a un problème de répartition dans l'accueil des réfugiés. Le but de leur analyse est d'identifier pourquoi des pays contribuent de manière disproportionnée. Il s'inspire de l'analyse de Boyer (1989) pour expliquer pourquoi des États contribuent de manière disproportionnée à la fourniture du bien public internationale. Boyer (1989) reprend l'analyse Ricardienne des avantages comparatifs pour expliquer pourquoi certains pays contribuent un poids disproportionné dans certaines institutions. Il fait l'hypothèse que les pays se spécialisent dans leur production de bien public internationale et des services qu'ils ap-

3. Eurojust est une institution de coopération judiciaire utilisée afin de faciliter la coordination des différents services judiciaires des différents États membres de l'U.E notamment pour les crimes graves.

portent. Les différentes catégories dans lesquelles les pays se spécialisent sont : militaire, politique et économique. Cependant, ce qui nous intéresse n'est pas de savoir pourquoi les pays acceptent de "contribuer un poids disproportionné" de l'action collective, mais plutôt comment varie ce poids en fonction des différentes technologies de production. Thielemann et Dewan (2006) mettent en avant que ce sont les "plus petits" pays en termes de richesse et taille qui accueillent, relativement à leur taille, une part plus importante de réfugiés (notamment les Pays-Bas, la Suisse et le Danemark).

Poursuivant cette analyse de l'accueil des réfugiés, Thielemann et Armstrong (2013) se focalisent sur l'Union européenne. Ils montrent que l'accueil physique des demandeurs d'asile est en grande partie supporté par les "petits pays" de l'Union européenne, mais qu'à contrario les "grands pays" supportent le poids financier de cet accueil. Ces études avancent l'idée qu'en fonction du service public produit, la répartition du poids de l'effort collectif en fonction de l'intérêt des pays diffère. Un des arguments avancés par Thielemann et Armstrong (2013) est que cela dépend de la manière dont les contributions des États s'agglomèrent entre elles pour fournir le bien public.

L'ensemble des analyses empiriques mettent en avant différents résultats concernant la répartition de l'effort collectif en proportion de la répartition des bénéfices. Certaines études montrent que les pays qui sont les plus riches et les plus susceptibles de contribuer au bien public contribuent toujours de manière disproportionnée, quand d'autres études nuancent ce résultat. L'objectif de la première partie de ce second chapitre est de chercher à vérifier théoriquement l'intuition formulée par Thielemann et Armstrong (2013) et l'explication de Dorussen et al. (2009), concernant le lien entre la fonction de production d'un bien collectif et la répartition de l'effort collectif. Pour comprendre l'apport de notre modèle et de nos résultats à la littérature existante, nous allons présenter les différents papiers qui traitent théoriquement la question de la répartition de l'effort collectif et l'effet des différentes technologies de production de bien public.

Hirshleifer (1983) est un des premiers théoriciens à exposer clairement le lien entre une technologie de production d'un bien public et la répartition de l'effort collectif. En effet, il montre qu'avec une technologie de production du bien public correspondant juste à une somme de contributions, nous retrouvons bien le résultat d'Olson. Pour rappel, l'agent qui a le plus d'incitations à participer à l'action collective supporte un poids de

l'action collective plus important que sa part de bénéfices de l'action collective qu'il obtient, entraînant ainsi un déséquilibre entre la répartition de l'effort et celle des bénéfices au sein du groupe. Il met en avant que la technologie de production de type "Weakest-Link" a tendance à inverser ce résultat. Cette technologie de production exprime l'idée de complémentarité parfaite entre les efforts des agents. De ce fait, le niveau de contribution dans le groupe va correspondre au niveau de contribution le plus faible, donc au niveau de l'agent qui a le moins de richesse ou qui valorise le moins l'action collective. Ainsi, l'agent qui valorise le plus l'action collective ne contribue pas une part disproportionnée de l'action collective par rapport à sa part de bénéfices avec cette fonction de production. Concernant les articles qui tentent de répondre directement à notre question, plusieurs modèles théoriques ont été utilisés.

Par exemple, Diekmann (1993) dans un jeu du dilemme de prisonnier avec un joueur ayant une plus forte valorisation que l'autre à coopérer montre qu'il existe une stratégie mixte dans laquelle ce joueur adopte une stratégie de défection. Mc Ginty et Milam (2013) dans un jeu de contribution volontaire à un bien public avec une technologie de production classique et une fonction de coût convexe montrent que les agents contribuent une part égale à leurs parts de bénéfices. Dans un autre registre de modèle, celui des conflits, Nitzan et Ueda (2013) déterminent que selon le degré de convexité de la fonction de coût, l'agent qui supporte un effort de conflit disproportionné est soit l'agent avec la plus grande valorisation, soit l'agent avec la plus faible. Dans un autre type de modèle, Xu (1999) en supposant que l'information n'est pas commune en ce qui concerne le montant des contributions des agents à un bien commun, montre que l'agent qui valorise le moins l'action collective contribue une part disproportionnée de l'effort collectif, relativement à l'agent qui a le plus d'intérêt.

La littérature théorique montre bien des conditions dans lesquelles l'analyse d'Olson est contredite, nous nous en démarquons en partie en préférant nous focaliser sur l'effet de la technologie de production sur cette répartition du poids de l'effort collectif. La plupart de ces modèles supposent comme technologie de production d'un bien collectif une simple somme des contributions. Or, beaucoup d'actions collectives sont le fruit d'efforts plus ou moins complémentaires. Ainsi, nous souhaitons suivre les intuitions émises par Dorussen et al. (2009) et Thielemann et Armstrong (2013). Nous analysons comment varie le poids

de l'effort collectif entre les agents qui se différencient par leur intérêt avec une technologie de production de type CES. Pour réaliser cela, nous reprenons un modèle simple de production jointe, plus particulièrement celui de Ray et al. (2007). Ces auteurs modélisent une production jointe avec des agents qui ont des parts différentes de la production et analysent l'effet de l'inégalité sur l'efficacité du groupe.

Comme énoncé précédemment, une littérature importante s'est intéressée à la fourniture volontaire de bien public par des agents hétérogènes. La problématique abordée par cette littérature est un peu différente de la nôtre, qui pour rappel correspond à l'analyse de la répartition de l'effort collectif, et se focalise sur le lien entre inégalité et fourniture d'un bien public. Poursuivant les travaux d'Olson (1965), qui met en avant un lien positif entre l'inégalité et la fourniture d'un bien public, beaucoup d'auteurs se sont penchés sur ce lien et notamment sur l'intérêt d'une redistribution pour éventuellement accroître le bien-être de l'ensemble des agents (pour une première revue de littérature concernant ces papiers voir Cornes et Sandler 1996).

Dans cette littérature, il existe un résultat important et intensément discuté qui est le "théorème de la neutralité de la distribution" (War 1983, Bergstrom et al. 1986 entre autres). Ce dernier stipule que la fourniture du bien public total n'est pas impactée par les distributions des revenus des agents qui y contribuent. La discussion de cette littérature sur le lien entre bien public et inégalité est intéressante pour nous, car elle montre notamment l'effet de la forme de la fonction de production du bien public sur ce lien. En effet, certains auteurs montrent par exemple qu'avec des contributions qui sont complémentaires, au moins en partie, la réduction des inégalités peut être bénéfique pour augmenter la fourniture de bien public (c'est le cas par exemple de Cornes, 1993 et Ray et al. 2007, entre autres). Karainov (2009) montre, quant à lui, qu'avec des rendements d'échelles décroissants une plus grande inégalité peut augmenter la fourniture de bien public.

Conjointement à l'étude de la relation entre inégalité et fourniture de bien public, certains auteurs se sont intéressés à évaluer l'effet des inégalités sur le bien-être du groupe. Par exemple, Itaya et al. (1997) montrent que la redistribution de revenus des non-contributeurs vers les contributeurs augmente le bien-être total. Plus récemment Bardhan et al. (2007) montrent dans un cadre qui regroupent différents types d'actions collectives qu'une réduction des inégalités entre les contributeurs et non-contributeurs peut augmen-

ter le bien-être total dans certains cas, mais qu'il existe un niveau d'inégalité entre les contributeurs et non-contributeurs qui est optimal au sens de Pareto.

De l'ensemble de cette littérature, qui diffère un peu de la problématique abordé lors du chapitre 2, nous nous inspirons de l'intérêt de supposer une fonction de production de bien public qui ne correspond pas seulement à une simple somme de contributions.

Concrètement, dans ce second chapitre nous analysons dans un premier temps comment l'effort collectif et les bénéfices de l'action collective se répartissent. Nous supposons seulement deux agents qui se distinguent par un degré de valorisation différente de l'action collective. Nous créons une variable pour représenter la répartition du poids de l'effort collectif et observer son caractère équitable. Cette variable est le bénéfice par effort dépensé. Lorsque cette variable est égale pour deux agents qui ont des valorisations différentes, cela signifie que la répartition du poids de l'effort collectif correspond à celle des bénéfices. Nous remarquons que lorsque les contributions à la production commune sont plutôt substituables nous retrouvons le résultat d'Olson, donc le bénéfice par effort dépensé de l'agent qui a la plus faible valorisation est plus important. Par contre, le résultat s'inverse lorsque les efforts sont plutôt complémentaires, l'agent qui a la plus forte valorisation a un bénéfice par effort dépensé plus important.

Notre modèle permet de mettre en avant l'influence de la technologie de production sur l'impact des contributions des agents, selon leurs préférences, sur l'effort collectif. En effet, nous montrons que lorsque les contributions sont plutôt substituables, c'est l'augmentation du niveau d'effort de l'agent qui a la plus grande valorisation qui fait le plus croître l'effort collectif total fourni. Cependant, dès lors que la substituabilité entre les efforts diminue, c'est l'augmentation de l'effort de l'agent qui a un plus faible intérêt à l'action collective qui augmente le plus l'effort collectif total fourni.

Ensuite, nous cherchons à déterminer comment la répartition du poids de l'effort collectif varie lorsque les agents coopèrent pleinement. Nous formalisons la coopération comme étant une institution à laquelle les agents se soumettent et doivent contribuer pour maximiser les gains du groupe. Nous effectuons ce choix pour représenter ce qu'il se passe lorsque les agents ne cherchent plus à maximiser leurs gains propres, mais maximisent le gain du groupe. Ceci représentant un proxy des accords internationaux lorsque les pays les respectent. L'objectif est d'identifier quel agent a son bénéfice par effort dépensé qui augmente

le plus en coopérant. Pour ce faire, nous comparons la différence des bénéfices par effort dépensé des agents lorsqu'ils contribuent de manière volontaire et lorsqu'ils coopèrent. Cette manière de procéder cherche en partie à déterminer quel agent, en fonction de sa valorisation pour l'action collective, va préférer passer d'un comportement plutôt individualiste à un comportement coopératif, lorsqu'il prête attention au caractère équitable de la répartition de l'effort collectif.

Nous montrons que pour un certain de degré de substituabilité entre les efforts des agents, l'augmentation du bénéfice par effort dépensé est plus importante pour l'agent qui valorise le plus l'action collective lorsque les agents passent de contributions volontaires à coopératives. Par contre lorsque les efforts des agents sont plutôt complémentaires, l'augmentation des bénéfices par effort dépensé est plus importante pour l'agent qui a la plus faible valorisation de l'action collective lorsque les agents passent de contributions volontaires à coopératives. Ce dernier résultat peut expliquer pourquoi même si les agents contribuent un poids disproportionné, ils acceptent de participer à un accord coopératif en prenant en compte comme critère la répartition de l'effort collectif.

Dans la seconde partie du deuxième chapitre, nous reprenons la même problématique, mais nous changeons le cadre d'analyse et en particulier une hypothèse comportementale. Nous supposons dans cette partie que les agents ne sont plus parfaitement autocentrés, ce qui induit un cadre d'analyse qui a pour objectif de décrire une action collective à un niveau communautaire. Il s'agit d'un cadre où les agents se connaissent et fournissent un bien public de manière volontaire. Cela peut correspondre à un système d'irrigation (Dayton-Johnson 2000 et Marschall 2004) ou encore à un partage de connaissances dans une entreprise (voir Cabrera et Cabrera 2002). La technologie associée à ce type de production de bien commun correspond souvent à des efforts imparfaitement substituables, comme l'indique Ray et al. (2007) concernant la gestion d'un système d'irrigation.

Dayton-Johnson (2000) analyse la gestion d'un système d'irrigation local au Mexique et regarde l'influence des inégalités de répartition sociale sur l'efficacité de la maintenance locale. Il met en avant que la coopération locale pour entretenir ce type de bien public va notamment dépendre d'une règle de distribution proportionnelle aux terres détenus par les habitants, ainsi que du ressentiment que les personnes ont entre elles. Toute la littérature citée jusqu'à présent ne prend pas en compte le fait qu'il puisse y avoir du ressentiment

entre des agents participants à une même action collective. Elle part du principe que l'agent ne prend en compte que son intérêt propre pour déterminer son niveau de contribution à l'action collective. Cela peut être remis en question par des observations communes dans la vie réelle. Mais pour être plus rigoureux, il faut vérifier cela dans un cadre, disons "aseptisé".

L'économie expérimentale est une méthodologie empirique de l'économie qui, au travers d'expériences en laboratoire ou sur le terrain, cherche, entre autres, à vérifier des propositions théoriques. Cette méthodologie permet de tester au travers de différents jeux des hypothèses comportementales permettant d'expliquer le comportement économique des agents. Cette méthodologie s'intéresse à différents pans de l'économie, nous nous focalisons ici principalement aux papiers qui traitent du comportement des individus dans un jeu de contributions à un bien public. Il existe un consensus dans cette littérature concernant le fait que les individus contribuent plus à un bien public que ce que prédit la théorie (voir par exemple la revue de littérature de Ledyard ; 1995, ou encore celle de Chaudhuri ; 2011). Pour expliquer ce fait, les auteurs mettent en avant plusieurs explications. Parmi celles-ci certains auteurs mettent en avant l'existence de préférences sociales, c'est notamment le cas de Fehr et Gächter (1999). Ces préférences sociales expriment l'idée que les agents ne sont pas totalement autocentrés lorsqu'ils prennent la décision de contribuer au bien public. Il existe deux grandes préférences sociales mises en avant pour expliquer le comportement des individus en contribuant au bien public qui sont l'altruisme et la réciprocité (dans le sens de coopération conditionnelle imparfaite). Il existe plusieurs manières de représenter ces préférences sociales, nous allons concentrer notre analyse sur les papiers qui introduisent un paramètre précis pour expliciter ces préférences (voir Levine ; 1998, pour un exemple de formalisation de ces préférences sociales dans un même modèle).

Cette littérature ne remet pas totalement en cause l'idée qu'il existe un comportement de *passager clandestin*, mais plutôt qu'il n'existe pas que ce type de comportement. Concrètement, cela signifie qu'un agent va maximiser son utilité, en ne prenant pas seulement en compte ses gains propres, mais aussi, les gains des autres agents du groupe en déterminant son niveau de contribution au bien public.

Certains papiers d'économie expérimentale se sont intéressés à la répartition du poids

de l'effort collectif. Chan et al. (1999) s'intéressent à l'effet de la communication dans un jeu de contributions volontaires à un bien public avec des agents qui ont différents niveaux de dotations et de préférences du bien public. Ils expliquent que les agents qui ont une dotation plus importante et une plus grande préférence dans l'action collective vont plus contribuer à cette dernière. Cependant, la théorie standard affirme que les agents qui ont de plus faibles incitations vont moins contribuer au bien public, Chan et al. (1999), quant à eux, montrent que ces agents augmentent leur contribution à mesure que le jeu se déroule. Maurice et al. (2013), vont aussi remettre en cause un résultat standard de la théorie en observant expérimentalement que les sujets "pauvres" sur-contribuent par rapport aux sujets "riches".

Buckley et Croson (2006) ont une analyse plus proche de la nôtre. Toujours dans un jeu de contributions volontaires à un bien public avec des agents qui sont hétérogènes en termes de richesses, ils testent si l'altruisme et l'aversion à l'inégalité peuvent expliquer le montant des contributions des participants. Leur résultat est que ces préférences sociales n'expliquent pas leurs résultats expérimentaux. De manière surprenante, les sujets les moins riches contribuent le même montant absolu que des sujets plus riches. Enfin, un troisième papier expérimental qui nous permet d'appuyer l'intérêt d'analyser la répartition du poids de l'effort collectif avec des préférences sociales est celui de Kesternich et al. (2014). Dans un jeu de contributions volontaires à un bien public, ils testent l'effet de règles de répartition de l'effort collectif sur l'efficacité du groupe et les gains nets des agents. Ils montrent que la coopération à l'intérieur d'un groupe peut être améliorée lorsque les répartitions du poids de l'effort collectif et des bénéfices sont équitables. Ce résultat met en avant l'idée que les agents ont une préférence pour l'équité lorsqu'ils sont hétérogènes.

À travers cette littérature, nous voyons bien l'intérêt que peut avoir l'analyse de la répartition du poids de l'effort collectif avec des préférences sociales. Les individus, lors d'expériences, semblent déterminer leur niveau de contribution en prenant en compte, notamment, la répartition des efforts et des bénéfices, ce qui remet, partiellement, en question l'hypothèse selon laquelle les agents sont parfaitement autocentrés.

La seconde partie de notre second chapitre se concentre ainsi sur la répartition du poids de l'effort collectif lorsque l'on suppose des agents qui ne sont plus parfaitement autocentrés, mais qui peuvent avoir un regard bienveillant ou malveillant vis-à-vis des

autres participants à l'action collective. L'objectif est d'analyser comment une préférence sociale influence la répartition du poids de l'effort collectif. Nous montrons qu'à mesure que les agents sont bienveillants, la répartition du poids de l'action collective est de plus en plus favorable à l'agent qui a la plus forte valorisation. Nous exprimons aussi un degré de préférence sociale qui rend la répartition de l'effort collectif équitable entre les agents. Ce degré de préférence sociale dépend de l'écart de valorisation des agents et du degré de complémentarité entre les efforts des agents. Ce dernier point nous permet de mettre en exergue la relation entre la complémentarité des efforts et le paramètre de préférence sociale sur la répartition de l'effort collectif. À mesure que la complémentarité entre les efforts augmente, le degré de préférence sociale permettant à l'agent qui valorise le plus l'action collective d'obtenir un bénéfice par effort dépensé plus important, diminue.

En somme, les deux premiers chapitres de cette thèse sont d'avantages liés à l'analyse originale de Mancur Olson. Quand le premier chapitre analyse le *paradoxe de la taille de groupe*, le second s'intéresse à la répartition du poids de l'effort collectif, deux problématiques mises en avant par Olson (1965) et intensément discutées jusqu'à aujourd'hui. En ce qui concerne le troisième chapitre, nous nous écartons un peu de l'analyse d'Olson pour nous intéresser à une problématique étudiée principalement en biologie évolutive qui vise à identifier le comportement des agents lorsque leur environnement se dégrade. Nous nous intéressons à cette question parce qu'elle nous semble correspondre à une interrogation contemporaine.

En raison du processus de dérèglement climatique, mis en évidence notamment à travers le rapport Meadows dès 1972, le système économique dans lequel nous vivons risque à terme de dégrader les conditions de vie de l'ensemble des êtres vivants à l'échelle de la planète. La dégradation de l'environnement apparaît clairement dans l'histoire de l'humanité comme responsable de grands bouleversements. Ehrlich et Ehrlich (2013) rappellent que des civilisations passées ont connu des effondrements et que pour certaines de ces civilisations la surexploitation des ressources, ayant entraîné une dégradation de l'environnement, serait une des causes de leur effondrement. Ces auteurs précisent qu'à présent l'ensemble de l'humanité est interconnecté, augmentant potentiellement le risque pour l'humanité de subir de fortes dégradations de ses conditions de vie à l'échelle de la planète et non plus seulement à une échelle locale. Dans ce contexte de changement climatique,

Hovi et al. (2015) rappellent que les négociations internationales aboutissent à de faibles résultats pour inverser le processus en cours.

Par conséquent, dans ce troisième chapitre nous nous posons dans un contexte où l'environnement économique est dégradé. Nous cherchons à déterminer de manière formelle les incitations économiques qui vont plutôt favoriser une contribution à un bien public ou un effort de conflit dans le cadre d'un environnement économique dégradé. Nous restons toujours dans l'analyse du problème d'action collective, mais dans un contexte où des agents vont faire un arbitrage entre leur niveau de fourniture à un bien public et leur niveau d'effort de conflit dans un environnement économique dégradé. Afin de bien comprendre ce que nous faisons dans ce chapitre, nous allons exposer une littérature qui n'est pas purement économique, à savoir la littérature en biologie évolutive qui nous a motivés à traiter cette question. Puis nous présenterons les modèles économiques qui nous ont inspirés pour formuler le nôtre, à savoir les modèles dits " production et conflit ".

2.3 La participation à l'action collective face à l'adversité et l'arbitrage entre production collective et conflit

Dès 1902, Kropotkine (naturaliste et géographe russe) met en avant que dans un environnement aux conditions de vie difficiles, voire extrêmes, la coopération peut être une stratégie adoptée par les êtres vivants, notamment les humains, pour faire face à l'adversité de l'environnement. Récemment, cette question est traitée de manière formelle notamment en biologie évolutive. Lazarus (2017) effectue une revue de littérature importante sur la relation entre l'adversité et la coopération. Il met en avant que chez beaucoup d'espèces vivantes lorsque l'environnement se dégrade (ou est plus adverse) elles coopèrent plus. Cependant pour les êtres humains cette relation est moins stable. En effet, lorsque l'environnement est adverse les observations montrent des comportements antagonistes selon les contextes, soit une très forte coopération ou à l'inverse une prédominance de comportements individualistes. Partant de ces observations, Lazarus (2017) modélise une relation entre la coopération et l'adversité en U inversé. Si l'adversité est faible, la coopération augmente avec l'adversité, mais pour un niveau d'adversité suffisamment important la coopération diminue avec l'adversité.

Nous précisons que cette branche de la biologie utilise aussi la théorie des jeux pour

étudier des questions de recherches. Cependant cette branche de la biologie utilise des concepts et une méthodologie qui diffèrent de ceux utilisés en économie. Dans les papiers que nous allons citer, et qui ont motivé ce troisième chapitre, les agents ont souvent un choix binaire entre participer à l'action collective ou ne pas participer, notons que d'autres papiers en biologie évolutive ne supposent pas un choix binaire. Dans ces modèles de biologie évolutive que nous allons expliciter, la coopération correspond au choix de participer à l'action collective sans nécessairement se coordonner. Notons qu'en économie, nous définissons la coopération comme étant une coordination entre des agents pour déterminer leur niveau individuel de contribution afin d'améliorer le bien-être du groupe dans son ensemble. Il s'agit là d'une différence sémantique entre la science économique et la biologie évolutive, en présentant ces papiers de biologie nous présenterons brièvement les méthodologies utilisées.

Depuis Axelrod (1984) et son analyse du dilemme du prisonnier⁴, cette branche de la biologie s'intéresse aux stratégies évolutivement stables dans ce jeu. Bendor (1993) utilise ce cadre et y introduit de l'incertitude dans les gains liés aux combinaisons des stratégies adoptées par chacun des joueurs. Cette incertitude concerne les stratégies que l'autre joueur va mettre en place. De cette manière est traduite l'idée d'un environnement adverse. Il montre que l'incertitude peut engendrer une diminution des gains d'un joueur qui souhaite initialement coopérer. Dans le même temps il montre que l'incertitude peut amener les joueurs à coopérer en permettant d'instaurer de la réciprocité entre ces derniers. L'incertitude est utilisée pour décrire un environnement adverse, car elle décrit un risque de subir des dégâts. Andras et al. (2007) montrent dans un modèle de simulation basé sur le niveau des agents⁵ qu'un état de nature hostile et incertain favorise la coopération. Dans leur modèle, l'adversité impacte le montant de ressources nécessaires pour survivre. L'incertitude est modélisée par la variance concernant l'obtention de la ressource nécessaire. Krams et al. (2009) arrivent à une conclusion similaire à Andras et al. (2007), à savoir qu'un environnement plus hostile augmente la coopération. L'hostilité de l'environnement est décrite par l'augmentation du risque de prédation. Moreira et al. (2013) montrent que des effets stochastiques peuvent rendre viable évolutivement la coopération face au

4. Axelrod est un politiste qui utilise cette méthodologie pour résoudre le dilemme du prisonnier.

5. Il s'agit de techniques de modélisation qui tentent de démontrer des propriétés globales à partir de comportements individuels.

risque. Enfin, Andras (2018) tente d'affiner le lien entre la coopération et l'incertitude en incluant un processus d'apprentissage social. Il montre que la relation entre la coopération et l'incertitude est positive. Cependant, l'effet de l'apprentissage social est d'autant plus important pour la coopération que l'incertitude sur l'environnement est faible.

L'ensemble de ces articles détermine qu'un environnement adverse est un environnement incertain et qu'il existe une relation positive entre la coopération et l'incertitude. Cependant, l'incertitude n'est pas l'unique manière de formaliser l'adversité d'un environnement. Par exemple, Smaldino et al. (2013) dans un modèle de simulation basé au niveau d'agents font l'hypothèse que les agents ont besoin d'un minimum de coopération pour survivre (décrivant une relation d'interdépendance entre eux). L'adversité de l'environnement est décrite de deux manières : en fonction du coût de coopération non réciproque (le coût de coopération d'un agent lorsqu'il coopère avec un agent non coopératif) et en fonction du coût environnemental de vie (le coût, pour un agent, des interactions avec autrui qui sont nécessaires pour vivre). Dans ce modèle Smaldino et al. (2013) montrent qu'à court terme la stratégie coopérative est perdante face à celle de la défection lorsque l'adversité de l'environnement augmente. Cependant, à long terme la coopération peut être une stratégie gagnante. Richter et al. (2013) ont une approche originale de la question, avec un modèle de gestion commune d'une ressource. Ils modélisent la coopération par la transmission de normes sociales permettant ainsi aux coopérateurs de convaincre les non-coopérateurs de coopérer. L'adversité est représentée par la diminution de quantité de ressources disponibles. Leur principal résultat est que la diminution des quantités de ressources augmente l'attractivité du comportement non coopératif, aggravant de ce fait le problème de *la tragédie des communs*, à savoir la surexploitation de la ressource.

Dans un cadre d'analyse plus proche que ceux que nous utilisons dans cette thèse, mais toujours avec la terminologie de la biologie évolutive, De Jaegher (2017) analyse la relation entre la coopération et l'adversité dans un jeu de contribution volontaire à un bien public. À travers un modèle standard de fourniture d'un bien public, l'augmentation de l'adversité passe par l'augmentation de la complémentarité entre les efforts des agents pour fournir le bien public. Il argumente ce choix en affirmant que si la complémentarité entre les efforts augmente, cela met en évidence que l'effort de chacun des agents est nécessaire pour produire le bien public, et qu'il est donc potentiellement plus difficile de produire le

bien public. De Jaegher montre que la relation entre l'adversité et la coopération dépend surtout du coût de coopération. Pour un fort coût de coopération, si l'adversité est faible cela va entraîner une baisse du nombre de coopérateurs. Par contre, dans le cas où le coût de coopération est faible, un faible niveau d'adversité va augmenter le nombre de coopérateurs.

Un autre pan de la littérature analyse la relation entre l'adversité et la coopération en utilisant un type de modèle bien particulier qui est le dilemme social avec risque collectif. Il s'agit d'un type de modèle particulier que nous souhaitons aborder dans cette revue de littérature, car il apporte une analyse originale sur cette question. Dans ce type de modèle, un groupe d'agents a accès à une ressource commune afin d'obtenir une dotation. Ensuite, ils choisissent de coopérer en remettant la dotation dans la ressource commune ou de ne pas coopérer en gardant la dotation pour eux-mêmes. S'il n'y a pas assez de ressources communes, il y a une probabilité pour qu'il n'y ait aucun bénéfice pour les agents. Santos et Pacheco (2011) montrent que le risque de ne rien obtenir du bien commun peut amener la stratégie coopérative à dominer. Chen et al. (2012) changent la modélisation, en faisant en sorte que la probabilité de tout perdre soit une fonction de la contribution au bien commun. Dans leur modèle, le groupe se fixe un objectif de seuil à atteindre concernant montant de contribution au bien commun. Chen et Perc (2014) mettent en avant qu'une ressource abondante peut détériorer la coopération. Cela montre une relation positive entre l'adversité et la coopération, car s'il y a moins de ressources disponibles la coopération sera plus forte.

L'ensemble de ces papiers modélise l'adversité ou la dégradation d'un environnement de plusieurs manières, à travers l'incertitude, la difficulté de coopérer ou encore la diminution des quantités disponibles de biens dans un environnement donné. Comme nous l'avons précisé plus haut, au regard du contexte actuel, nous prenons la dégradation de l'environnement comme un fait et non une probabilité. Autrement dit, dans notre troisième chapitre nous allons modéliser une dégradation effective de l'environnement et non une probabilité de dégradation.

Dans l'ensemble des modèles cités ci-dessus analysant la relation entre l'adversité et la coopération, l'action alternative à la coopération étant la défection. De plus, dans la plupart de ces modèles les agents ont le choix entre participer ou ne pas participer. Or,

il est communément admis qu'une dégradation de l'environnement peut augmenter l'occurrence de conflit. Cette idée est assez bien représentée par les conflits en relation avec l'eau, que ce soit sur sa disponibilité ou sa gestion. Le *Pacific institute* a créé une base de données qui répertorie tous les conflits portant sur la consommation d'eau dans le monde depuis l'ère Mésopotamienne. Dans cette base de données, nous remarquons que beaucoup de conflits sont liés à une diminution des quantités disponibles d'eau en raison d'une sécheresse ou d'une surexploitation de cette ressource. Ce comportement conflictuel peut aussi être effectif après le passage de catastrophes naturelles, avec pour exemple l'Ouragan Katrina en Floride en 2005, où des scènes de pillages ont été constatées. Cependant, comme l'explique Slettebak (2012), une importante littérature s'est spécialisée sur la relation entre catastrophes naturelles et conflits civils, sans aucun consensus empirique. Son papier quant à lui démontre qu'il existe une relation négative entre l'occurrence de catastrophe naturelle et de conflits civils. En somme, il semble exister une relation entre le conflit et la dégradation de l'environnement. Notre troisième chapitre se donne pour objectif d'analyser deux types de comportements lorsque l'environnement économique se dégrade : l'un conflictuel et l'autre collectif. Cette analyse peut être décrite par la question suivante : est-ce qu'un environnement plus rude augmente l'intensité d'un conflit ou la participation à une action collective ?

Nous allons donc réaliser une analyse théorique et économique afin d'identifier les incitations économiques favorisant soit un effort de conflit soit un effort collectif. Notre analyse se situe dans un cadre économique qui a pour objectif de compléter la littérature pluridisciplinaire traitant de la relation entre l'adversité d'un environnement et la participation à une action collective (explicitée notamment dans Lazarus, 2017).

Pour traiter cette question, nous allons utiliser un cadre purement économique et qui s'inspire grandement des modèles dits "Production et conflit". L'idée générale de ces modèles peut être résumée par cette citation de W. Pareto que l'on retrouve dans le papier de Hirshleifer (1988) : "*Les efforts des hommes sont utilisés de deux différentes manières : ils sont tournés vers la production ou la transformation de biens économiques ou bien vers l'appropriation de biens produits par d'autres*". Dans ce papier, Hirshleifer met en lumière les différentes possibilités de formalisations de ce genre de modèle. Dans ces derniers, les agents ont une dotation qu'ils allouent soit vers une production commune,

soit vers un conflit pour accaparer individuellement cette même production commune. Hirshleifer (1988) insiste sur le fait qu'il peut exister différentes technologies de conflits ou de production du bien commun, généralement divisible. Il montre qu'il existe un équilibre dans lequel les agents fournissent aussi bien un effort de production et un effort de conflit.

Hirshleifer (1995) établit certains résultats pour ce type de modèle. Par exemple, il montre que si les efforts de conflits sont très décisifs les agents allouent une grande partie de leur dotation vers le conflit. Il montre aussi que si la taille du groupe augmente, l'effort de conflit augmente au détriment de la contribution à la production collective. Skaperdas (1991) revisite le modèle de Hirshleifer (1988) en y introduisant notamment une notion de risque. Il analyse l'effet de différents comportements face au risque sur l'effort de conflit. Il montre qu'un agent preneur de risque implique une plus grande intensité dans le conflit. Skaperdas (1992) poursuit avec l'analyse d'un modèle dans lequel les droits de propriété ne sont pas assurés et où le pouvoir entre les agents diffère. Ce pouvoir se matérialise par une différence dans la capacité de coercition. Enfin, Hausken (2005) réalise une comparaison des résultats de modèles de "Production et conflit" avec ceux de conflits purs. Ce papier permet de récapituler un ensemble de résultats de ces deux types de modèles et de comparer ces résultats. Ces modèles de "Production et Conflit" nous permettent d'analyser l'arbitrage que peut faire un agent entre participer à un conflit ou un effort collectif. Mais ce que nous cherchons à réaliser dans ce troisième chapitre consiste à établir comment cet arbitrage varie lorsque l'environnement économique se dégrade.

Pour ce faire, nous réalisons un modèle où les agents retirent de l'utilité en consommant deux biens. Les agents retirent d'une part de l'utilité en captant une ressource par le conflit et d'autre part en contribuant de manière volontaire à un bien public. Afin de répondre à notre problématique principale, qui est d'identifier si l'interaction entre des agents est plus ou moins conflictuelle lorsque l'environnement se dégrade, nous supposons que le bien public et la ressource captée par le conflit sont diminués par des paramètres de dégradation. Nous appelons respectivement ces paramètres : dégradation des gains de captation de la ressource et dégradation de la fourniture du bien public. Dans un premier temps, nous supposons une fonction d'utilité Cobb-Douglas. Cette spécification de la fonction d'utilité permet de mettre en lumière des relations simples entre les variables et les paramètres de notre modèle. Nous mettons en avant une condition suffisante pour laquelle le niveau de

contribution au bien public est toujours plus important que le niveau d'effort individuel de conflit. Cette condition stipule que le niveau de dégradation impactant le bien public doit être suffisamment important relativement au niveau de richesse agrégée. Ensuite, nous montrons que les agents augmentent leur effort de conflit lorsque les gains de la captation de la ressource de conflit diminuent. Cependant, l'effort de conflit diminue lorsque la dégradation impactant la fourniture du bien public et lorsque le montant de ressource conflictuelle augmente. Ce résultat nous permet d'affirmer que les agents allouent leur dotation individuelle afin de compenser la perte directe sur l'utilité retirée d'un des biens.

Ensuite, nous effectuons le même modèle, mais en changeant la forme de la fonction d'utilité. Cela a pour but de vérifier si la relation entre l'effort de conflit et les paramètres de dégradations reste stable, en changeant la forme de la fonction d'utilité. De plus, comme le démontre le papier de Dickson et al. (2018), la forme de la fonction d'utilité change la relation entre l'effort et le montant de ressource de conflit. Nous souhaitons analyser si nous retrouvons ce changement dans notre modèle et ce qu'il peut apporter en plus dans l'analyse de la relation entre le montant d'effort de conflit fourni et le montant de ressource de conflit. Pour ce faire, nous prenons une fonction d'utilité de type CES.

Nous montrons que la forme de la fonction d'utilité ne change pas la relation entre l'effort de conflit et les paramètres représentant la dégradation de l'environnement. L'effort de conflit augmente avec le montant de dégradation diminuant les gains de captation de la ressource, mais diminue avec le montant de dégradation impactant la fourniture de bien public. Par contre, nous montrons que la relation entre l'effort et la ressource de conflit est non monotone lorsque la fonction d'utilité est de forme CES. Le signe de la relation dépend du degré de substituabilité entre le bien public et la ressource de conflit. Si les gains de captation de la ressource de conflit et l'utilité retirée de la fourniture du bien public sont suffisamment complémentaires, l'effort de conflit diminue avec le montant de la ressource de conflit. Par contre, pour que la relation soit positive entre l'effort et le montant de ressource de conflit, il faut que les deux biens soient suffisamment substituables et que la dégradation impactant les gains de captation de la ressource soit relativement faible. Ce résultat apporte donc une spécificité par rapport à la littérature qui traite exclusivement des conflits. Cette littérature stipule une relation croissante entre ces deux variables, à l'exception de l'analyse de Dickson et al. (2018). Notre modèle montre que finalement, il

faut une condition particulière pour que l'effort de conflit augmente avec le montant de ressource.

Pour le reste de notre thèse, nous aurons donc trois chapitres, qui étudient les différents choix de contributions à une action collective dans des contextes spécifiques et selon différents paramètres. Le premier aborde la question de la relation entre la taille du groupe et son efficacité. Le second chapitre quant à lui se concentre sur la question de la répartition de l'effort collectif. Enfin, le troisième et dernier chapitre se focalise sur les incitations économiques explicitant un arbitrage entre participer à une action collective ou un conflit lorsque l'environnement économique est dégradé.

Chapitre 1

Taille de groupe, action collective et complémentarité dans les efforts

1.1 Introduction

Selon Olson (1965) des plus grands groupes sont moins efficaces que des plus petits groupes parce qu'ils font face à un plus grand problème de *passager clandestin* ou d'action collective¹. Pourtant, même si les individus contribuent moins dans des grands groupes, cela n'implique pas nécessairement qu'ils produisent des niveaux plus faibles d'efforts collectifs vu que - par définition - un plus grand nombre de membres peut contribuer à l'action du groupe. Esteban et Ray (2001), considèrent un concours entre groupes pour un prix qui peut avoir des caractéristiques mixtes publiques/privées, et montrent que le paradoxe de la taille de groupe dépend principalement du degré de convexité du coût d'effort relativement au degré de rivalité du prix. Si les membres des groupes ont des coûts marginaux constants et si le prix a un certain degré de rivalité - impliquant que la valeur par tête du prix diminue avec la taille de groupe - alors les plus grands groupes sont moins efficaces, comme c'est établi par Olson (1965). Cependant, le *paradoxe de la taille du groupe* est pleinement renversé quand la fonction de coût à l'élasticité d'une fonction quadratique (ou plus) même si le prix est purement privé et pleinement divisible entre les membres d'un plus grand groupe. La raison en est que le plus haut niveau de contribution individuelle à l'intérieur d'un plus petit groupe n'est pas suffisant - en raison de la convexité du coût - pour contrebalancer le plus faible nombre de contributeurs.

Dans ce papier, nous considérons aussi un concours entre deux groupes de tailles différentes pour un prix qui a un certain degré de rivalité compris entre un bien public pur et un bien privé pur. De plus, nous supposons que les membres des groupes font face à des coûts marginaux de contribution à l'action collective constants ou convexes. Cependant, à la différence de Esteban et Ray (2001) qui supposent, parmi d'autres, une somme pour agréger les contributions individuelles, nous considérons que le niveau effectif de l'action du groupe est donné par une technologie CES. Cette généralisation nous permet de prendre en compte la possibilité que les efforts des membres d'un groupe dans une action collective sont complémentaires. En effet, comme Alchian et Demsetz (1972) le soulignent, nous pouvons affirmer qu'une équipe ou un groupe de production existe car il peut exploiter la complémentarité des intrants, et cela doit être particulièrement vrai

1. Pour une revue de littérature sur le *paradoxe de la taille de groupe*, voir Pecorino (2015).

quand l'activité du groupe a pour objectif de contrer les activités des groupes avec lesquels ils concourent.

Le principal résultat de notre analyse est que le plus grand groupe a une plus forte probabilité de succès que le plus petit groupe si le degré de complémentarité entre les efforts des membres des groupes est suffisamment important relativement au degré de rivalité du prix. Par exemple, dans un cas extrême où les coûts sont linéaires *et* le prix est entièrement privé - ce qui correspond au pire scénario pour le plus grand groupe dans le modèle standard - nous trouvons qu'une élasticité de substitution entre les efforts individuels inférieure à 2 est suffisante pour rendre le plus grand groupe victorieux. Ce papier complète celui de Esteban et Ray (2001) en montrant que les plus grands groupes peuvent être plus efficaces en dépassant leur problème de *passager clandestin* avec des plus haut degrés de complémentarité des efforts individuels. De plus, nous montrons qu'avec un relatif plus haut degré de complémentarité entre les efforts, les membres d'un plus grand groupe peuvent obtenir un gain net plus important que les membres des plus petits groupes. Par conséquent, en analysant la fonction de gain net individuel nous montrons que la complémentarité peut contrebalancer l'effet direct néfaste de la divisibilité du prix, qui impacte à un plus haut degré les membres du plus grand groupe. Ce résultat contraste avec l'analyse des gains nets dans Esteban et Ray (2001).

Quelques récents papiers analysent des concours entre les groupes où les efforts des membres des groupes ne sont pas parfaitement substituables. Lee (2012) considère un concours entre groupes pour un prix spécifique au groupe public, avec une technologie de type *weakest-link*, alors que Chowdhury et al. (2013) supposent l'autre cas extrême en considérant une technologie de type *best-shot*. Plus proche de notre présente analyse, Kolmar et Rommeswinkel (2013) font l'hypothèse que l'effort du groupe est donné par une fonction CES des efforts des membres du groupe et considère des membres qui sont hétérogènes dans leur valorisation d'un bien public pur. Un des effets de cette hétérogénéité, est que les groupes avec un plus haut niveau de complémentarité entre les efforts des membres sont moins efficaces que des groupes similaires avec une plus faible complémentarité. Cependant, ils supposent que les individus font face à des coûts linéaires et les groupes concourent pour un bien public pur. Dans ce présent papier, tous les agents ont la même valorisation du prix et, par conséquent nous nous attardons prin-

principalement sur le problème d'action collective en fonction de la taille de groupe quand le prix est un bien public impur. En supposant des membres de groupes homogènes, nous trouvons que la probabilité de succès du concours du plus grand groupe augmente avec le degré de complémentarité entre les efforts. Cela confirme l'intuition commune que la complémentarité entre les efforts des membres du groupe peut, en soi, atténuer l'effet du problème de *passager clandestin*. De plus, alors que Kolmar et Rommeswinkel (2013) concentrent principalement leur analyse sur les probabilités de succès, nous nous attardons à la fois sur les probabilités de succès et sur les gains nets des agents. Notre modèle fournit un cadre général permettant une typologie des différents cas évoqués dans la littérature concernant la relation entre la taille d'un groupe et son efficacité.

1.2 Le modèle

Nous supposons deux groupes A et B avec respectivement n_A et n_B membres identiques, qui concourent pour un prix public impur Y . Nous notons par $e_j \equiv (e_{1j}, e_{2j}, \dots, e_{n_jj})$ le vecteur des efforts individuels du groupe j pour $j = A, B$. L'effort du groupe dépend des efforts des membres selon une fonction CES, qui est

$$F(\mathbf{e}_j) = \left(\sum_{i=1}^{n_j} e_{ij}^\sigma \right)^{\frac{1}{\sigma}} \quad \text{for } j = A, B, \quad (1.1)$$

où $\sigma \in (-\infty, 0) \cup (0, 1]$ mesure le degré de complémentarité entre les efforts individuels. L'élasticité de substitution est $1/(1 - \sigma)$. Pour $\sigma = 1$, nous avons une parfaite substituabilité entre les efforts individuels et Eq. (1) devient une simple somme des efforts individuels, i.e. $F(\mathbf{e}_j) = \sum_j e_{ij}$. Pour $\sigma \rightarrow -\infty$, nous avons une parfaite complémentarité et à la limite nous obtenons $F(\mathbf{e}_j) = \text{Min}\{e_{ij}\}$ (qui correspond à une fonction nommée "weakest-link").

Cette structure CES pour le vecteur de contributions individuelles a été utilisée par, entre autres, Cornes et Hartley (2007) et Ray et al. (2007) dans un jeu de bien public; et par Münster (2009) et Kolmar et Rommeswinkel (2013) dans un environnement de concours. Cependant, quand σ passe d'une valeur positive à une valeur négative, la nature du modèle change structurellement ce qui n'est pas mentionné dans la littérature à l'exception notable, à notre connaissance, de Cubel et Sanchez-Pages (2014). En effet, pour $\sigma < 0$ et un niveau donné d'effort individuel, la production totale est plus faible quand le groupe

est composé de deux membres (ou plus) que lorsqu'il y a qu'un seul membre.² Bien que ce fait peut trouver un support dans des situations où, par exemple, des managers d'une entreprise avec des capacités semblables fournissent des efforts qui s'empîent les uns des autres pour consolider leur propre poste de pouvoir (voir par exemple, Miles et Watkins, 2007), cela fait moins sens pour traiter du problème d'action collective entre des groupes dans un contexte de compétition entre ces groupes. Dans ce qui suit, nous restreignons donc l'analyse à $\sigma \in (0, 1]$.

La probabilité de succès du groupe j , pour $j = A, B$ et $j \neq k$, est donnée par la fonction de succès au concours suivante, i.e

$$p_j(\mathbf{e}_j, \mathbf{e}_k) = \begin{cases} \frac{F(\mathbf{e}_j)}{F(\mathbf{e}_j) + F(\mathbf{e}_k)} \text{ si } F(\mathbf{e}_j) + F(\mathbf{e}_k) \neq 0, \\ \frac{1}{2} \text{ autrement.} \end{cases} \quad (1.2)$$

Tous les individus dans les deux groupes ont la même valorisation du prix. Le gain net individuel du membre i appartenant au groupe j est donc

$$\pi_{ij}(e_{ij}, \mathbf{e}_j, \mathbf{e}_k) = p_j(\mathbf{e}_j, \mathbf{e}_k) \frac{Y}{n_j^\beta} - c(e_{ij}). \quad (1.3)$$

$\beta \in [0, 1]$ mesure le degré de rivalité du prix Y . Pour $\beta = 0$, le prix est un bien public pur alors que pour $\beta = 1$, ce bien est entièrement privé et divisible entre les membres du groupe. Plus β est élevé, plus le prix est rival. Nous allons aussi supposer que le coût d'effort individuel est isoelastique, i.e,

$$c(e_{ij}) = \frac{1}{\gamma} e_{ij}^\gamma \text{ pour } i = 1, 2, \dots, n_j, j = A, B \text{ et } \gamma \geq 1. \quad (1.4)$$

Nous obtenons la proposition suivante.³

Proposition 1 : *Le jeu du concours entre groupes admet un équilibre de Nash en stratégie pure. À l'équilibre, le niveau d'effort des membres i dans le groupe j , pour $j = A, B$ et $j \neq k$, est donné par la condition du premier ordre suivante*

$$\frac{\partial F(\mathbf{e}_j)}{\partial e_{ij}} \frac{F(\mathbf{e}_k)}{[F(\mathbf{e}_j) + F(\mathbf{e}_k)]^2} \frac{Y}{n_j^\beta} - e_{ij}^{\gamma-1} = 0, \quad (1.5)$$

2. Considérons un niveau d'effort individuel tel que $e > 0$, alors la fonction de production avec n membres de groupe devient $F(\mathbf{e}) = n^{1/\sigma} e$, qui atteint un maximum à $n = 1$ pour $\sigma < 0$.

3. La preuve de la Proposition 1 – qui tient pour $\sigma \in \{(-\infty, 0) \cup (0, 1]\}$ – est donnée en Annexe.

où $\partial F(\mathbf{e}_j) / \partial e_{ij} = \left[\sum_j e_{ij}^\sigma \right]^{\frac{1}{\sigma}-1} e_{ij}^{\sigma-1}$.

Nous nous attardons à présent sur l'équilibre symétrique intérieur tel que tous les membres dans un groupe fournissent le même niveau d'effort qui est $e_{ij} = e_j$ pour tout $i = 1, 2, \dots, n_j$ and $j = A, B$. Dans ce cas, nous avons $F(\mathbf{e}_j) = n_j^{1/\sigma} e_j$ et $\partial F(\mathbf{e}_j) / \partial e_{ij} |_{e_{ij}=e_j} = n_j^{(1-\sigma)/\sigma}$. Les conditions du premier ordre (1.5) de chacun des groupes peuvent être réécrites comme :

$$\frac{n_j^{(1-\sigma)/\sigma} n_k^{1/\sigma} e_k}{[F(\mathbf{e}_j) + F(\mathbf{e}_k)]^2} \frac{Y}{n_j^\beta} = e_j^{\gamma-1}. \quad (1.6)$$

Par conséquent, de ces deux conditions d'équilibres, nous pouvons obtenir

$$e_j = \left(\frac{n_k}{n_j} \right)^{(1+\beta)/\gamma} e_k. \quad (1.7)$$

À l'équilibre symétrique intra-groupe, la probabilité de succès du groupe j – pour $j = A, B$ et $j \neq k$ – est donc donnée par

$$\begin{aligned} p_j(\mathbf{e}_j^*, \mathbf{e}_k^*) &= \frac{n_j^\theta}{n_j^\theta + n_k^\theta} \\ \text{où } \theta &= \frac{1}{\sigma} - \frac{1+\beta}{\gamma}. \end{aligned} \quad (1.8)$$

Nous obtenons la proposition suivante.

Proposition 2 : *Le plus grand groupe a une plus grande probabilité de succès que le plus petit groupe si et seulement si $\sigma \in (0, \min \{\gamma/(1+\beta), 1\}]$.*

En utilisant (1.6) et (1.7), le niveau d'équilibre de l'effort individuel à l'équilibre symétrique intra-groupe, pour $j = A, B$ et $j \neq k$, est donné par

$$e_j^* = \left[\frac{n_j^{\theta-1} n_k^\theta}{[n_j^\theta + n_k^\theta]^2} \frac{Y}{n_j^\beta} \right]^{\frac{1}{\gamma}}. \quad (1.9)$$

Nous obtenons $e_j^* > e_k^*$ si $n_k^{1+\beta} > n_j^{1+\beta}$. Ce qui est l'illustration du problème de *passager clandestin* : les membres du plus grand groupe fournissent de plus faibles niveaux d'efforts que dans le plus petit groupe. Finalement, en substituant (1.8) et (1.9) dans (1.3), le gain net individuel à l'équilibre symétrique intra-groupe est donné, pour $j = A, B$ et $j \neq k$, par

$$\pi_j^*(\mathbf{e}_j^*, \mathbf{e}_k^*) = \frac{n_j^{\theta-\beta} \left[\gamma (n_j^\theta + n_k^\theta) - n_j^{-1} n_k^\theta \right]}{\gamma \left[n_j^\theta + n_k^\theta \right]^2} Y. \quad (1.10)$$

1.3 Le paradoxe de la taille de groupe

Dans cette Section, nous déterminons quand le paradoxe de la taille du groupe est présent et quand il est renversé selon plusieurs paramètres. Nous considérons dans un premier temps que les efforts des membres des groupes sont parfaitement substituables, i.e. $\sigma = 1$. Donc chaque effort de groupe est donné par la somme arithmétique des contributions individuelles. Cela correspond à l'hypothèse standard de la littérature traitant des concours de groupes. Nous obtenons donc le corollaire suivant.

Corollaire 1 : *Supposons $\sigma = 1$. Le plus grand groupe a une plus grande probabilité de succès que le plus petit groupe pour $\gamma \geq 1 + \beta$, alors que l'inverse apparaît pour $\gamma < 1 + \beta$.*

Supposons maintenant que les coûts de contributions à l'action collective sont linéaires, i.e. $\gamma = 1$ et que le prix est un pur bien public, i.e. $\beta = 0$. Cela peut correspondre, par exemple, à la situation où des lobbys verts et de producteurs s'opposent sur le renforcement d'une régulation environnementale. Les membres de groupes fournissent toujours un plus faible niveau d'effort dans le plus grand groupe à cause du problème de *passager clandestin*. Mais c'est parfaitement compensé par le plus grand nombre de contributions individuelles à l'action du groupe. Ainsi, les deux groupes produisent le même niveau d'effort collectif et ont la même probabilité de succès – qui est $1/2$ – indépendamment de l'asymétrie de la taille de groupe, comme cela a été montré en premier lieu par Katz et al. (1990). Ce résultat provient de la caractéristique indivisible du prix, qui implique que le bénéfice par tête obtenu par l'action collective est indépendant de la taille de groupe.

Si, cependant, le prix a un certain degré de rivalité, i.e. $\beta \neq 0$, alors le bénéfice par tête de chacun des membres du groupe dépend négativement de la taille du groupe ce qui accroît le problème de *passager clandestin* en réduisant encore plus l'effort individuel dans le plus grand groupe. Avec un coût marginal de l'effort constant, i.e. $\gamma = 1$, un plus grand nombre de participants à l'action collective ne peuvent pas dépasser à la fois le plus grand

problème de *passager clandestin* et un plus faible intérêt à participer à l'action collective dans le plus grand groupe comparé au plus petit groupe. De ce fait, le plus grand groupe a une plus faible probabilité de succès, ce qui correspond au paradoxe d'Olson. Le cas extrême où le prix est purement privé – i.e. $\beta = 1$ – peut correspondre, par exemple, à un concours entre deux différents départements d'une entreprise se faisant compétition pour un bonus distribué également parmi les membres du département victorieux. Dans ce cas, la probabilité de succès d'un groupe est inversement liée à sa taille – i.e. $p_j(\mathbf{e}_j^*, \mathbf{e}_k^*) = n_k / (n_j + n_k)$.

Finalement, comme dans le papier de Esteban et Ray (2001), nous considérons que les membres du groupe ont des coûts marginaux croissants en participant à l'action collective, i.e. $\gamma \geq 1$. Il justifie cette hypothèse par le fait que l'apport individuel au processus de lobby peut être du temps dépensé par les membres du groupe. Dans ce cas, le plus grand groupe peut être plus victorieux si le coût d'effort individuel est suffisamment convexe relativement au degré de rivalité du prix. En particulier, si la fonction de coût est quadratique (ou plus) – i.e. $\gamma \geq 2$ – alors le plus grand groupe a une plus grande probabilité de succès que le plus petit groupe, même si le prix est purement privé – i.e. $\beta = 1$. En raison de la convexité du coût, le plus haut niveau de l'effort individuel dans le plus petit groupe n'est pas suffisant pour compenser son inhérent désavantage d'avoir un plus petit nombre de contributeurs.

Si le temps correspond à la ressource utilisée dans l'action collective, nous pouvons considérer l'existence de complémentarité dans les efforts, de la même manière que l'on peut supposer une structure convexe du coût. La raison en est que les efforts ne sont plus des contributions monétaires, et donc ne sont plus parfaitement substituables. Par conséquent, afin de se concentrer sur l'effet de la complémentarité – i.e. $\sigma \neq 1$ – nous supposons $\gamma = 1$ et le prix est soit purement privé, soit purement public. Nous rappelons que plus σ est faible, et plus la complémentarité entre les efforts des membres du groupe augmente, nous pouvons établir le corollaire suivant :

Corollaire 2 : *Supposons $\gamma = 1$. (i) Si le prix est un bien public pur, i.e. $\beta = 0$, alors le plus grand groupe a une plus forte probabilité de succès que le plus petit groupe pour tout $\sigma \in (0, 1]$; (ii) Si le prix est purement privé et divisible entre les membres du groupe, i.e.*

$\beta = 1$, alors le plus grand groupe a une plus forte probabilité de succès que le plus petit groupe pour $\sigma \in (0, 1/2]$, mais une plus faible probabilité de succès pour $\sigma \in (1/2, 1]$.

La structure CES avec de la complémentarité dans les efforts – i.e. $\sigma \neq 1$ – implique que pour un certain montant total d’effort, un groupe donné est plus efficace avec un plus grand nombre de participants à l’action collective qu’un groupe avec un plus petit nombre de membres fournissant plus d’efforts individuels. Cela peut illustrer la maxime d’Aristote que “*le tout est plus grand que la somme de ses parties*” ou que la taille est un atout dans l’action du groupe. Nous pouvons penser par exemple, aux manifestations durant la “révolution des bougies” en Corée du Sud en 2016 contre la Présidente Park Geun-Hyein, aux manifestations massives en 2017 pour et contre l’indépendance de la Catalogne, mais encore au mouvement des Gilets Jaunes en France en 2018-2019. Ces exemples illustrent clairement que la force de ces mouvements sociaux était mesurée par leur capacité de rassembler autant de participants que possible à un endroit et à un moment spécifique.

Le point (ii) du Corollaire 2 montre dans le cas particulier où les coûts sont linéaires *et* le bien est purement privé – ce qui correspond au pire scénario pour le plus grand groupe dans le modèle standard avec $\sigma = 1$ – nous trouvons que l’élasticité de substitution entre les efforts individuels – donnée par $1/(1 - \sigma)$ – inférieure à 2 est suffisante pour faire en sorte que le plus grand groupe a plus de succès dans le concours. Maintenant, si le prix est parfaitement indivisible, le plus grand groupe a toujours une plus grande probabilité de succès que le plus petit groupe, pour n’importe quel degré de complémentarité entre les efforts des membres du groupe, même si le coût marginal est constant, comme montré par le point (i) du Corollaire 2. L’explication est que le désavantage des plus grands groupes en terme de valeur par tête du prix – qui détermine les incitations et contributions des membres du groupe – disparaît quand le prix est purement public et non exclusif. Par conséquent, notre analyse complète celle de Esteban et Ray (2001) en montrant que la complémentarité des efforts avantage le plus grand groupe de la même manière que la convexité de la fonction de coût.

Le second point du Corollaire 2 nous permet d’exprimer l’effet de la complémentarité sur le problème d’action collective. Un résultat important de Kolmar et Rommeswinkel (2013) est que la probabilité de succès du groupe composé par des membres qui diffèrent

en terme de valorisation de l'action collective diminue avec le degré de complémentarité entre les efforts des membres, quand σ diminue. En analysant la dérivée de la probabilité de succès à l'équilibre avec σ , nous observons que le plus grand groupe a plus de succès à mesure que la complémentarité entre les efforts des membres augmente, i.e. σ diminue.⁴ Cela met en avant que la complémentarité, en soi, atténue le problème d'action collective de manière plus intense dans le plus grand groupe que dans le plus petit groupe, ce qui rend le plus grand groupe plus efficace à mesure que le degré de complémentarité augmente. Ce résultat nous permet d'isoler l'effet de la complémentarité entre les efforts des membres du groupe dans un effort collectif. Si les membres d'un groupe ont la même incitation à l'action collective, la complémentarité atténue le problème du *passager clandestin* en faisant en sorte que l'effort agrégé devienne une fonction positive de la taille du groupe. Cependant, la complémentarité dans un groupe composé par des membres qui ont différentes incitations à l'action collective diminue l'effort agrégé du groupe. La raison en est que la complémentarité fait tendre l'effort agrégé vers le niveau le plus faible d'effort individuel, et cet effet est plus important à mesure que le degré de complémentarité augmente.

Finalement, nous relâchons l'hypothèse que $\gamma = 1$ et retournons à la proposition 2. Si $\gamma > 1 + \beta$ le plus grand groupe a toujours une plus haute probabilité de succès pour $\sigma = 1$ – comme établi par le Corollaire 1 – et *a fortiori* pour $\sigma < 1$. Si $\gamma \leq 1 + \beta$, c'est aussi le cas pour $\sigma \in (0, \gamma/(1 + \beta)]$. Par conséquent, plus le degré de convexité du coût est important et plus le plus le degré de rivalité du prix diminue, plus la taille de l'intervalle des valeurs de σ pour lequel le plus grand groupe a une plus haute probabilité de succès augmente.

1.4 Analyse du gain net individuel

La probabilité de succès exprime le groupe qui tend le plus à remporter le concours, mais le gain net individuel peut aussi refléter l'efficacité d'un groupe. Esteban et Ray (2001) ont analysé comment cette dernière variable évolue avec la taille du groupe. Ils montrent que le gain net individuel diminue à mesure que la taille du groupe augmente

4. Nous montrons simplement que l'augmentation du degré de complémentarité augmente la probabilité de succès du plus grand groupe, qui est $\partial p_j / \partial \sigma < 0$ quand $n_j > n_k$, pour tout $\sigma \in \{(-\infty, 0) \cup (0, 1]\}$ (et indépendamment de β). En effet, nous obtenons que $\partial p_j / \partial \sigma = -n_j^\theta [\ln(n_j) - \ln(n_k)] / [\sigma(n_j^\theta + n_k^\theta)]^2 < 0$, et donc une baisse de σ augmente p_j .

quand le prix est purement divisible et disent que (p.671) ” à l'équilibre, les membres des grands groupes obtiennent des plus faibles niveaux d'utilité par tête que les membres de plus petits groupes.”

Par conséquent, nous déterminons à présent si les individus ont plus de gains nets dans le plus grand groupe (disons le groupe j) ou dans le plus petit groupe (disons le groupe k) en prenant en compte la complémentarité des efforts. Pour simplifier, nous supposons que $\gamma = 1$ et que le prix est soit un bien public, i.e. $\beta = 0$, ou un bien entièrement divisible, i.e. $\beta = 1$. À partir de (1.10) nous pouvons écrire la différence entre le gain net d'un membre du plus grand groupe j et celui d'un membre du plus petit groupe k de cette manière :

$$\Pi_j - \Pi_k = \frac{n_j^{\theta-\beta} [n_j^\theta + n_k^\theta - n_j^{-1}n_k^\theta] - n_k^{\theta-\beta} [n_k^\theta + n_j^\theta - n_k^{-1}n_j^\theta]}{[n_j^\theta + n_k^\theta]^2} Y. \quad (1.11)$$

Nous rappelons que $\theta = (1/\sigma) - (1 + \beta)$ et nous considérons que $\Psi_j = n_j^\theta + n_k^\theta - n_j^{-1}n_k^\theta$ et $\Psi_k = n_k^\theta + n_j^\theta - n_k^{-1}n_j^\theta$. Nous pouvons observer que $\Psi_j > \Psi_k$ pour $\sigma \in (0, 1]$. En effet, $\Psi_j > \Psi_k$ peut être réduit à $n_j^{\theta+1} > n_k^{\theta+1}$, où $\theta + 1 = \frac{1}{\sigma} - \beta$. Et le signe de $\theta + 1$ dépend seulement du signe de σ . De plus, pour $\beta = 0$ le signe de θ dépend seulement de σ . Et donc, $n_j^\theta > n_k^\theta$ et $\Psi_j > \Psi_k$ pour $\sigma \in (0, 1]$. Par conséquent, le signe de $\Pi_j - \Pi_k$ dépend seulement du signe de σ quand $\beta = 0$.

Maintenant, pour $\beta = 1$, nous avons toujours $\Psi_j > \Psi_k$ pour $\sigma \in (0, 1]$. Cependant, nous avons $n_j^{\theta-1} > n_k^{\theta-1}$, seulement pour $\sigma \in (0, 1/3]$, où $\theta - 1 = \frac{1}{\sigma} - 3$. Par conséquent, pour $\sigma \in (1/3, 1]$ nous obtenons $n_j^{\theta-1} < n_k^{\theta-1}$ et $\Psi_j > \Psi_k$. Ainsi, nous réécrivons l'équation (1.11) de la manière suivante :

$$\Pi_j - \Pi_k = \frac{n_j^{2\theta-1} - n_k^{2\theta-1} + (n_j n_k)^\theta \left[(n_j^{-1} - n_k^{-1}) - (n_j^{-2} - n_k^{-2}) \right]}{[n_j^\theta + n_k^\theta]^2} Y. \quad (1.12)$$

L'expression $(n_j^{-1} - n_k^{-1}) - (n_j^{-2} - n_k^{-2})$ est toujours négative pour $n_j > n_k$ et l'expression $n_j^{2\theta-1} - n_k^{2\theta-1}$ est toujours négative pour $\sigma \in (0.4, 1]$ avec $2\theta - 1 = (2/\sigma) - 5$ quand $\beta = 1$. Ainsi, nous obtenons la proposition suivante concernant les gains nets :

Proposition 3 : (i) *Quand le prix est un bien public pur, i.e. $\beta = 0$, un membre du plus grand groupe obtient plus de gains nets qu'un membre du plus petit groupe pour $\sigma \in (0, 1]$.*
(ii) *Quand le prix est un bien entièrement divisible, i.e. $\beta = 1$, un membre du plus grand*

groupe obtient plus de gains nets qu'un membre du plus petit groupe pour $\sigma \in (0, 1/3]$, mais ce sont les membres du petit groupe qui obtiennent plus de gains nets pour $(0.4/1]$. Le résultat est ambigu pour $\sigma \in (1/3, 0.4]$.

Quand le prix est un bien public pur, i.e. $\beta = 0$, de manière évidente l'intervalle des valeurs de σ pour lesquelles un membre du plus grand groupe obtient un plus important ou plus faible gain net qu'un membre du plus petit groupe, correspond au même intervalle pour lequel le plus grand groupe obtient une plus grande ou plus faible probabilité de succès. Cela s'explique par le fait que le plus grand groupe a une plus grande probabilité de succès que le plus petit groupe pour ces valeurs σ et les membres du plus grand groupe fournissent un plus faible niveau d'effort que les membres du plus petit groupe.

Quand le prix est parfaitement divisible, i.e. pour $\beta = 1$, la taille du groupe impacte directement et négativement le rendement individuel du prix. Par conséquent, la taille de l'intervalle des valeurs de σ pour lequel un membre du plus grand groupe obtient un gain net plus important est plus petit que celui pour lequel le plus grand groupe a une probabilité de succès plus importante. Cela est principalement causé par le caractère divisible du prix qui désavantage d'autant plus les membres du plus grand groupe.

Cependant, ce résultat contraste avec celui de Esteban et Ray (2001). Ils trouvent que le gain net individuel des membres du plus grand groupe est toujours plus faible que celui des membres du plus petit groupe quand le prix est parfaitement divisible, alors que ce n'est pas le cas dans ce papier pour un suffisamment haut degré de complémentarité. Dans notre modèle, nous rappelons que la complémentarité avantage le plus grand groupe en augmentant sa probabilité de victoire. Ainsi, lorsque $\sigma < 1/3$, la complémentarité des efforts est suffisamment importante pour faire en sorte que la plus forte probabilité de succès du grand groupe compense l'effet négatif de la divisibilité du prix, permettant aux membres du plus grand groupe d'obtenir un gain net plus important. Ce dernier effet n'est pas présent dans le modèle de Esteban et Ray (2001) en raison de la substituabilité parfaite des efforts des membres des groupes supposé dans leur modèle.

En raison de l'ambiguïté du résultat pour $\sigma \in (1/3, 0.4]$, nous présentons des exemples numériques. Nous posons les valeurs du bien pleinement divisible à $Y = 100$.

Tableau 1 : Exemples numériques pour $\sigma \in (1/3, 0.4]$

σ	n_j	n_k	$\Pi_j - \Pi_k$
0.37	4	3	-0.026
0.37	5	2	0.635
0.37	4	2	0.876
0.37	100	50	-0.135
0.34	4	3	0.951
0.34	5	2	3.604
0.34	4	2	3.538
0.34	100	50	-0.003

Le tableau 1 montre que le signe de $\Pi_j - \Pi_k$ dépend à la fois de σ , de l'asymétrie de la taille des groupes et du *nombre total de participants* investis dans le concours. Par exemple, si $\sigma = 0.34$ ou $\sigma = 0.37$ et pour le même ratio de la taille des groupes $n_j/n_k = 2$, le signe de $\Pi_j - \Pi_k$ change avec le nombre total de participant de $(4 + 2) = 6$ à $(100 + 50) = 150$. L'ambigüité du résultat provient sans doute de l'effet du nombre total de participants. Il semble que cet effet désavantage les membres du plus grand groupe. Cela est peut être causé par l'effet direct de la taille de groupe sur la divisibilité du prix. En effet, pour un certain nombre de participants, cet effet négatif qui impacte d'autant plus le grand groupe, ne peut pas être compensé par l'effet positif du degré de complémentarité entre les efforts des membres sur sa probabilité de succès, lorsque $\sigma > 1/3$, pour permettre à ses agents d'obtenir *assurément* de plus grand gains nets.

1.5 Conclusion

Comme mentionné précédemment, l'essence d'un groupe est la complémentarité entre les efforts d'un certain nombre d'agents poursuivant le même objectif. Nous mettons en lumière que cette complémentarité peut rendre la taille comme étant un atout dans les concours entre groupes. En effet, nous montrons qu'un plus grand groupe peut avoir plus de succès que le plus petit groupe si le degré de complémentarité est suffisamment important même si le prix est purement privé et divisible entre les membres du grand groupe. Récemment, Sheremeta (2018) a mis en avant qu'expérimentalement le *paradoxe de la taille du groupe* n'est jamais observé dans des concours. Cette observation questionne actuellement la théorie des concours traitant du *paradoxe de la taille de groupe*. Par conséquent, nous pensons qu'il peut être intéressant que de prochains travaux théoriques dans les jeux

de concours introduisent d'autres hypothèses, dépassant la seule hypothèse du "comportement autocentré".

Dans ce papier nous analysons aussi le gain net individuel comme une fonction de la taille du groupe. Nous montrons que les membres des plus grands groupes obtiennent des plus hauts niveaux de gain nets par tête quand le prix est un pur bien public et pour un suffisant haut degré de complémentarité quand le prix est parfaitement divisible. Nous rappelons qu'avec un prix parfaitement divisible, il est nécessaire d'avoir un degré de complémentarité plus important pour que les membres du grand groupe obtiennent plus de gains nets que le degré nécessaire pour que leur groupe obtient une plus grande probabilité de succès.

Finalement, ce papier complète à la fois l'analyse de Esteban et Ray (2001) et celle de Kolmar et Rommeswinkel (2013). Suivant le travail original d'Olson (1965), nous trouvons des résultats généraux concernant la relation entre la taille et l'efficacité d'un groupe. Cependant, à notre connaissance, d'autres résultats de la *Logique de l'action collective* de Olson comme *l'exploitation des grands par les petits* n'ont pas été analysés dans un cadre aussi général que celui que nous avons utilisé dans ce chapitre pour analyser le *paradoxe de la taille de groupe*. C'est ce que nous tâcherons d'analyser dans le second chapitre.

1.6 Annexes

1.6.1 Démonstration de la Proposition 1

En partant de la condition du premier ordre, la dérivée de $\pi_{ij}(e_{ij}, \mathbf{e}_j, \mathbf{e}_k)$ en fonction de e_{ij} peut être écrite de cette manière :

$$\frac{p_j(\cdot)(1-p_j(\cdot))}{F(\mathbf{e}_j)} \frac{\partial F(\mathbf{e}_j)}{\partial e_{ij}} \frac{Y}{n_j^\beta} - e_{ij}^{\gamma-1}, \quad (\text{A1})$$

où $p_j(\cdot)$ correspond à $p_j(\mathbf{e}_j, \mathbf{e}_k)$.

Maintenant supposons, $\Psi_j(\cdot) \equiv p_j(\cdot)(1-p_j(\cdot))/F(\mathbf{e}_j)$. Cette dérivée peut être réécrite de cette manière

$$\Psi_j(\cdot) \frac{\partial F(\mathbf{e}_j)}{\partial e_{ij}} \frac{Y}{n_j^\beta} - e_{ij}^{\gamma-1}. \quad (\text{A2})$$

Nous caractérisons la seconde dérivée de $\pi_{ij}(e_{ij}, \mathbf{e}_j, \mathbf{e}_k)$ en fonction de e_{ij} . Nous obtenons :

$$\left[\frac{\partial \Psi_j(\cdot)}{\partial e_{ij}} \frac{\partial F(\mathbf{e}_j)}{\partial e_{ij}} + \Psi_j(\cdot) \frac{\partial^2 F(\mathbf{e}_j)}{\partial e_{ij}^2} \right] \frac{Y}{n_j^\beta} - (\gamma-1) e_{ij}^{\gamma-2}. \quad (\text{A3})$$

Nous avons :

$$\frac{\partial \Psi_j(\cdot)}{\partial e_{ij}} = \frac{1}{[F(\mathbf{e}_j)]^2} \left\{ \frac{\partial p_j(\cdot)}{\partial e_{ij}} (1 - 2p_j(\cdot)) F(\mathbf{e}_j) - p_j(\cdot) (1 - p_j(\cdot)) \frac{\partial F(\mathbf{e}_j)}{\partial e_{ij}} \right\}. \quad (\text{A4})$$

Nous obtenons aussi :

$$\frac{\partial p_j(\cdot)}{\partial e_{ij}} = \frac{p_j(\cdot) (1 - p_j(\cdot))}{F(\mathbf{e}_j)} \frac{\partial F(\mathbf{e}_j)}{\partial e_{ij}}. \quad (\text{A5})$$

En substituant dans (A4), nous obtenons donc :

$$\frac{\partial \Psi_j(\cdot)}{\partial e_{ij}} = -2p_j(\cdot) \frac{p_j(\cdot) (1 - p_j(\cdot))}{[F(\mathbf{e}_j)]^2} \frac{\partial F(\mathbf{e}_j)}{\partial e_{ij}}, \quad (\text{A6})$$

Ce qui peut être réécrit :

$$\frac{\partial \Psi_j(\cdot)}{\partial e_{ij}} = -2p_j(\cdot) \frac{\Psi_j(\cdot)}{F(\mathbf{e}_j)} \frac{\partial F(\mathbf{e}_j)}{\partial e_{ij}}. \quad (\text{A7})$$

Substituant dans (A3), nous avons :

$$\left[-2p_j(\cdot) \frac{\Psi_j(\cdot)}{F(\mathbf{e}_j)} \left(\frac{\partial F(\mathbf{e}_j)}{\partial e_{ij}} \right)^2 + \Psi_j(\cdot) \frac{\partial^2 F(\mathbf{e}_j)}{\partial e_{ij}^2} \right] \frac{Y}{n_j^\beta} - (\gamma - 1) e_{ij}^{\gamma-2}. \quad (\text{A8})$$

Nous avons aussi $\partial F(\mathbf{e}_j) / \partial e_{ij} = \left[\sum_j e_{ij}^\sigma \right]^{\frac{1}{\sigma}-1} e_{ij}^{\sigma-1}$ et donc :

$$\frac{\partial^2 F(\mathbf{e}_j)}{\partial e_{ij}^2} = \left(\frac{1}{\sigma} - 1 \right) \left(\sum_j e_{ij}^\sigma \right)^{\frac{1}{\sigma}-2} \sigma e_{ij}^{\sigma-1} e_{ij}^{\sigma-1} + (\sigma - 1) \left(\sum_j e_{ij}^\sigma \right)^{\frac{1}{\sigma}-1} e_{ij}^{\sigma-2}. \quad (\text{A9})$$

En simplifiant nous obtenons donc :

$$\frac{\partial^2 F(\mathbf{e}_j)}{\partial e_{ij}^2} = \left(\sum_j e_{ij}^\sigma \right)^{\frac{1}{\sigma}-2} e_{ij}^{\sigma-2} \left[(1 - \sigma) e_{ij}^\sigma + (\sigma - 1) \sum_j e_{ij}^\sigma \right]. \quad (\text{A10})$$

En simplifiant encore, nous pouvons réécrire comme :

$$\frac{\partial^2 F(\mathbf{e}_j)}{\partial e_{ij}^2} = (\sigma - 1) \left(\sum_j e_{ij}^\sigma \right)^{\frac{\sigma}{\sigma}-2} \left(\sum_{k \neq i} e_{kj}^\sigma \right) e_{ij}^{\sigma-2}. \quad (\text{A11})$$

Qui est toujours négatif vu que $\sigma \leq 1$. Il en suit que la seconde dérivée de $\pi_{ij}(e_{ij}, \mathbf{e}_j, \mathbf{e}_k)$ en fonction de e_{ij} donné par (A3) est toujours négative. Ainsi, le jeu admet un équilibre de Nash en stratégie pure. ■

Chapitre 2

Répartition du poids de l'effort collectif

Chapitre 2, Partie 1 : Répartition du poids de l'effort collectif et complémentarité entre les efforts

Transition

Au cours du chapitre 1 nous avons analysé deux groupes composés de membres homogènes qui s'affrontent pour un bien avec des caractéristiques mixtes publiques/privées. L'homogénéité nous a permis de nous concentrer sur la relation entre la taille de groupe et son efficacité. En considérant une fonction d'effort de groupe avec de la complémentarité entre les efforts des membres des groupes, nous avons pu mettre en exergue l'effet de cette complémentarité sur la relation taille/efficacité d'un groupe. Nous avons établi qu'avec de la complémentarité entre les efforts des membres, la taille devient un atout pour un groupe.

Kolmar et Rommeswinkel (2013) analysent, à travers un modèle de conflit, l'effet de cette complémentarité avec des groupes composés de membres qui se distinguent par leur valorisation du bien contesté. Ils montrent qu'à mesure que les efforts sont complémentaires dans un groupe, celui-ci devient de moins en moins efficace à remporter le conflit, en raison de l'hétérogénéité des membres. Ainsi, nous souhaitons prolonger l'analyse de la complémentarité entre les efforts des membres d'un groupe, mais cette fois en supposant des agents qui se différencient par leur valorisation de l'action collective. Dans un jeu de contributions volontaires à un bien public, nous souhaitons dans ce second chapitre nous attarder sur le problème de la répartition de l'effort collectif, en supposant une fonction de production du bien public avec de la complémentarité entre les efforts des agents. L'objectif est d'identifier comment la complémentarité entre les efforts de membres qui se distinguent par leur valorisation influence les différents niveaux des contributions des

agents et comment cela se répercute sur la répartition de l'effort collectif.

2.1 Introduction

Dans cette partie, nous cherchons à déterminer quel agent, selon ses préférences pour l'action collective, obtient une répartition de l'effort collectif plus favorable et comment cela dépend de la technologie de production du bien public.

Dès 1965, Mancur Olson explique que des agents hétérogènes, en richesse ou en valorisation, contribuent à des niveaux différents à l'action collective. Les agents qui ont une plus importante dotation ou valorisation de l'action collective contribuent plus que les autres agents. Olson (1965) exprime l'idée qu'en raison du comportement de *passager clandestin* l'agent qui valorise le plus l'action collective ne va pas seulement contribuer plus que les autres agents, mais va contribuer de manière "disproportionnée". Ce qu'il définit par "disproportionnée", est le fait qu'un agent contribue une part du coût de l'action collective plus importante que la part des bénéfices qu'il retire de cette action. Ainsi, alors que l'analyse économique se focalise généralement sur les gains nets retirés par les agents pour analyser objectivement une situation, Olson propose une analyse comparative de la part des coûts supportés par les agents avec leur part respective des bénéfices. Ce type de comparaison permet de déterminer quel agent bénéficie le plus de la répartition de l'effort collectif lorsqu'il participe à une action collective.

La question de la répartition de l'effort collectif est en premier lieu traitée de manière empirique avec l'étude des institutions internationales (pour une revue de littérature théorique et empirique approfondie sur ce sujet, voir Sandler et Hartley, 2001). Le cadre d'analyse de cette littérature s'apparente à un modèle de fourniture à un bien public. Il y a différents États qui ont un intérêt commun pour un bien public international. Les États s'engagent à travers des accords internationaux à contribuer pour des objectifs communs. Cependant, ces États n'accordent pas le même degré d'importance à ces accords. De plus, les accords internationaux sont rarement contraignants dans le sens où les États ont individuellement le dernier mot sur leur niveau de contribution à ces accords, par conséquent il peut y avoir un problème de respect des accords et donc plus généralement de coopération entre les États.

Olson et Zeckhauser (1966) ont analysé la répartition du coût de contribution au sein de l'alliance militaire de l'OTAN. L'objectif de l'OTAN est de fournir une sécurité militaire

à tous les membres de l’alliance. Aucun État membre de l’alliance ne peut être exclu de la sécurité militaire fournie par l’ensemble des membres. Olson et Zeckhauser (1966) démontrent que les pays plus riches contribuent de manière “disproportionnée” à l’effort de l’alliance. Plus exactement, ils montrent qu’il existe une corrélation entre le niveau de RNB et la part des dépenses militaires dans le RNB. Plus un pays est riche, plus la part de ses dépenses militaires sur le RNB est importante. Sandler et Hartley (2001) fournissent une claire expression de ce fait : En 1970 “*Les États-Unis comptent juste un peu moins de 75 pour cent des dépenses de défense de l’OTAN alors que les alliés les plus importants qui suivent- l’Allemagne, la France, le Royaume-Uni- contribuent chacun moins de 6 pour cent du poids des dépenses de l’OTAN. Or les États-Unis obtiennent seulement 35 pour cent des bénéfices de la défense de l’OTAN , une exploitation apparaît clairement.*” Pour mesurer la part des bénéfices retirée par les membres de l’alliance militaire, ils créent une variable proxy qui comprend pour chaque pays la part de son RNB, de sa population et de ses frontières exposées parmi l’ensemble des membres de l’alliance. D’autres études appuient le sens de cette conclusion pour l’OTAN, selon laquelle les pays les plus riches contribuent une part disproportionnée aux dépenses de défenses de l’OTAN (voir parmi d’autres Oneal 1990a et Oneal 1990b.) Un des explications possibles de ce fait proviendrait de la forme de la fonction de production du bien public produit. Dutheil de la Rochère et al. (2011, 2014) démontrent empiriquement que la forme de la fonction de production du bien public de l’OTAN est de type “Best-Shot” de 1955 à 1970, mais que par la suite cette forme devient une simple addition des contributions des différents pays de l’alliance. Or, nous savons que la technologie additive des contributions est propice au comportement de *passager clandestin*, ce qui peut expliquer le résultat mis en avant par Sandler et Hartley (2001).

Cependant, d’autres études plus récentes portant sur les institutions internationales remettent en cause ce résultat, selon lequel ce sont toujours les États qui ont le plus d’incitation à participer à l’action internationale qui contribuent un poids disproportionné de l’action collective, à travers notamment l’analyse du fonctionnement de l’Union européenne. Par exemple, Dorussen et al. (2009) analysent la répartition du coût de contribution des États membres dans la sécurité de l’U.E. Ils remarquent que selon les secteurs de dépenses de sécurité ce n’est pas le même type de pays, en fonction de sa richesse, qui

contribue un poids disproportionné aux dépenses de sécurité. Pour mesurer la “disproportion” des contributions des pays, ils comparent le ratio exprimant la part de contribution d’un pays avec la part du ratio exprimant les bénéfices espérés. Ils montrent précisément que dans les secteurs de l’assurance et de la protection les plus petits États, en termes de richesse, contribuent une part disproportionnée par rapport aux bénéfices qu’ils retirent. Cependant, dans le secteur de la prévention ce sont plutôt les plus grands États qui contribuent une part plus importante, relativement à la part des gains qu’ils obtiennent. Dans cette étude les gains retirés sont mesurés à travers différentes variables. Par exemple, les bénéfices retirés par les États de la protection sont mesurés à travers le nombre de requêtes faites à Eurojust¹. Les bénéfices de l’assurance sont mesurés avec un indice comprenant la protection sociale, les frontières méditerranéennes et de l’Est et le nombre de demandeurs d’asile.

Toujours concernant la coopération internationale les travaux de Thielemann montrent que dans la gestion des réfugiés au sein des pays de l’OCDE, les pays qui contribuent une part disproportionnée sont souvent les petits pays (par exemple les Pays-Bas et la Suisse). Selon Suhrke(1998), la protection des réfugiés peut correspondre à un bien public internationale. L’argument formulé par Suhrke (1998), est que lorsqu’un pays accueille des réfugiés cela profite à l’ensemble des pays en réduisant le risque de la propagation du conflit que les réfugiés tentent de fuir, ce qui permet d’augmenter la sécurité au niveau mondial. Thielemann et Dewan (2006) précisent qu’il existe une convention internationale pour laquelle tous les États signataires doivent “permettre aux personnes déplacées de faire une demande d’asile afin d’obtenir le statut de réfugié sous la Convention” et ont une obligation de “non refoulement” qui correspond à “l’interdiction de renvoyer les réfugiés dans des territoires où leur vie ou leur liberté seraient menacées.” Thielemann et Dewan (2006) montrent en analysant divers pays de l’OCDE que ce sont plutôt les petits pays (par exemple les Pays-Bas et la Suisse) qui ont tendance à supporter un plus large poids de l’effort collectif dans la protection des réfugiés relativement aux pays plus riches. Thielemann et Armstrong (2013) mettent en avant le même phénomène concernant la gestion des réfugiés au sein de l’UE (notamment à travers le système “Dublin”). Une des intuitions

1. Eurojust correspond à l’unité de coopération judiciaire et sert à lutter contre les formes graves de criminalité sur le territoire de l’Union européenne.

avancées pour expliquer pourquoi dans le cadre de la protection des réfugiés au sein de l’UE l’on trouve un résultat inverse à la conjecture établie initialement par Olson (1965), porte sur la forme de la fonction de production de la fourniture du bien public. En particulier, Thielemann et Armstrong (2013) mettent en avant que comme beaucoup de biens publics “sécuritaires”, la sécurité interne de l’UE dépend d’une fonction de production de type *Weakest Link*. Cela signifie que la fourniture du bien public dépend crucialement du niveau de la plus petite contribution.

Afin d’établir quel agent contribue de manière “disproportionnée”, nous utilisons comme critère les bénéfices par effort dépensé des agents. Nous comparons les bénéfices par effort dépensé des agents qui se différencient en valorisant à différents niveaux l’action collective. Le poids de l’effort collectif est réparti équitablement si les bénéfices par effort dépensé sont égaux entre les agents. Notre travail cherche à compléter la théorie qui traite de cette question de la répartition de l’effort collectif (pour une revue de littérature sur ce sujet voir Gavrillets, 2015). Mais surtout, nous souhaitons à présent répondre au débat empirique portant sur la question de la répartition de l’effort collectif. Pour ce faire, nous introduisons une fonction de production de bien public plus générale qu’une simple fonction de somme des contributions. Ainsi, nous cherchons à confirmer ou non l’intuition émise par Thielemann et Armstrong (2013) concernant le rôle de la fonction de production sur la répartition du poids de l’effort collectif. Ainsi, la première partie de l’analyse a pour objectif de mettre en lumière l’effet de la complémentarité entre les efforts des membres sur la répartition de l’effort collectif.

Nous montrons que pour un degré de complémentarité relativement faible entre les efforts des agents, celui qui a la plus faible valorisation obtient un bénéfice par effort dépensé plus important. Mais pour un degré de complémentarité suffisamment important, nous trouvons l’inverse. Ce dernier résultat renverse le résultat standard, selon lequel c’est toujours l’agent qui valorise le plus l’action collective qui contribue un poids plus important que la part de ses bénéfices.

Dans une seconde partie de l’analyse, nous supposons que les agents coopèrent pour contribuer à l’action collective. La coopération correspond à une coordination parfaite des différents agents qui vont fournir un effort pour maximiser le gain du groupe et non plus pour maximiser seulement leurs gains nets. Nous faisons ce choix afin d’identifier la

variation de la répartition de l'effort collectif lorsque les agents passent d'un système de contributions volontaires à un système de contributions coopératives. Ainsi, nous exposons l'incitation pour un agent de coopérer en fonction de sa valorisation en prenant comme critère de choix la répartition du poids de l'effort collectif. Pour ce faire, nous comparons les évolutions des bénéfices par effort dépensé pour chaque agent en passant d'un système de contribution non coopératif à coopératif. Formellement, nous comparons les bénéfices par effort dépensé supplémentaires obtenus par chaque agent lorsqu'ils passent d'un système de contribution à un autre.

Nous remarquons que pour des degrés de complémentarité entre les efforts des agents relativement faibles, l'agent qui a la plus forte valorisation de l'action collective obtient la plus forte augmentation de son bénéfice par effort lorsque les agents décident de coopérer. Cependant, pour des degrés de complémentarité importants entre les efforts des agents, c'est l'agent qui a la plus faible valorisation à l'effort collectif qui obtient l'augmentation la plus importante de son bénéfice par effort lorsque les agents passent d'un système de contribution volontaire à un système de contribution coopératif.

Les travaux théoriques qui analysent la répartition dans un modèle de fourniture volontaire à un bien public supposent généralement que les contributions sont parfaitement substituables entre elles. Or, dans beaucoup de cas de coopération internationale, les contributions ont plutôt tendance à être plus ou moins complémentaires. Par exemple, pour l'Union européenne la protection des frontières externes est un bien public qui dépend de contributions plutôt complémentaires et faiblement substituables, comme l'expliquent Dorussen et al. (2009) et Thielemann et Armstrong (2013). Ainsi, notre modèle apporte une contribution à la littérature traitant de cette question en montrant l'effet de la complémentarité sur la répartition de l'effort des agents. Une autre contribution que nous apportons à la littérature correspond au lien que nous mettons en avant entre la technologie de production et l'évolution des bénéfices par effort obtenus par les agents lorsque le système de contribution à l'action collective devient coopératif. Sur ce dernier point, nous cherchons à identifier, en utilisant le critère de bénéfice par effort dépensé, quel agent a le plus intérêt, en fonction de la répartition de l'effort collectif, à contribuer de manière coopérative plutôt qu'individualiste selon ses préférences pour l'action collective et la fonction de production d'un bien public.

2.2 Le modèle de production jointe

Nous modélisons un groupe d'agents qui fournit un bien public sous forme de contributions volontaires. Pour ce faire, nous reprenons le modèle de Ray et al. (2007) qui est très simple à utiliser pour analyser un modèle avec des agents hétérogènes et une fonction de production de bien public avec des efforts qui ne sont pas parfaitement substituables. Nous supposons que chaque agent a sa propre valorisation du bien public, que nous notons v_i pour un agent i . Cette valorisation s'apparente à un degré d'intérêt pour l'action collective de l'agent, traduisant l'idée que certains agents ont plus d'intérêt que d'autres à ce que le bien public soit fourni. Ensuite, nous supposons que chaque agent effectue une contribution non négative $e_i > 0$, représentée par le vecteur $e_i \equiv (e_1, e_2, \dots, e_n)$ à l'action collective. Nous définissons la fonction de production de type CES du bien public comme suit :

$$G(e_i, e_{-i}) = n \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^\sigma \right)^{\frac{\gamma}{\sigma}} \text{ avec } \sigma \in \{(-\infty, 0) \cup (0, 1]\}. \quad (2.1)$$

Où σ correspond au degré de complémentarité entre les efforts des agents. Lorsque $\sigma = 1$, les efforts des agents sont parfaitement substituables, ainsi le montant total des contributions correspond à la somme des efforts : $G = n \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i \right)^\gamma$. Si $\sigma \rightarrow -\infty$, les efforts sont parfaitement complémentaires, ainsi le montant total de l'action collective produit, correspond à une fonction de type *weakest link*, formellement $F(\mathbf{e}) = \text{Min}\{e_i\}$. Nous définissons γ comme le paramètre de rendements d'échelle, $\gamma \in (0, 1)$.

Il s'agit d'une fonction de production CES classique avec le paramètre de la taille du groupe n . Cette formalisation de la fonction CES, s'inspire de la propriété d'absence de biais de la taille de groupe exprimée par Cubel et Sanchez-Pages (2014). Cette propriété indique que le niveau total d'effort n'est pas impacté positivement ou négativement par la taille de groupe en fonction du signe de σ . En effet, sans cette correction la taille du groupe à un effet décisif sur le niveau d'effort total fourni par ce groupe.

Cette fonction de production du bien public nous permet d'analyser la répartition de l'effort collectif avec des contributions qui ne sont pas parfaitement substituables, et donc d'analyser l'effet de la technologie de production sur cette répartition. Ainsi, nous pouvons analyser des situations où, par exemple, les États contribuent pour assurer un bien public

international, mais avec des contributions qui ne sont pas parfaitement substituables, elles peuvent en partie se compléter les unes aux autres pour assurer la fourniture du bien public.

L'illustration la plus simple de cela est, selon nous, la fourniture de la protection de l'Union européenne. Cette fourniture de la protection comprend plusieurs postes de dépenses. Cela correspond aussi bien à la défense des frontières de l'UE qu'à la législation sécuritaire mise en place par les États membres et à leur police intérieure. La protection de la frontière de l'Union européenne, par exemple, requièrent des contributions complémentaires entre les États membres limitrophes. Par exemple, l'Espagne protège la frontière espagnole de l'UE, et l'ensemble des États limitrophes font de même. Cela a pour conséquence que l'effort total fourni par l'ensemble des États ne peut être la somme des efforts fournis par les États. En effet, même si un État fournit un effort très important pour contrôler sa frontière, cela ne peut compenser l'effort plus faible d'un autre État sur une autre partie de la frontière de l'Union européenne. Cependant, sur le plan juridique, les fonctions légales des États membres sont plutôt substituables pour maintenir la protection des États membres de l'UE, car chaque État peut renforcer la protection de l'ensemble de l'UE, seulement en intervenant unilatéralement sur son propre territoire. Ainsi, les dispositions légales des États membres pour lutter contre la criminalité internationale par exemple, se substituent. En effet, chaque État peut prendre des dispositions particulières et donc l'ensemble des dispositions légales de lutte contre la criminalité dans l'UE, dépend des dispositions particulières de chacun des États membres séparément.

Nous supposons par la suite une fonction de coût de contribution linéaire $c(e_i) = e_i$. Nous obtenons la fonction de gains nets suivante pour l'agent i :

$$\Pi_i(e_i, \mathbf{e}_{-i}) = v_i G(e_i, e_{-i}) - e_i. \quad (2.2)$$

Ainsi, nous obtenons la condition du premier ordre suivante en calculant la dérivée de (2.2) en fonction de e_i ² :

$$\frac{\partial \Pi_i}{\partial e_i} = \gamma n^{\frac{\sigma-\gamma}{\sigma}} \left(\sum_{i=1}^n e_i^\sigma \right)^{\frac{\gamma-\sigma}{\sigma}} e_i^{\sigma-1} v_i - 1 = 0 \quad (2.3)$$

2. Nous démontrons l'existence d'un équilibre intérieur de Nash en annexes en section 4.1.

Maintenant, grâce aux conditions du premier ordre de l'agent i et k nous pouvons écrire le ratio de deux contributions d'agents qui ont des valorisations différentes :

$$\frac{e_i}{e_k} = \left(\frac{v_i}{v_k} \right)^{\frac{1}{1-\sigma}}. \quad (2.4)$$

Nous notons que l'écart entre les efforts individuels diminue avec l'augmentation du degré de complémentarité entre les efforts des agents, c'est-à-dire avec la baisse de σ . Nous expliquerons de manière détaillée pourquoi dans la sous partie 2.3.

2.2.1 Équilibre de Nash et statique comparative des gains nets

Avec l'expression (2.4) nous obtenons le niveau d'effort à l'équilibre suivant ³ :

$$e_i^* = \gamma^{\frac{1}{1-\gamma}} n^{\frac{\sigma-\gamma}{\sigma}} v_i^{\frac{1}{1-\sigma}} V^{\frac{\gamma-\sigma}{\sigma(1-\gamma)}}, \quad (2.5)$$

avec $V = \sum_{i=1}^n v_i^{\frac{\sigma}{1-\sigma}}$.

En partant de l'effort individuel à l'équilibre, nous pouvons déterminer le montant de bien public fourni par les agents :

$$G^* = n \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^{*\sigma} \right)^{\frac{\gamma}{\sigma}} = \gamma^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} n^{\frac{(\sigma-\gamma)}{(1-\gamma)\sigma}} V^{\frac{\gamma(1-\sigma)}{(1-\gamma)\sigma}}. \quad (2.6)$$

Ainsi, nous déterminons le gain brut d'un agent i provenant de l'action collective :

$$G_i^* = v_i G^* = v_i \gamma^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} n^{\frac{(\sigma-\gamma)}{(1-\gamma)\sigma}} V^{\frac{\gamma(1-\sigma)}{(1-\gamma)\sigma}}. \quad (2.7)$$

Enfin, avec (2.5) et (2.7) nous obtenons la fonction de gain net à l'équilibre d'un agent i .

$$\Pi_i^* = n^{\frac{(\sigma-\gamma)}{\sigma(1-\gamma)}} \gamma^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} V^{\frac{(\gamma-\sigma)}{\sigma(1-\gamma)}} \left[V v_i - \gamma v_i^{\frac{1}{1-\sigma}} \right]. \quad (2.8)$$

Pour simplifier l'analyse nous supposons que le groupe est composé de deux agents, tel que $v_i > v_k$. Dans cette partie où le niveau de contribution à l'action collective se fait de manière volontaire, nous allons analyser d'une part les gains nets des agents et d'autre part les bénéfices par effort dépensé.

Dans la littérature économique, une manière de déterminer si un agent profite plus de l'action collective qu'un autre consiste à comparer les gains nets des agents. Notre analyse ne cherche pas exactement à s'intéresser à cela. Nous cherchons plutôt à analyser

3. Les détails de calculs sont en annexes à la section 4.2.

la répartition de l'effort collectif et son caractère "équitable". Il s'agit de deux analyses différentes qui répondent finalement à des questions différentes.

L'analyse en termes de gains nets permet d'apprécier quel agent, selon ses préférences, gagne plus à participer à l'action collective que l'autre agent. Lorsque nous comparons les gains nets de deux agents qui diffèrent en termes de valorisation de l'action du groupe nous trouvons que pour $\sigma \leq 0.5$, l'agent qui valorise le plus l'action collective obtient assurément un plus grand gain net, i.e $\Pi_i^* > \Pi_k^*$. Cependant lorsque $\sigma > 0.5$, le résultat est plus ambiguë. Cela va notamment dépendre des rendements d'échelle de l'action collective⁴.

Dans notre modèle, les gains nets sont impactés par le montant total de l'effort collectif fourni, la valorisation de l'action collective et l'effort fourni par les agents. Le montant d'effort collectif est le même pour chaque agent, i.e G^* . Mais l'agent qui a la plus forte valorisation obtient plus de gains bruts tout en contribuant plus. L'écart des gains bruts entre les deux agents ne va finalement dépendre que de l'écart des valorisations. Par contre, l'écart des niveaux de contributions va dépendre des valorisations, du degré de complémentarité des efforts et, comme on peut le voir dans l'expression (2.8), des rendements d'échelle.

Une des intuitions afin expliquer pourquoi lorsqu'il y a suffisamment de complémentarité l'agent qui valorise le plus l'action collective obtient plus de gains nets provient de l'expression (2.4). Pour rappel, à mesure que le degré de complémentarité entre les efforts augmente, l'écart des niveaux de contributions diminue. Donc, lorsque $\sigma < 0.5$ l'écart de niveau de contribution est suffisamment faible pour permettre à l'agent qui valorise le plus d'obtenir un gain net plus important.

Lorsque $\sigma \in (0.5; 1)$, l'effet de la complémentarité n'est pas suffisamment important pour réduire l'écart de contribution afin d'établir assurément un résultat. Cependant, nous observons que de plus faibles rendements de l'action collective, i.e γ , favorisent l'agent qui a une plus forte valorisation. Cela s'observe à travers la fonction de gain net (2.8), plus exactement avec la partie de l'expression $Vv_i - \gamma v_i^{\frac{1}{1-\sigma}}$. Les rendements d'échelle de l'action collective diminuent l'incitation à contribuer à l'action collective. Ce dernier effet semble avantager l'agent qui a la plus forte valorisation de l'action collective; car c'est ce dernier qui y contribue le plus. Il semble donc que cette baisse des niveaux de contributions des agents en raison d'une baisse des rendements d'échelle favorise l'agent qui valorise le plus

4. Pour le détails des calculs voir les annexes à la section 4.3.

l'action collective.

2.2.2 Analyse de la répartition de l'effort collectif

L'analyse standard en termes de gains nets a une limite importante pour notre analyse, elle ne nous informe en rien sur la répartition des gains et des coûts de l'action collective . En effet, un agent peut obtenir des gains nets moins importants qu'un autre agent, mais cela ne veut pas dire qu'il contribue un poids "disproportionné" de l'action collective. De la même manière, un agent peut obtenir plus de gains nets qu'un autre, mais cela ne nous renseigne en rien sur le fait que les gains qu'il obtient sont proportionnels ou non à son effort fourni pour l'action collective.

Pour rappel, un des problèmes rencontrés dans la fourniture à un bien public international concerne notamment la répartition du poids du coût de la fourniture du bien public international. Nous allons donc comparer pour les deux agents i et k , qui valorisent l'action collective telle que : $v_i > v_k$, les bénéfices par effort dépensé. La comparaison des bénéfices par effort dépensé correspond à la comparaison entre d'une part, le ratio des bénéfices nets des deux agents avec le ratio des niveaux de contributions des agents.

Nous posons que l'agent qui a une plus forte valorisation contribue une part du coût de l'action collective "disproportionnée" par rapport à la part des bénéfices qu'il en retire si :

$$\frac{\Pi_i^*}{\Pi_k^*} < \frac{e_i^*}{e_k^*} \leftrightarrow \frac{v_i V - \gamma v_i^{\frac{1}{1-\sigma}}}{v_k V - \gamma v_k^{\frac{1}{1-\sigma}}} < \frac{v_i^{\frac{1}{1-\sigma}}}{v_k^{\frac{1}{1-\sigma}}}. \quad (2.9)$$

En comparant les bénéfices nets par effort dépensé, l'agent i supporte un poids de l'action collective "disproportionné" si :

$$\frac{\Pi_i^*}{e_i^*} < \frac{\Pi_k^*}{e_k^*}. \quad (2.10)$$

Chacunes des inégalités ci-dessus reviennent au résultat ci-dessous :

$$v_k^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} < v_i^{\frac{\sigma}{1-\sigma}}. \quad (2.11)$$

Nous pouvons établir la proposition suivante, en rappelant que $v_i > v_k$:

Proposition 1 : *Lorsque $\sigma > 0$, le bénéfice par effort dépensé de l'agent k , qui a une plus faible valorisation, est plus important que le bénéfice par effort dépensé de l'agent i .*

Pour $\sigma < 0$, le bénéfice par effort dépensé de l'agent i est plus important que le bénéfice par effort dépensé de l'agent k .

L'agent qui a la plus forte valorisation de l'action collective contribue un poids "disproportionné" à l'effort du groupe pour $\sigma > 0$, et l'agent qui a une plus faible valorisation contribue un poids "disproportionné" de l'action collective relativement à la part des bénéfices qu'il en retire lorsque $\sigma < 0$. Nous disons qu'un agent contribue de manière disproportionnée lorsque sa part de contribution à l'action collective est supérieure à sa part de bénéfice qu'il en retire.

Le renversement du sens de l'inégalité entre $\frac{\Pi_i^*}{e_i^*}$ et $\frac{\Pi_k^*}{e_k^*}$ que l'on observe à travers l'expression (2.11), s'explique principalement par la baisse de l'écart des niveaux d'efforts accompagnant une augmentation de la complémentarité entre les efforts des agents, i.e une baisse de σ . Cet écart devient si faible qu'il permet à l'agent ayant une plus forte valorisation de l'action collective d'obtenir une part des gains plus importante par rapport à sa part d'effort fourni pour l'action collective. Notons que le résultat trouvé pour $\sigma < 0$ renverse la conjoncture établie par Olson (1965). Pour rappel, il exprime le fait que c'est l'agent qui a la plus forte valorisation qui contribue *toujours* un poids "disproportionné" de l'action collective. Nous montrons que pour un degré de complémentarité suffisamment important c'est l'agent qui a la plus faible valorisation qui contribue un poids "disproportionné" de l'action collective.

L'intervalle des valeurs de σ qui pose question est celui où l'on trouve à la fois $\Pi_i^* > \Pi_k^*$ et $\frac{\Pi_i^*}{e_i^*} < \frac{\Pi_k^*}{e_k^*}$, car l'agent qui a une plus forte valorisation obtient à la fois un gain net plus important, mais contribue tout de même une part disproportionnée de l'action collective, car il obtient un bénéfice par effort dépensé plus faible que l'autre agent. Cela soulève la question du choix des critères pour comparer la situation relative des agents lorsqu'ils participent à une action collective, car la conclusion sera différente selon le critère que l'on prend.

En résumé, un plus haut degré de complémentarité favorise l'agent qui a une plus forte valorisation. Pour un degré de complémentarité suffisamment important, i.e $\sigma \leq 0.5$, l'agent qui a une plus importante valorisation obtient assurément un gain net plus important. Cependant, il faut un degré de complémentarité encore plus important, i.e

$\sigma < 0$, pour que son bénéfice par effort dépensé soit plus important que celui de l'agent qui a une plus faible valorisation de l'action collective.

2.2.3 Effet du degré de complémentarité sur la fourniture individuelle du bien public

Afin d'expliquer le fait qu'un plus fort degré de complémentarité favorise l'agent qui a une plus forte valorisation nous allons tenter d'expliquer pourquoi la complémentarité influence l'écart de contribution des agents. Nous avons vu précédemment qu'à mesure qu'il y a de la complémentarité entre les efforts des agents, l'écart de contribution diminue, entraînant une participation disproportionnée de la part de l'agent qui a une plus faible valorisation (voir l'expression 2.4).

Ainsi, nous cherchons à comprendre comment les agents adaptent leur niveau de contribution avec le degré de complémentarité entre les efforts. Pour ce faire, nous comparons les variations de l'effort agrégé du groupe (G^*) avec l'augmentation des valorisations, donc avec celle des différents niveaux de contribution à l'équilibre. Formellement, nous comparons : $\partial G^*/\partial v_i$ avec $\partial G^*/\partial v_k$.

Avec cette comparaison nous remarquons que plus il y a de complémentarité entre les efforts, i.e lorsque σ baisse, plus c'est l'agent qui a la plus faible valorisation qui a l'impact marginal le plus important sur l'effort total du groupe⁵.

Dans notre modèle la valeur $\sigma = 0.5$ est décisive, car c'est à partir de cette valeur de σ que l'agent dont l'augmentation de sa contribution a un plus fort impact sur l'effort du groupe, devient celui qui a une plus faible valorisation. Finalement, c'est à partir de cette même valeur que l'écart de contribution est suffisamment faible pour permettre à l'agent qui valorise le plus l'action collective d'obtenir assurément un gain net plus important.

L'intuition que nous donnons à cela est qu'avec une faible complémentarité entre les efforts, i.e $\sigma \in (0.5; 1)$, celui qui a une plus forte valorisation va pouvoir compenser la plus faible contribution à l'effort collectif de l'autre agent afin de fournir un effort collectif suffisant. Lorsqu'il y a suffisamment de complémentarité, i.e $\sigma < 0.5$, en raison de l'interdépendance des efforts, celui qui a une plus forte valorisation ne peut pas compenser le plus faible effort de l'autre pour fournir l'action collective. Il va plutôt chercher à s'aligner

5. $\partial G^*/\partial v_i > \partial G^*/\partial v_k$ pour $\sigma(0, 5; 1)$, et $\partial G^*/\partial v_i < \partial G^*/\partial v_k$ pour $\sigma(-\infty; 0, 5)$; voir les détails à la section 4.4.

sur le niveau d'effort de celui qui a un plus faible niveau de contribution. Ceci explique pourquoi lorsqu'il y a beaucoup de complémentarité entre les efforts des agents, c'est une augmentation de l'effort de l'agent qui a une plus faible valorisation qui augmente le plus l'effort total du groupe. Ainsi, à mesure que la complémentarité entre les efforts augmente, l'effort global tend vers le niveau d'effort de l'agent qui a une plus faible valorisation. En somme, plus σ est faible et plus l'agent qui a la plus forte valorisation de l'action collective est avantagé dans les deux critères utilisés, en raison de la diminution de l'écart de contribution entre les deux agents. Pour un suffisamment haut degré de complémentarité, i.e $\sigma < 0.5$, l'agent qui a la plus forte valorisation de l'action collective obtient un gain net plus important et pour $\sigma < 0$ ce même agent obtient en plus un bénéfice par effort dépensé plus important que l'autre agent.

Nous avons mis en évidence que la fonction de production du bien public a un impact significatif sur les gains nets et la répartition de l'effort collectif lorsque les agents sont hétérogènes. Nous avons montré aussi que la simple comparaison des gains nets ne nous informe pas sur la répartition de l'effort collectif.

À présent, nous allons comparer les résultats que nous venons de trouver avec ceux que l'on trouve en supposant que les agents coopèrent pleinement. L'objectif est d'identifier quel agent, selon ses préférences, est le plus avantagé par l'évolution de la répartition du poids de l'effort collectif en passant d'un système de contributions volontaires à coopératives.

2.2.4 Modèle coopératif non volontaire

Précédemment, nous nous sommes attardés sur l'effet de la complémentarité entre les efforts des agents sur la répartition de l'effort collectif et ses conséquences sur les gains des agents. À présent, nous allons reprendre le modèle précédent, mais nous supposons que les agents coopèrent pleinement entre eux. Cela peut s'apparenter à un accord entre les agents qui se coordonnent pour maximiser le gain du groupe. Ainsi, nous allons comparer ce que nous appelons le *système de contributions volontaires* abordé précédemment et le *système de contributions coopératives* que nous présentons dans cette partie. En comparant ces deux types de systèmes de participation à une action collective nous allons déterminer quel système engendre une répartition de l'effort collectif d'autant plus favorable pour un agent qu'un autre en raison de ses préférences pour l'action collective.

A présent, nous supposons que les agents s'accordent à choisir leur niveau de contribution afin de maximiser les gains nets de l'ensemble du groupe et non les gains individuels. Soit $W = \Pi_i + \Pi_k$.

$$W(e_i, e_k) = (v_i + v_k)G(e_i, e_k) - (e_i + e_k). \quad (2.12)$$

Nous pouvons alors déterminer les conditions du premier ordre suivantes :

$$\frac{\partial W}{\partial e_i} = \gamma n^{\frac{\sigma-\gamma}{\sigma}} \left(\sum_{i=1}^n e_i^\sigma \right)^{\frac{\gamma-\sigma}{\sigma}} e_i^{\sigma-1} (v_i + v_k) - 1 = 0 \quad (2.13)$$

et

$$\frac{\partial W}{\partial e_k} = \gamma n^{\frac{\sigma-\gamma}{\sigma}} \left(\sum_{i=1}^n e_i^\sigma \right)^{\frac{\gamma-\sigma}{\sigma}} e_k^{\sigma-1} (v_i + v_k) - 1 = 0 \quad (2.14)$$

De ces conditions du premier ordre, nous pouvons obtenir les niveaux de contributions des agents suivants :

$$e_i^c = e_k^c = (\gamma \Upsilon)^{\frac{1}{1-\gamma}}. \quad (2.15)$$

Avec $\Upsilon = v_i + v_k$. Les niveaux de contributions sont identiques, car les agents déterminent leur niveau de contribution en prenant en compte l'ensemble des valorisations des agents et non seulement leur propre valorisation de l'action collective. Nous remarquons que le degré de complémentarité n'impacte pas le niveau de contribution individuelle coopérative. Cela vient du fait que les niveaux de contributions sont identiques.

L'effort du groupe peut alors s'écrire de la manière suivante lorsque les agents coopèrent :

$$G^c = F(e^c) = n\gamma^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} \Upsilon^{\frac{\gamma}{1-\gamma}}. \quad (2.16)$$

Ainsi, nous obtenons le gain net individuel de l'agent i :

$$\Pi_i^c = v_i n \gamma^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} \Upsilon^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} - (\gamma \Upsilon)^{\frac{1}{1-\gamma}}, \quad (2.17)$$

que nous pouvons réécrire de la manière suivante :

$$\Pi_i^c = (\gamma \Upsilon)^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} [v_i n - \gamma \Upsilon]. \quad (2.18)$$

et de la même manière pour l'agent k :

$$\Pi_k^c = (\gamma \Upsilon)^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} [v_k n - \gamma \Upsilon]. \quad (2.19)$$

Bien évidemment, dans ce cadre coopératif l'agent qui a la plus forte valorisation va obtenir plus de gains nets, car les deux agents contribuent un même montant et l'agent

qui valorise le plus l'action collective va en retirer un plus fort gain brut, en raison de sa plus forte valorisation v_i . En comparant les bénéfices nets par effort dépensé nous remarquons que $(\frac{\Pi_i}{e_i})^c > (\frac{\Pi_k}{e_k})^c$. Cela s'explique assez facilement par le fait que les niveaux de contributions des agents sont identiques, mais le bénéfice de l'agent qui a la plus forte valorisation de l'action collective est plus important.

Donc, un accord coopératif respecté par les différents agents permet à l'agent qui a la plus grande valorisation relativement à l'agent qui a la plus faible valorisation d'obtenir à la fois plus de gains nets et de bénéfice par effort dépensé. Cela s'explique par le fait que le niveau de contribution est identique pour les agents, mais l'action collective est valorisée différemment avantageant de fait l'agent qui a la plus grande valorisation.

Ce résultat est assez intuitif cependant, Thielemann et Dewan (2013) font remarquer que dans des accords où il est acté un certain déséquilibre dans la répartition de l'effort collectif en défaveur de "petits pays", ces derniers s'engagent tout de même à les respecter. Cela est notamment vrai pour l'accord "Dublin" portant sur la gestion des réfugiés au sein de l'U.E. Nous souhaitons donc pousser l'analyse plus loin en comparant les bénéfices par effort dépensé obtenus en plus par les agents lorsqu'ils passent d'un système de contributions volontaires à coopératives. Cela permet de rendre compte quel agent obtient une répartition d'autant plus favorable en décidant de coopérer. Ainsi, nous comparons les différences entre les bénéfices par effort dépensé obtenus dans les deux systèmes de contributions de chaque agent. Formellement, nous comparons : $\frac{\Pi_i^c}{e_i^c} - \frac{\Pi_i^*}{e_i^*}$, la différence des bénéfices par effort obtenus par l'agent qui a la plus forte valorisation en coopérant avec $\frac{\Pi_k^c}{e_k^c} - \frac{\Pi_k^*}{e_k^*}$, la différence des bénéfices par effort obtenus par l'agent qui a la plus faible valorisation en coopérant. Nous pouvons établir la proposition suivante⁶ :

Proposition 2 : *Lorsque $\sigma > 0$ nous trouvons que $\frac{\Pi_i^c}{e_i^c} - \frac{\Pi_i^*}{e_i^*} > \frac{\Pi_k^c}{e_k^c} - \frac{\Pi_k^*}{e_k^*}$, et lorsque $\sigma < 0$ nous trouvons que $\frac{\Pi_i^c}{e_i^c} - \frac{\Pi_i^*}{e_i^*} < \frac{\Pi_k^c}{e_k^c} - \frac{\Pi_k^*}{e_k^*}$.*

Lorsque $\sigma > 0$ le bénéfice par effort dépensé augmente plus fortement pour l'agent qui a la plus forte valorisation lorsque le système de contribution passe de volontaire à coopératif. Car dans le système de contributions coopératives l'agent qui a une plus forte

6. Les détails des calculs sont en annexes à la section 4.5.

valorisation obtient un bénéfice par effort dépensé plus important que l'autre agent alors qu'il obtient un bénéfice par effort dépensé plus faible que l'autre agent dans le système de contributions volontaires. Pour $\sigma < 0$, le bénéfice par effort dépensé pour l'agent qui a la plus faible valorisation de l'action collective augmente plus fortement que pour l'autre agent lorsque le système de contribution passe de volontaire à coopératif. Autrement dit, pour ces degrés de complémentarité, l'évolution de la répartition de l'effort collectif est d'autant plus bénéfique pour l'agent qui a la plus faible valorisation que pour l'autre agent, même si de manière absolue la répartition de l'effort collectif est favorable à l'agent qui a la plus forte valorisation lorsque les agents coopèrent.

En somme, un accord coopératif ne rend pas équitable la répartition de l'effort collectif. Cet accord fait en sorte que la répartition de l'effort collectif est favorable à l'agent qui a la plus forte valorisation de l'action collective. Cela signifie que si les agents souhaitent une répartition équitable de l'effort collectif, la simple correction du problème de *passager clandestin* n'est pas suffisante. Pour cela, les agents doivent se mettre d'accord sur une règle de répartition des coûts de l'action collective bien précise.

Nous mettons en avant à travers notre **proposition 2**, que les gains marginaux de bénéfices par effort dépensé pour chaque agent obtenus lorsqu'ils passent d'un système de contributions volontaires à coopératives dépendent directement de la technologie de production. De plus, nous montrons lorsque $\sigma < 0$, l'agent qui valorise le moins l'action collective est toujours désavantagé par la répartition de l'effort collectif en coopérant. Cependant, il peut tout de même préférer supporter ce poids, car le bénéfice par effort dépensé supplémentaire qu'il obtient en coopérant est plus important que pour l'autre agent. Ainsi, d'une certaine manière ce dernier agent a un avantage relatif à l'autre agent à passer à un système de contributions coopératives. Cela peut expliquer, en partie, notamment pourquoi des "petits" pays peuvent, dans la fourniture de certains biens publics internationaux, accepter des accords coopératifs qui sont pourtant à leur désavantages en termes de répartition de coût. Ce phénomène peut être illustré, par exemple, par l'accord "Dublin" portant sur la gestion des réfugiés au sein de l'UE (pour une analyse de cet accord voir Thielemann et Dewan 2013).

2.3 Conclusion

Dans cette partie, nous nous intéressons à la répartition de l'effort collectif entre des agents qui valorisent à différents niveaux l'action collective. Cette problématique trouve un écho important dans l'analyse des institutions internationales. Par exemple, dans la littérature traitant de cette question il est démontré concernant l'OTAN que les pays les plus riches y contribuent un poids dit "disproportionné". Concrètement, cette disproportion correspond à une part de contribution d'un agent à l'action collective qui est supérieure à la part des bénéfices obtenue par ce même agent en participant à l'action collective. La conjecture standard et ce depuis Olson (1965), montre que c'est toujours l'agent qui a le plus de revenu ou qui valorise le plus l'action collective qui y contribue un poids disproportionné.

Récemment, ce résultat a été remis en cause empiriquement à travers l'analyse de la coopération internationale dans la protection des réfugiés et la gestion de la sécurité au sein de l'Union Européenne (voir par exemple Dorussen et al. 2009). Dans ces exemples, il est démontré que des pays moins riches contribuent un poids disproportionné par rapport aux bénéfices qu'ils retirent de leur participation. Une des intuitions avancées pour expliquer ce résultat non standard se focalise sur le rôle de la fonction de production de l'action collective.

Nous réalisons une analyse théorique pour analyser le rôle de la fonction de production sur la répartition de l'effort collectif. Nous avons modélisé un modèle de production jointe avec des efforts pouvant être plus ou moins complémentaires. Nous montrons qu'avec un relativement faible degré de complémentarité entre les efforts des agents c'est une augmentation du niveau de contribution de l'agent qui a la plus forte valorisation qui profite le plus à l'effort agrégé du groupe. Cependant, pour des valeurs du degré de complémentarité telles que : $\sigma \leq 0.5$, c'est une augmentation du niveau de contribution de l'agent qui valorise le moins l'action collective qui augmente le plus l'effort agrégé du groupe. Cela permet de mieux comprendre l'effet de la complémentarité.

Pour un faible degré de complémentarité, l'agent qui valorise le plus l'action collective va contribuer de telle manière à compenser la plus faible contribution de l'autre agent. Par contre, pour un plus fort degré de complémentarité, i.e $\sigma < 0.5$, en raison de l'in-

terdépendance des contributions, l'agent qui valorise le plus l'action collective ne peut plus compenser le plus faible niveau d'effort de l'autre agent. Ainsi sa contribution va tendre vers le niveau de contribution de l'agent qui valorise le moins l'action collective, à mesure que le degré de complémentarité augmente. Cet effet nous permet de comprendre ainsi pourquoi à mesure que la complémentarité des efforts augmente, l'écart des niveaux de contributions diminue. Cette diminution de l'écart des niveaux des contributions nous permettant en fin de compte d'expliquer pourquoi la répartition de l'effort collectif est d'autant plus avantageuse pour l'agent qui valorise le plus l'action collective à mesure que le degré de complémentarité augmente.

C'est d'ailleurs ce que nous démontrons dans la **Proposition 1**. Cette proposition stipule que pour des valeurs du degré de complémentarité telles que : $\sigma > 0$, l'agent avec la plus forte valorisation de l'action collective contribue un poids "disproportionné" à cette dernière. Par contre, lorsque la complémentarité entre les efforts est très forte entre les efforts des agents, i.e $\sigma < 0$, c'est l'agent qui a la plus faible valorisation de l'action collective qui y contribue un poids disproportionné relativement à la répartition des bénéfices.

Ensuite, nous supposons que les agents s'accordent entre eux afin de maximiser les gains du groupe en contribuant à l'action collective. Cette hypothèse peut faire référence à des accords internationaux entre pays dans le but de fournir un bien public. L'objectif est de déterminer quel agent, selon ses préférences, est relativement avantageux par rapport à l'autre agent par l'évolution de la répartition de l'effort collectif lorsque les agents coopèrent. Nous comparons donc la répartition de l'effort collectif lorsque les agents contribuent de manière volontaire et lorsqu'ils contribuent de manière coopérative.

Nous montrons que pour des valeurs du degré de complémentarité telles que : $\sigma > 0$, l'agent qui a une plus forte valorisation est d'autant plus avantageux par la répartition de l'effort collectif en passant dans un système de contributions coopératives. Lorsque la complémentarité entre les efforts des agents est plus importante, i.e $\sigma < 0$, l'agent qui a la plus faible valorisation a une augmentation plus importante de ses bénéfices par effort dépensé que l'autre agent lorsque les agents passent d'un système de contributions volontaires à coopératives. Ce résultat met en avant que l'avantage relatif, pour un agent donné, de la répartition de l'effort collectif d'un système de contribution dépend clairement de la

fonction de production de l'action collective. De plus, cette deuxième partie de l'analyse peut expliquer, en partie, pourquoi des agents peuvent préférer signer un accord coopératif alors que la répartition de l'effort collectif ne leur est pas forcément à leur avantage de manière absolue, comme c'est le cas dans notre modèle pour l'agent qui a une plus faible valorisation. Pour rappel, ce dernier agent contribue de manière disproportionnée lorsque les agents coopèrent, mais l'augmentation de ses bénéfices par effort dépensé est plus importante que celle obtenue par l'autre agent pour $\sigma < 0$.

2.4 Annexes

2.4.1 Existence de l'équilibre de Nash et interactions stratégique

Pour rappel, la condition du premier ordre correspond à :

$$\frac{\partial \Pi_i}{\partial e_i} = \gamma n^{\frac{\sigma-\gamma}{\sigma}} \left(\sum_{i=1}^n e_i^\sigma \right)^{\frac{\gamma-\sigma}{\sigma}} e_i^{\sigma-1} v_i - 1 = 0. \quad (2.20)$$

À partir de la condition du premier ordre, nous déterminons la condition du second ordre :

$$\frac{\partial^2 \Pi_i}{\partial e_i^2} = \gamma n^{\frac{\sigma-\gamma}{\sigma}} v_i \left[\left(\frac{\gamma-\sigma}{\sigma} \right) \left(\sum_{i=1}^n e_i^\sigma \right)^{\frac{\gamma-\sigma}{\sigma}-1} \sigma e_i^{2\sigma-2} + \left(\sum_{i=1}^n e_i^\sigma \right)^{\frac{\gamma-\sigma}{\sigma}} (\sigma-1) e_i^{\sigma-2} \right] \quad (2.21)$$

En simplifiant, nous pouvons réécrire la condition du second ordre comme suit :

$$\frac{\partial^2 \Pi_i}{\partial e_i^2} = \gamma v_i n^{\frac{\sigma-\gamma}{\sigma}} \left(\sum_{i=1}^n e_i^\sigma \right)^{\frac{\gamma-\sigma}{\sigma}-1} e_i^{\sigma-2} \left[(\gamma-\sigma) e_i^\sigma + (\sigma-1) \left(\sum_{i=1}^n e_i^\sigma \right) \right], \quad (2.22)$$

En simplifiant encore, nous obtenons :

$$\frac{\partial^2 \Pi_i}{\partial e_i^2} = \gamma v_i n^{\frac{\sigma-\gamma}{\sigma}} \left(\sum_{i=1}^n e_i^\sigma \right)^{\frac{\gamma-\sigma}{\sigma}-1} e_i^{\sigma-2} \left[\gamma e_i^\sigma - \left(\sum_{i=1}^n e_i^\sigma \right) + \sigma \left(\sum_{i \neq k}^{n-1} e_k^\sigma \right) \right]. \quad (2.23)$$

Vu que $\sigma < 1$ nous obtenons $\frac{\partial^2 \Pi_i}{\partial e_i^2} < 0$. Par conséquent, il existe un équilibre de Nash.

2.4.2 Expression de l'équilibre de Nash

En insérant l'expression suivante $e_k = \left(\frac{v_k}{v_i} \right)^{\frac{1}{1-\sigma}} e_i$ dans la condition du premier ordre (2.20), nous obtenons :

$$e_i^{1-\sigma} = v_i \gamma n^{\frac{\sigma-\gamma}{\sigma}} \left(\sum_{i=1}^n v_i^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} \right)^{\frac{\gamma-\sigma}{\sigma}} \left(\frac{1}{v_i^{\frac{\gamma-\sigma}{1-\sigma}}} \right) e_i^{\gamma-\sigma}. \quad (2.24)$$

En simplifiant l'expression nous pouvons écrire :

$$e_i^{1-\gamma} = \gamma n^{\frac{\sigma-\gamma}{\sigma}} v_i^{\frac{1-\gamma}{1-\sigma}} \left(\sum_{i=1}^n v_i^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} \right)^{\frac{\gamma-\sigma}{\sigma}}. \quad (2.25)$$

Nous obtenons finalement la contribution individuelle à l'équilibre de l'agent i

$$e_i^* = \gamma^{\frac{1}{1-\gamma}} n^{\frac{\sigma-\gamma}{\sigma(1-\gamma)}} v_i^{\frac{1}{1-\sigma}} \left(\sum_{i=1}^n v_i^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} \right)^{\frac{\gamma-\sigma}{\sigma(1-\gamma)}}. \quad (2.26)$$

2.4.3 Analyse des gains nets

Nous recherchons les conditions pour lesquelles $\Pi_i > \Pi_k$. Nous rappelons que la fonction de gain nets de l'agent i à l'équilibre correspond à :

$$\Pi_i^* = n^{\frac{(\sigma-\gamma)}{\sigma(1-\gamma)}} V^{\frac{(\gamma-\sigma)}{\sigma(1-\gamma)}} \left[V v_i - \gamma v_i^{\frac{1}{1-\sigma}} \right]. \quad (2.27)$$

En partant des fonctions de gains nets des deux agents, nous savons que $\Pi_i^* > \Pi_k^*$ si :

$$V v_i - \gamma v_i^{\frac{1}{1-\sigma}} > V v_k - \gamma v_k^{\frac{1}{1-\sigma}}. \quad (2.28)$$

En reformulant cette inégalité, nous obtenons :

$$(1-\gamma) v_i^{\frac{1}{1-\sigma}} + v_i v_k^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} > (1-\gamma) v_k^{\frac{1}{1-\sigma}} + v_k v_i^{\frac{\sigma}{1-\sigma}}, \quad (2.29)$$

enfin, nous obtenons au final :

$$(1-\gamma) \left(v_i^{\frac{1}{1-\sigma}} - v_k^{\frac{1}{1-\sigma}} \right) > v_k v_i^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} - v_i v_k^{\frac{\sigma}{1-\sigma}}. \quad (2.30)$$

Vu que le terme de droite est toujours négatif pour $\sigma \leq 0.5$, l'agent i obtient un plus haut niveau de gain net que l'agent k . Cependant, le résultat est moins clair pour $\sigma > 0.5$. Cela s'explique en partie par l'impact des rendements d'échelle. Ce que nous pouvons affirmer pour ces valeurs de σ , c'est qu'un degré relativement faible de rendements d'échelle tend à favoriser l'agent qui a la plus forte valorisation.

2.4.4 Analyse de la fourniture du bien public

Nous rappelons qu'à l'équilibre de Nash la valeur du bien public fourni correspond à :

$$G^* = n \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^{*\sigma} \right)^{\frac{\gamma}{\sigma}} = \gamma^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} n^{\frac{(\sigma-\gamma)}{(1-\gamma)\sigma}} V^{\frac{\gamma(1-\sigma)}{(1-\gamma)\sigma}}. \quad (2.31)$$

Si nous souhaitons connaître l'impact marginal de la contribution d'un agent sur l'effort collectif, nous allons analyser comment varie G avec les valorisations des agents. Car, nous savons qu'un agent augmente sa contribution lorsque sa valorisation augmente.

$$\partial G^* / \partial v_i = \gamma^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} n^{\frac{(\sigma-\gamma)}{\gamma(1-\sigma)}} \left(\frac{\gamma(1-\sigma)}{\sigma(1-\gamma)} \right) V^{\frac{\gamma(1-\sigma)}{(1-\gamma)\sigma}-1} \frac{\sigma}{1-\sigma} v_i^{\frac{\sigma}{1-\sigma}-1}, \quad (2.32)$$

en simplifiant, nous obtenons :

$$\partial G^* / \partial v_i = \gamma^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} n^{\frac{(\sigma-\gamma)}{\gamma(1-\sigma)}} \frac{\gamma}{1-\gamma} V^{\frac{\gamma(1-\sigma)}{(1-\gamma)\sigma}-1} v_i^{\frac{\sigma}{1-\sigma}-1}. \quad (2.33)$$

Finalement nous obtenons que : $\partial G^*/\partial v_i > \partial G^*/\partial v_k$, sous la condition que $v_i^{\frac{\sigma}{1-\sigma}-1} > v_k^{\frac{\sigma}{1-\sigma}-1}$. Ce qui est le cas si $\frac{2\sigma-1}{1-\sigma} > 0$, donc pour $\sigma \in (0.5, 1)$. Ainsi, l'apport marginal de l'agent avec un plus forte valorisation est plus importante que celui de l'agent qui a une plus faible valorisation pour $\sigma \in (0.5, 1)$, mais c'est l'inverse pour toutes valeurs de $\sigma \in (-\infty, 0.5)$.

2.4.5 Démonstration de la proposition 2

Nous cherchons à démontrer la proposition 2. Pour ce faire et pour simplifier les calculs nous écrivons la différence des bénéfices par effort dépensé pour l'agent i lorsque les agents coopèrent. $D_i = (\frac{\Pi_i}{e_i})^c - \frac{\Pi_i^*}{e_i^*}$, avec :

$$\frac{\Pi_i^*}{e_i^*} = \frac{n^{\frac{(\sigma-\gamma)}{\sigma(1-\gamma)}} \gamma^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} V^{\frac{(\gamma-\sigma)}{\sigma(1-\gamma)}} \left[V v_i - \gamma v_i^{\frac{1}{1-\sigma}} \right]}{\gamma^{\frac{1}{1-\gamma}} n^{\frac{\sigma-\gamma}{\sigma}} v_i^{\frac{1}{1-\sigma}} V^{\frac{\gamma-\sigma}{\sigma(1-\gamma)}}}. \quad (2.34)$$

Après simplification nous obtenons le bénéfice par effort dépensé suivant pour l'agent i en non coopératif :

$$\frac{\Pi_i^*}{e_i^*} = \frac{n^{\frac{(\sigma-\gamma)}{\sigma(1-\gamma)}} V v_i^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}}}{\gamma n^{\frac{\sigma-\gamma}{\sigma}}} - \frac{1}{n^{\frac{\sigma-\gamma}{\sigma}}}. \quad (2.35)$$

Ensuite, le bénéfice par effort dépensé en coopératif pour l'agent i s'écrit :

$$\frac{\Pi_i^c}{e_i^c} = \frac{n v_i}{\gamma \Upsilon} - 1. \quad (2.36)$$

Donc, nous pouvons écrire la différence des bénéfices par effort dépensé coopératif et non coopératif pour l'agent i :

$$D_i = \frac{n v_i}{\gamma \Upsilon} - 1 + \frac{n^{\frac{(\sigma-\gamma)}{\sigma(1-\gamma)}} V v_i^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}}}{\gamma n^{\frac{\sigma-\gamma}{\sigma}}} - \frac{1}{n^{\frac{\sigma-\gamma}{\sigma}}}.$$

Nous pouvons donc écrire la différence $D_i - D_k$:

$$D_i - D_k = \frac{1}{\gamma} \left[n \left(\frac{v_i - v_k}{\Upsilon} \right) + \frac{n^{\frac{(\sigma-\gamma)}{\sigma(1-\gamma)}}}{n^{\frac{(\sigma-\gamma)}{\sigma}}} V \left(v_k^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}} - v_i^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}} \right) \right]. \quad (2.37)$$

Vu que pour $\sigma > 0$, l'expression $v_k^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}} - v_i^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}}$ est positive. Donc pour $\sigma > 0$ la différence $D_i - D_k$ est positive.

Pendant le signe de cette expression est plus difficile à déterminer lorsque $\sigma < 0$ car $v_k^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}} - v_i^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}} < 0$. Nous nous concentrons sur l'analyse en supposant $\sigma < 0$. En procédant par étape nous pouvons déterminer que $\frac{n^{\frac{(\sigma-\gamma)}{\sigma(1-\gamma)}}}{n^{\frac{(\sigma-\gamma)}{\sigma}}} > n$. À présent il nous faut déterminer

si la valeur de l'expression $V \left(v_k^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}} - v_i^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}} \right)$ est plus importante que celle de l'expression $\frac{v_i - v_k}{\Upsilon}$ afin de déterminer le signe de $D_i - D_k$. Pour ce faire, nous posons la différence $\frac{v_i - v_k}{\Upsilon} - V \left(v_k^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}} - v_i^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}} \right)$, si cette différence est négative cela signifie que la valeur de la différence $V \left(v_k^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}} - v_i^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}} \right)$ est plus importante que celle de $\frac{v_i - v_k}{\Upsilon}$. Nous rappelons que pour $\sigma < 0$, l'expression $v_k^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}} - v_i^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}}$ est négative.

En mettant tout au même dénominateur et en développant nous obtenons :

$$v_i - v_k^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} v_i^{\frac{1-2\sigma}{1-\sigma}} + v_i^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} v_k^{\frac{1-2\sigma}{1-\sigma}} - v_i^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}} v_k^{\frac{1}{1-\sigma}} + v_k^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}} v_i^{\frac{1}{1-\sigma}} - v_k. \quad (2.38)$$

Pour simplifier nous supposons que $v_k = 1$ et $v_i > 1$. Nous pouvons réécrire l'expression précédente ainsi : $v_i - 1 + v_i^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} - v_i^{\frac{1-2\sigma}{1-\sigma}} + v_i^{\frac{1}{1-\sigma}} - v_i^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}}$. Lorsque $\sigma < 0$ nous avons $v_i^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} - 1 < 0$.

Il nous reste alors à déterminer le signe de $v_i - v_i^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}} + v_i^{\frac{1}{1-\sigma}} - v_i^{\frac{1-2\sigma}{1-\sigma}}$.

Toujours avec $\sigma < 0$ nous savons que $v_i - v_i^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}} > 0$ et $v_i^{\frac{1}{1-\sigma}} - v_i^{\frac{1-2\sigma}{1-\sigma}} < 0$. Sauf que l'écart $v_i - v_i^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}}$ est plus faible que l'écart négatif $v_i^{\frac{1}{1-\sigma}} - v_i^{\frac{1-2\sigma}{1-\sigma}}$. Car, $v_i > v_i^{\frac{1}{1-\sigma}}$ et $v_i^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}} < v_i^{\frac{1-2\sigma}{1-\sigma}}$.

Ainsi, vu que $\frac{n^{\frac{(\sigma-\gamma)}{\sigma(1-\gamma)}}}{n^{\frac{(\sigma-\gamma)}{\sigma}}} > n$ et que la différence $\frac{v_i - v_k}{\Upsilon} - V \left(v_k^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}} - v_i^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}} \right)$ est négative pour $\sigma < 0$, nous pouvons conclure que $D_i - D_k < 0$.

Chapitre 2, Partie 2 : Répartition du poids de l'effort collectif et préférences sociales

Transition

Dans la première partie de ce second chapitre, nous avons cherché à caractériser comment la complémentarité entre les efforts des agents impacte les niveaux de contributions des agents et comment cela se répercute sur la répartition de l'effort collectif entre les agents. Nous avons montré que la complémentarité des efforts rend la répartition de l'effort collectif plus favorable à l'agent qui valorise le plus l'action collective. Nous avons analysé comment cette répartition évolue lorsque les agents passent d'un système de contributions volontaires à coopératives. Le but étant d'établir quel agent gagne le plus de bénéfices par effort dépensé lorsque le système de contributions passe de l'un à l'autre. Nous avons montré que le degré de complémentarité entre les efforts joue un rôle décisif pour déterminer quel agent obtient une augmentation plus importante de ses bénéfices par effort dépensé en changeant de cadre de contribution.

Cependant, nous avons supposé jusqu'à présent dans notre thèse que les agents sont autocentrés dans leur détermination du niveau d'effort qu'ils fournissent à l'action collective, excepté dans la partie précédente où nous avons supposé une coopération parfaite des agents. Cependant, cette coopération reflète plus un accord entre des agents que des préférences individuelles. Or, avec les récentes avancées de la recherche en économie expérimentale et comportementale, il est montré que les agents ne déterminent pas leur niveau d'effort de manière purement autocentrée. Par conséquent, nous allons chercher à déterminer comment une préférence sociale impacte la répartition de l'effort collectif et son caractère équitable.

2.5 Introduction

Dans les actions collectives (que ce soit la fourniture de bien public, la conservation d'une ressource ou encore des conflits entre groupes) les agents ont généralement des valorisations différentes de l'action collective à laquelle ils participent. Cela a pour conséquence logique que les agents ont des niveaux différents de contributions ou d'efforts à l'action collective.

La littérature économique s'intéressant à l'hétérogénéité des agents dans les actions collectives aborde généralement deux problématiques. La première concerne la répartition de l'effort collectif, plus exactement, comment l'effort collectif se répartit relativement à la répartition des gains. La seconde s'intéresse à l'influence de l'hétérogénéité des agents sur l'effort global et le bien-être matériel du groupe. Nous allons nous focaliser principalement sur la première. L'objectif est d'identifier comment une préférence sociale impacte le caractère équitable de la répartition de l'effort collectif. Nous supposons qu'une répartition équitable de l'effort collectif correspond à l'égalité entre les bénéfices par effort dépensé des différents agents.

Le modèle que nous réalisons peut faire référence à des situations où des petites collectivités ou des communautés d'agents vont contribuer volontairement à un bien public, par exemple, la fourniture et la gestion d'un système d'irrigation (voir par exemple, Dayton-Johnson 2000 et Marshall 2004), ou encore le partage de connaissances au sein d'une entreprise (voir par exemple, Cabrera et Cabrera 2002). Plusieurs points sont soulevés dans ces papiers, en particulier dans Dayton-Johnson (2000) et Marshall (2004). Ils analysent comment les agents vont coopérer lorsque les États décident de déléguer la gestion d'un bien public au niveau local et que les agents n'ont pas les mêmes préférences pour le bien public. Ces papiers mettent en avant que le choix de contribution va, en partie, dépendre du choix d'une règle proportionnelle d'allocation de la ressource. De plus, ces papiers montrent que cela va aussi dépendre des interactions sociales qu'ont les individus entre eux (ce que l'on va apparenter à des préférences sociales).

L'analyse théorique traitant de la répartition de l'effort collectif (voir entre autres Hirshleifer, 1983; Nitzan et Ueda 2013, et pour une revue de littérature Gavrillets, 2015) suppose des agents parfaitement autocentrés. Ces papiers montrent qu'avec des agents

hétérogènes les niveaux de contributions entre les agents sont différents et le résultat standard de cette littérature est que l'effort collectif est réparti de manière inéquitable. Le résultat standard de cette littérature est que c'est l'agent qui a la plus forte valorisation qui va contribuer de manière dite "disproportionnée". Cette disproportion est caractérisée par un poids de contribution supporté par cet agent qui est plus grand que la part des bénéfices qu'il retire de l'action collective.

Cependant, ce résultat standard est contesté dans certains papiers théoriques. Xu (1999) suppose des agents qui sont en information imparfaite concernant la préférence à l'action collective des autres agents. Il montre que l'agent qui valorise le moins l'action collective contribue plus qu'un agent qui valorise plus celle-ci. Nitzan et Ueda (2013) montrent aussi qu'avec une fonction de coût convexe, il est possible que l'agent avec une plus faible valorisation contribue une part plus importante que la part des bénéfices qu'il retire de l'action collective. Enfin, nous avons montré dans la première partie de ce chapitre que pour un degré de complémentarité entre les efforts des agents suffisamment important, l'agent qui a la plus faible valorisation de l'action collective fournit un effort disproportionné au regard de la part des bénéfices qu'il retire de cette action.

Ce qui est commun à tous ces papiers est l'hypothèse formulée selon laquelle les agents sont parfaitement autocentrés. Or, comme le montre la littérature expérimentale, les agents ne se comportent pas simplement de manière autocentrée (voir entre autres Chaudhuri ; 2011). De plus, des papiers d'économie expérimentale qui se sont intéressés à cette question de la répartition du poids de l'effort collectif entre des agents hétérogènes montrent le rôle prépondérant des préférences sociales sur cette répartition avec certains résultats qui contredisent le résultat standard de la théorie (voir par exemple Chan et al. 1996, Chan et al. 1999, Cherry et al. 2005, Buckley et Croson 2006 ou encore Kesternich et al. 2014).

Nous allons analyser un modèle qui peut représenter, par exemple, un système de gestion locale d'irrigation. Nous reprenons le modèle de Ray et al. (2007), où les agents hétérogènes cherchent à contribuer volontairement à un bien public fourni par des contributions plus ou moins substituables. Cependant, nous nous démarquons de ces derniers en supposant que les agents ne sont plus simplement des agents autocentrés, mais ont une préférence plus ou moins bienveillante/malveillante des autres agents. Un des objectifs de ce papier est d'analyser comment se répartit l'effort du groupe lorsque les agents sont plus

ou moins bienveillants. De manière explicite, nous souhaitons déterminer, par exemple, si l'effort est mieux réparti dans un groupe composé d'agents altruistes.

Proche de notre analyse, Alger (2010) dans un jeu de contribution volontaire à un bien public avec des agents qui peuvent varier en termes de degré d'altruisme ou de méchanceté s'intéresse principalement à l'équilibre évolutivement stable. Elle réalise dans un premier temps une analyse des équilibres de Nash standards des contributions des joueurs en fonction des différents degrés de préférence sociales (positifs ou négatifs). Contrairement à son analyse, nous supposons un même degré de préférence sociale pour tous les membres de la même manière que Esteban et Ray (2011), mais avec des agents qui valorisent différemment la production jointe qu'ils réalisent en contribuant simultanément. Notre objectif est de représenter théoriquement la fourniture d'un bien public par une petite communauté d'agents, mais qui valorisent à des degrés différents ce bien. De part ce degré de valorisation différent de l'action collective, les agents vont y contribuer à différents niveaux. Nous cherchons à déterminer si la bienveillance entre les agents permet de répartir plus équitablement l'effort collectif. Pour ce faire, nous avons juste besoin de supposer un paramètre qui représente soit une certaine bienveillance entre les agents (les agents valorisent tous positivement les gains des autres agents), soit une certaine malveillance entre eux (auquel cas les agents valorisent négativement les gains des autres agents).

Nous nous démarquons aussi de l'analyse d'Alger (2010) concernant la forme de la fonction de production du bien public produit. Nous supposons une fonction de production permettant aux efforts d'avoir une certaine complémentarité entre eux, là où Alger (2010) suppose une fonction de production avec des efforts parfaitement substituables. Nous remarquons que dans la littérature théorique qui introduit de l'altruisme (ou des préférences sociales en générale), la fonction de production de bien public est généralement composée de contributions parfaitement substituables, à l'exception notable de Cheikbossian (2020, 2021).

Pour analyser l'évolution de la répartition de l'effort collectif, nous reprenons comme critère les bénéfices par effort dépensé des agents. Nous montrons que plus les agents sont altruistes entre eux et plus la différence entre le bénéfice par effort dépensé de l'agent qui valorise le plus l'action collective avec celui qui valorise le moins celle-ci, augmente. Cela signifie qu'à mesure que les agents sont bienveillants entre eux l'évolution de la

répartition de l'effort collectif se fait en faveur de l'agent qui a la plus forte valorisation de l'action collective. Ensuite, nous montrons qu'il existe une valeur du degré d'altruisme ou de malveillance pour laquelle l'effort des agents dans le groupe est réparti équitablement (à savoir en proportion des parts de gains de chacun.)

2.6 Le modèle

Nous supposons un modèle représentant une petite collectivité qui fournit un bien public. Cela peut faire référence, par exemple, aux collectivités dont l'État laisse gérer le système d'irrigation (voir par exemple Marshall, 2004 ; pour l'Australie et Dayton-Johnson, 2000 ; pour le Mexique). Ce type de bien est fourni par des contributions qui ne sont pas parfaitement substituables, comme l'explique notamment Ray et al. (2007).

Nous supposons donc la fonction de production du bien public suivante :

$$G(e_i, e_{-i}) = n \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^\sigma \right)^{\frac{\gamma}{\sigma}} \quad \text{for } \sigma \in \{(-\infty, 0) \cup (0, 1]\}. \quad (2.39)$$

Où σ correspond au degré de complémentarité entre les efforts des agents. Lorsque $\sigma = 1$, les efforts des agents sont parfaitement substituables, ainsi le montant total des contributions correspond à la somme des efforts : $G = n \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i \right)^\gamma$. Si $\sigma \rightarrow -\infty$, les efforts sont parfaitement complémentaires, ainsi le montant total de l'action collective produit, correspond à une fonction de type *weakest link*, formellement $F(\mathbf{e}) = \text{Min}\{e_i\}$. Nous définissons γ comme le paramètre de rendements d'échelle, $\gamma \in (0, 1)$.

Ainsi, nous avons une fonction de production du bien public similaire à la partie 1 du chapitre 2. il s'agit d'une fonction de production CES classique avec le paramètre de la taille du groupe n . Cette formalisation de la fonction CES, s'inspire de la propriété d'absence de biais de la taille de groupe exprimée par Cubel et Sanchez-Pages (2014).

Nous supposons une fonction de coût de contribution linéaire $c(e_i) = e_i$. Nous obtenons la fonction de gains nets ou bien-être matériel pour l'agent i , quasi-identique à celle de Ray et al.(2007) et similaire à la partie 1 du Chapitre 2 :

$$\Pi_i(e_i, \mathbf{e}_{-i}) = v_i G(e_i, e_{-i}) - e_i. \quad (2.40)$$

Cependant, nous allons nous distinguer de leur modèle en supposant que les agents ne sont pas parfaitement autocentrés. En effet, il est tout à fait envisageable que dans de

petites collectivités, les agents développent du lien social et en contribuant à la fourniture du bien public prennent en compte le bien-être matériel des autres participants à l'action collective. De plus, au vu des résultats de l'économie expérimentale nous pouvons remettre en cause cette hypothèse d'agents seulement autocentrés, comme nous l'avons indiqué dans l'introduction.

Pour simplifier l'analyse, nous supposons seulement deux agents qui fournissent le bien public ($n = 2$). Il y a l'agent i qui valorise le bien public à un niveau v_i et un agent k qui valorise le bien public à un niveau v_k . Pour le reste du papier nous supposons $v_i > v_k$. Le fait de supposer seulement deux agents ne change pas les résultats en soi et simplifie les calculs.

L'introduction d'une préférence sociale dans ce modèle nous distingue de beaucoup de papiers qui se sont intéressés à la question de la répartition de l'effort collectif et à l'effet de l'hétérogénéité sur l'efficacité du groupe. Ainsi, nous stipulons que les agents prennent en compte positivement ou négativement le gain net de l'autre agent. Nous supposons un même degré de préférence sociale pour les deux agents.

Nous notons la valeur $\beta \in (-1, 1)$ le degré de préférence sociale. Nous supposons qu'un agent valorise toujours moins le gain net de l'autre agent que son propre gain⁷. β représente le degré d'altruisme ou de bienveillance entre les agents, pour $\beta > 0$, et le degré de malveillance lorsque $\beta < 0$. Notons que ce β peut représenter diverses préférences sociales dans la littérature (voir par exemple Levine 1993). Nous écrivons la fonction d'utilité de l'agent i suivante :

$$U_i = \Pi_i(e_i, \mathbf{e}_k) + \beta \Pi_k(e_k, \mathbf{e}_i), \quad (2.41)$$

et celle de l'agent k :

$$U_k = \Pi_k(e_k, \mathbf{e}_i) + \beta \Pi_i(e_i, \mathbf{e}_k), \quad (2.42)$$

Notons qu'il existe de nombreux débats en économie comportementale et expérimentale pour tenter de définir les préférences sociales qui correspondent le plus au comportement des agents lorsqu'ils contribuent à un bien public, nous préférons ne pas rentrer dans les détails de ce débat. Esteban et Ray (2011) proposent une interprétation possible pour

7. Notons que cette hypothèse est remise en question par Alger 2010.

ce paramètre, notamment lorsqu'il est identique pour chaque agent, qui est la mesure de la capacité des agents du groupe à dépasser le problème du *passager clandestin*. Pour simplifier la discussion, nous analysons ce β comme étant une représentation de la bienveillance ou de la malveillance des agents entre eux. Pour notre analyse ce qui compte c'est principalement le signe de β .

Pour la suite de ce papier, dans une première partie nous déterminons les variables à l'équilibre. Ensuite, nous analysons comment varie la répartition de l'effort collectif avec le degré de complémentarité des efforts et le degré de préférence sociale, i.e β . L'objectif est d'analyser l'impact combiné de ces variables sur la différence des niveaux de contributions ce qui nous permettra d'obtenir des intuitions concernant l'influence de cette variable sur la répartition de l'effort collectif que nous analyserons par la suite.

2.6.1 Le modèle avec préférence sociale

Nous pouvons réécrire l'utilité de l'agent i de cette manière :

$$U_i = G(e_i; e_k) (v_i + \beta v_k) - e_i - \beta e_k, \quad (2.43)$$

et celle de l'agent k de cette manière :

$$U_k = G(e_i; e_k) (v_k + \beta v_i) - e_k - \beta e_i. \quad (2.44)$$

Nous rappelons que $v_i > v_k$ et $n = 2$. Afin de simplifier la notation, nous écrivons $\omega_i = v_i + \beta v_k$, que nous définissons comme étant la valorisation sociale de l'agent i . Le modèle étant similaire à celui de la première partie du chapitre 2, nous pouvons y remplacer dans la détermination des variables en Nash, v_i et v_k par ω_i et ω_k pour obtenir les variables à l'équilibre de ce modèle avec préférence sociale. Nous supposons que $\omega_i > 0$ et $\omega_k > 0$, sinon un agent ne participe pas à la fourniture du bien public, ce qui n'a pas d'intérêt pour notre analyse.

Nous déterminons l'équilibre de Nash suivant, en dérivant la fonction d'utilité en fonction de e_i :

$$e_i^* = \gamma^{\frac{1}{1-\gamma}} 2^{\frac{\sigma-\gamma}{\sigma(1-\gamma)}} \omega_i^{\frac{1}{1-\sigma}} \Omega^{\frac{\gamma-\sigma}{\sigma(1-\gamma)}}. \quad (2.45)$$

Avec : $\Omega = \left(\omega_i^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} + \omega_k^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} \right)$.

Nous obtenons le niveau d'effort agrégé suivant :

$$G^* = \gamma^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} 2^{\frac{(\sigma-\gamma)}{(1-\gamma)\sigma}} \Omega^{\frac{\gamma(1-\sigma)}{(1-\gamma)\sigma}}. \quad (2.46)$$

Puis nous pouvons écrire le gain brut d'un agent i :

$$G_i^* = v_i n \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_i^{*\sigma} \right)^{\frac{\gamma}{\sigma}} = \gamma^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} 2^{\frac{(\sigma-\gamma)}{(1-\gamma)\sigma}} \Omega^{\frac{\gamma(1-\sigma)}{(1-\gamma)\sigma}} v_i. \quad (2.47)$$

Finalement, nous écrivons le gain net de l'agent i :

$$\Pi_i^* = \gamma^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} 2^{\frac{(\sigma-\gamma)}{\sigma(1-\gamma)}} \Omega^{\frac{\gamma-\sigma}{\sigma(1-\gamma)}} \left[\Omega v_i - \gamma \omega_i^{\frac{1}{1-\sigma}} \right]. \quad (2.48)$$

Enfin l'utilité individuelle correspond à :

$$U_i^* = \gamma^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} 2^{\frac{(\sigma-\gamma)}{\sigma(1-\gamma)}} \Omega^{\frac{(\gamma-\sigma)}{\sigma(1-\gamma)}} \left[\Omega \omega_i - \gamma \left(\omega_i^{\frac{1}{1-\sigma}} + \beta_i \omega_k^{\frac{1}{1-\sigma}} \right) \right]. \quad (2.49)$$

Il est important de préciser que nous allons nous concentrer sur les gains matériels et non sur l'utilité. Nous souhaitons analyser comment se répartit l'effort collectif en fonction notamment du paramètre de préférence sociale. Bien que nous stipulons que l'agent fait son choix de niveau de contribution en maximisant son utilité, nous comparons les gains matériels et le niveau de contribution à l'action collective. En effet, pour analyser la répartition de l'effort collectif et en qualifier son caractère équitable nous analysons les bénéfices par effort dépensé, soit $\frac{\Pi_i^*}{e_i^*}$.

2.6.2 La répartition du poids de l'action collective avec des agents non parfaitement auto-centrés

La plupart des papiers théoriques analysant la répartition de l'effort collectif n'introduisent pas de préférence sociale. Or, si le sujet économique concerne de petites communautés et leur capacité à se fournir un bien public, tout laisse à penser que les agents participants à l'action collective ne sont pas totalement autocentrés, mais prennent en compte les autres agents en déterminant leur niveau de contribution respectif.

Nous allons nous attarder à analyser la répartition de l'effort collectif entre des agents qui ont différentes valorisations de l'action collective et une préférence sociale. Une des principales conclusions des papiers théoriques analysant la répartition de l'effort collectif est que, dans un cadre de contributions volontaires, l'effort se répartit inéquitablement et souvent au détriment de l'agent qui a la plus grande valorisation de l'action collective (voir notamment : Olson 1965, Baik 2008, Nitzan et Ueda 2014 et Gavrilets 2015). La notion d'inéquité ne fait pas référence à une question morale, mais plutôt à une description objective, où un agent contribue une part plus importante que la part des bénéficiaires

qu'il obtient en cherchant à maximiser son utilité. L'intérêt de cette partie est d'observer si c'est toujours le cas lorsque l'on change l'hypothèse comportementale des agents. Plus précisément, cette partie a pour objectif de déterminer s'il existe toujours une répartition inéquitable du poids de l'effort collectif, même lorsque les agents ne sont pas parfaitement autocentrés. De plus, nous cherchons si c'est toujours l'agent qui a une plus forte valorisation qui contribue toujours de manière "disproportionnée" à l'action collective.

Nous définissons formellement un effort collectif réparti inéquitablement, et donc un poids de contribution "disproportionné" supporté par un agent, si ce que retire comme gains supplémentaires un agent est inférieur à ce qu'il contribue en plus relativement à l'autre agent. Plus formellement, si l'on suit le résultat standard de la littérature où l'agent qui a la plus forte valorisation (dans notre modèle l'agent i) contribue un poids disproportionné, cela signifie : $\frac{G_i^*}{G_k^*} < \frac{e_i^*}{e_k^*}$. Notons qu'en raison de la linéarité du coût de contribution, comparer le ratio des gains bruts avec celui des contributions de chacun des agents revient à comparer les bénéfices par effort dépensé ($\frac{\Pi}{e}$). Par conséquent, une autre manière de formuler le résultat standard de la littérature est : $\frac{\Pi_i^*}{e_i^*} < \frac{\Pi_k^*}{e_k^*}$. Cela signifie que l'agent qui valorise le plus l'action collective a un bénéfice par effort dépensé moins important que l'agent qui a la plus faible valorisation.

Par commodité de lecture, pour le reste du papier nous utilisons le critère de bénéfice net par effort dépensé, car nous pensons que cela rend plus clair le caractère équitable ou non de la répartition de l'effort collectif (rappelant que c'est équitable vis-à-vis de la distribution des bénéfices). Si les agents ont le même bénéfice par effort, cela signifie que la part des bénéfices qu'ils retirent est équivalente à la part des coûts qu'ils supportent de l'action collective.

Pour commencer, nous stipulons la relation générale entre β et la répartition de l'effort collectif à travers la proposition suivante⁸ :

Proposition 1 : *Il existe une relation monotone croissante entre la différence des bénéfices par effort dépensé de l'agent i et de l'agent k avec le degré de préférence sociale, soit $\frac{\partial \left(\frac{\Pi_i^*}{e_i^*} - \frac{\Pi_k^*}{e_k^*} \right)}{\partial \beta} > 0$, pour tout σ , γ et β .*

8. les détails des calculs sont en annexes à la section 9.1.

Pour rappel, la littérature théorique standard traitant de cette question montre que l'agent qui a la plus forte valorisation contribue une part "disproportionnée" de l'action collective. Dans notre modèle ce fait est exprimé par l'expression suivante : $\frac{\Pi_i^*}{e_i^*} - \frac{\Pi_k^*}{e_k^*} < 0$.

La **Proposition 1** stipule que plus il y a de l'altruisme (ou moins de malveillance) entre les agents et plus l'effort collectif se répartit en faveur de l'agent qui a une plus forte valorisation v_i , car une augmentation de β diminue l'occurrence de trouver l'inégalité suivante : $\frac{\Pi_i^*}{e_i^*} - \frac{\Pi_k^*}{e_k^*} < 0$.

Cette proposition nous permet de mettre en avant l'effet de l'altruisme entre les agents sur la répartition de l'effort collectif, à savoir que l'altruisme influence positivement la répartition de l'effort collectif en faveur de l'agent qui a la plus forte valorisation.

Une explication de cela est qu'une augmentation de l'altruisme diminue l'écart des niveaux de contributions $\frac{e_i^*}{e_k^*}$. En effet, ce ratio dépend seulement du ratio de valorisation sociale de l'action collective des deux agents : $(\frac{\omega_i}{\omega_k})^{\frac{1}{1-\sigma}}$, avec $\omega_i = v_i + \beta v_k$ et $\omega_k = v_k + \beta v_i$. Ce ratio diminue avec β ⁹. Pour rappel $v_i > v_k$, donc à mesure que β augmente, la valorisation sociale de i (ω_i) augmente à un degré v_k . Dans le même temps, la valorisation sociale de l'agent k (ω_k) augmente à un degré v_i . De fait, à mesure que β augmente, l'écart des valorisations sociales diminuent. C'est ce que nous appelons *l'effet altruisme*.

Nous avons donc identifié un premier effet lié à la préférence sociale sur la répartition du poids de l'effort collectif. Cependant, nous ne pouvons déterminer assurément quel agent a un bénéfice par effort dépensé plus important. Cependant, nous pouvons analyser la répartition de l'effort collectif et en qualifier son caractère (in)équitable. Pour ce faire, nous allons comparer pour les deux agents le bénéfice par effort dépensé. Si les bénéfices par effort dépensé de chaque agent sont égaux, cela signifie que la part des bénéfices retirés de l'action collective de chaque agent correspond à leur part de contribution. En comparant les bénéfices par effort dépensé ($\frac{\Pi}{e}$) des agents i et k , en rappelant que $v_i > v_k$, nous pouvons établir la proposition suivante¹⁰ :

Proposition 2 : *En supposant que $v_k = 1$ et $v_i > 1$, nous définissons une valeur,*

9. Nous le montrons en annexes à la section 9.1.

10. Les détails des calculs sont en annexes à la section 9.2

$\widehat{\beta} = \frac{v_i - v_i^{1-\sigma}}{v_i^{\frac{1}{2}-\sigma} - 1}$ telle que les bénéfices par effort dépensé sont égaux entre les agents.

Dans un premier temps, nous analysons ce paramètre $\widehat{\beta}$. Notons que $\widehat{\beta}$ ne peut ni être supérieur à 1, ni être inférieur à -1 . De plus, nous remarquons que $\widehat{\beta} > 0$, si $\sigma > 0$ et l'inverse si $\sigma < 0$. Cela permet de mettre en avant deux résultats. Si $\sigma > 0$ et $\beta < 0$ donc $\beta < \widehat{\beta}$, l'agent k , qui valorise le moins l'action collective, a un bénéfice par effort dépensé supérieur à celui de l'agent i . Le résultat est bien évidemment inversé pour $\sigma < 0$ et $\beta > 0$. Nous retrouvons donc notre résultat lorsque les agents sont parfaitement autocentrés ($\beta = 0$) de la partie 1 du chapitre 2. L'agent qui a une plus grande valorisation de l'action collective i va obtenir un bénéfice par effort dépensé plus faible que l'autre agent pour $\sigma > 0$ (car avec ces valeurs de σ , nous avons $\widehat{\beta} > 0$). L'agent qui a une plus faible valorisation, va avoir son bénéfice par effort dépensé plus faible que l'agent i pour $\sigma < 0$ (car pour ces valeurs de σ , nous avons $\widehat{\beta} < 0$).

De plus, cette proposition signifie que même si des agents n'ont pas la même valorisation pour l'action qu'ils mènent ensemble, il existe un degré de bienveillance/malveillance tel qu'aucun agent ne contribue une part plus importante à l'action collective relativement à la part des gains qu'il obtient de celle-ci. Cela signifie, par exemple, que sans institution imposant une règle de répartition de l'effort il est possible par la bienveillance (ou la malveillance si $\sigma < 0$) que la part de contributions des agents corresponde à leur part de bénéfice respective. Une autre interprétation est que la bienveillance peut permettre des contributions individuelles *équitables* lorsque $\sigma > 0$ et la malveillance peut permettre cela lorsque $\sigma < 0$. Nous rappelons que ce terme "équitable" signifie que la part de contribution des agents correspond à la part de bénéfices retirés.

Ce dernier point est intéressant à soulever lorsque la gestion et la fourniture d'un bien public sont déléguées au niveau local. En effet, contrairement au résultat lorsque l'on suppose des agents autocentrés (voir la **Proposition 1** de la partie 1 du chapitre 2), nous montrons que selon le degré de complémentarité entre les efforts des agents, il est possible que la répartition du poids de contribution à l'effort collectif corresponde à la répartition des bénéfices de cette action, ce qui n'est jamais le cas lorsque les agents sont autocentrés ou coopèrent.

À présent, nous allons analyser ce $\widehat{\beta}$ pour déterminer comment il évolue par rapport à la complémentarité. Pour faciliter l'interprétation, si $\beta > \widehat{\beta}$ alors le bénéficiaire par effort dépensé de l'agent qui a la plus forte valorisation est plus important que celui de l'autre agent soit : $\frac{\Pi_i^*}{e_i^*} > \frac{\Pi_k^*}{e_k^*}$. Par contre, si $\beta < \widehat{\beta}$ c'est l'inverse soit : $\frac{\Pi_i^*}{e_i^*} < \frac{\Pi_k^*}{e_k^*}$. Donc, pour tout $\beta \in [\widehat{\beta}; 1]$ nous avons $\frac{\Pi_i^*}{e_i^*} > \frac{\Pi_k^*}{e_k^*}$ et pour tout $\beta \in [-1; \widehat{\beta}]$ nous avons $\frac{\Pi_i^*}{e_i^*} < \frac{\Pi_k^*}{e_k^*}$. Nous pouvons à présent poser la proposition suivante :

Proposition 3 : *Une augmentation de la complémentarité (donc une baisse de σ) diminue la valeur de $\widehat{\beta}$, donc augmente l'intervalle des valeurs de β pour lesquelles nous obtenons le résultat suivant : $\frac{\Pi_i^*}{e_i^*} > \frac{\Pi_k^*}{e_k^*}$.*

Cette proposition nous permet de mettre en avant une interrelation entre le degré de complémentarité entre les efforts des agents et le paramètre de préférence sociale. La **proposition 3** nous permet de stipuler que l'effet de la complémentarité entre les efforts des agents et *l'effet altruisme* se renforcent en engendrant une répartition de l'effort collectif favorisant l'agent qui a une plus grande valorisation de l'action collective. Pour rappel, à mesure que les efforts des agents sont complémentaires, l'agent qui valorise le plus l'action collective ne va plus chercher à compenser le plus faible niveau de contribution de l'autre agent, mais plutôt à s'aligner sur ce niveau¹¹. Ceci a pour conséquence logique une diminution du ratio des contributions des agents. Ainsi, l'effet de la complémentarité est le même que *l'effet altruisme* sur l'écart des niveaux de contributions et donc sur la répartition de l'effort collectif.

Cette **proposition 3** signifie aussi que les effets de la complémentarité entre les efforts des agents et celui de *l'altruisme* explicité précédemment sont substituables, dans le sens où même s'il n'y a pas suffisamment de complémentarité entre les efforts des agents, un β suffisamment important peut faire en sorte que l'agent qui a une plus forte valorisation contribue moins que proportionnellement à ce qu'il retire comme part de bénéfices de l'action collective.

Dans cette partie, nous nous sommes intéressés à l'effet d'une préférence sociale sur

11. Pour plus de détails sur ce point voir la partie 1 du chapitre 2, et en l'occurrence la sous-section 2.2.3.

la répartition du poids de l'effort collectif. Nous avons montré premièrement que plus les agents sont altruistes entre eux et plus la répartition avantage relativement l'agent qui a la plus forte valorisation. Autrement dit, si nous avons une situation initiale où $\frac{\Pi_i^*}{e_i^*} - \frac{\Pi_k^*}{e_k^*} > 0$, une augmentation de β va augmenter cette différence. Dans le cas où nous avons initialement $\frac{\Pi_i^*}{e_i^*} - \frac{\Pi_k^*}{e_k^*} < 0$, une augmentation de β va diminuer l'écart des bénéfices par effort dépensé des agents. Ce résultat est le reflet de ce que l'on appelle dans notre modèle *l'effet altruisme*. Ce dernier effet met en avant que le ratio entre les niveaux de contributions des agents diminuent à mesure que l'altruisme augmente, car l'agent qui a une plus faible valorisation va plus prendre en compte la plus grande valorisation de l'autre agent. Dans le même temps, l'agent qui a la plus forte valorisation va plus prendre en compte la valorisation plus faible de l'autre agent dans sa valorisation sociale. Ainsi, le ratio des valorisations sociales entre l'agent i et l'agent k diminue, réduisant le ratio des niveaux de contributions de ces agents. De plus, nous montrons que le degré de complémentarité a un effet important sur la relation entre le degré d'altruisme ou de malveillance entre les agents et le caractère *équitable* de la répartition du poids de l'effort collectif. C'est ce que nous caractérisons avec la **Proposition 2** et la **Proposition 3**. En effet, nous montrons que plus il y a de complémentarité entre les efforts des agents et moins le degré de bienveillance, i.e β , nécessaire pour rendre la répartition de l'effort collectif à l'avantage de l'agent qui valorise le plus l'action collective (soit $\frac{\Pi_i^*}{e_i^*} > \frac{\Pi_k^*}{e_k^*}$) doit être important.

Finalement avec ces résultats nous pouvons caractériser des situations où l'agent qui a une plus faible valorisation de l'action collective contribue de manière disproportionnée. Cela correspond à des situations où le degré de complémentarité et de bienveillance sont relativement importants. Nous rappelons qu'un niveau important de bienveillance entre les agents n'est pas forcément une condition suffisante pour permettre à l'agent qui valorise le plus l'action collective d'obtenir un bénéfice par effort dépensé plus important. En effet, pour obtenir ce résultat il faut que le degré de complémentarité entre les efforts des agents soit relativement important en fonction du degré de bienveillance des agents.

2.7 Conclusion

Dans ce papier, nous nous sommes attardés à analyser l'effet de l'altruisme ou de la malveillance sur différentes questions posées par la littérature traitant de la fourniture de bien public, avec des agents qui valorisent à des degrés différents l'action collective. Nous avons analysé comment se répartit l'effort collectif lorsque les agents sont plus altruistes (ou moins malveillants) entre eux et les conséquences de cela sur les bénéfices par effort dépensé de chaque agent.

Nous montrons que plus les agents sont bienveillants, plus il est possible que ce soit l'agent qui valorise le plus l'action collective qui obtient un bénéfice par effort dépensé plus important. Nous montrons cependant que le signe de la différence des bénéfices par effort dépensé va dépendre du degré de complémentarité des efforts.

En somme, ces résultats montrent qu'une plus grande bienveillance entre les agents n'est pas tout le temps une condition suffisante pour permettre à l'agent qui valorise le plus l'action collective de ne pas contribuer de manière disproportionnée. La forme de la fonction de production de l'action collective influence fortement la relation entre le degré de bienveillance des agents et la répartition du poids de l'effort collectif.

Enfin, dans ce modèle nous nous sommes attardés à analyser un groupe composé de deux agents seulement. Les résultats peuvent changer sensiblement en généralisant ce modèle, bien que nous ne pensons pas que cela change les intuitions principales que nous dégagons de notre modèle. Ensuite, nos résultats correspondent à une modélisation plutôt simple de préférence sociale. Or d'autres types de préférences sociales peuvent être modélisées comme la réciprocité par exemple. Nous pensons qu'un autre type de préférence sociale peut changer les résultats mis en avant notamment concernant la répartition de l'effort collectif¹².

Comme tout travail théorique, il requiert une vérification empirique. Nous pensons que l'exercice de ce modèle peut être retranscrit (avec quelques simplifications) sous forme d'expérience. Nous remarquons que peu de travaux expérimentaux réalisent des jeux de contributions volontaires à un bien public avec des efforts plus ou moins complémentaires (à notre connaissance seulement Fenig et al. 2016). Or, nous pensons que les intuitions

12. Nous tirons cette intuition de l'analyse expérimentale réalisée par Buckley et Croson 2006, dans laquelle les auteurs montrent l'effet de la réciprocité sur des niveaux d'efforts d'agents hétérogènes.

que nous dégageons à travers notre modèle méritent d'être testées, car elles pourraient sensiblement améliorer notre compréhension de l'interaction qui peut exister entre la technologie de production d'un bien public et les préférences sociales des agents sur le niveau d'effort des agents.

2.8 Annexes

2.8.1 Démonstration de la proposition 1

L'objectif est de démontrer que la différence entre le bénéfice par effort dépensé de l'agent qui a la plus forte valorisation et de l'agent qui a la plus faible valorisation est croissante avec β . Pour ce faire, il nous suffit de comparer comment évolue la différence entre le ratio des gains bruts des agents avec celui des contributions. En effet dans notre modèle comparer : $\frac{\partial \Pi_i}{\partial \beta}$ avec $\frac{\partial \Pi_k}{\partial \beta}$, revient à comparer $\frac{\partial \frac{G_i}{G_k}}{\partial \beta}$ avec $\frac{\partial \frac{e_i}{e_k}}{\partial \beta}$, en raison de la fonction linéaire du coût de contribution.

Pour rappel nous avons :

$$\Pi_i^* = \gamma^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} 2^{\frac{(\sigma-\gamma)}{\sigma(1-\gamma)}} \Omega^{\frac{(\gamma-\sigma)}{\sigma(1-\gamma)}} \left[\Omega v_i - \gamma \left(\omega_i^{\frac{1}{1-\sigma}} \right) \right], \quad (2.50)$$

et

$$e_i^* = \gamma^{\frac{1}{1-\gamma}} 2^{\frac{\sigma-\gamma}{\sigma(1-\gamma)}} \omega_i^{\frac{1}{1-\sigma}} \Omega^{\frac{\gamma-\sigma}{\sigma(1-\gamma)}}. \quad (2.51)$$

En effectuant le ratio de ces deux variables et que nous cherchons à déterminer si le bénéfice par effort dépensé de l'agent i est plus important que pour l'autre agent, nous obtenons :

$\frac{v_i}{\omega_i^{\frac{1}{1-\sigma}}} > \frac{v_k}{\omega_k^{\frac{1}{1-\sigma}}}$. Ce qui revient à écrire la comparaison entre les gains bruts et les niveaux

de contributions : $\frac{G_i}{G_k} > \frac{e_i}{e_k}$, à savoir : $\frac{v_i}{v_k} > \frac{\omega_i^{\frac{1}{1-\sigma}}}{\omega_k^{\frac{1}{1-\sigma}}}$. Ainsi, pour déterminer comment évolue la répartition du poids de l'effort du groupe nous pouvons aussi bien utiliser le bénéfice par effort dépensé que le ratio des gains bruts avec celui des niveaux de contributions.

Donc pour déterminer comment la répartition du poids de l'effort collectif varie avec β , nous effectuons le calcul suivant :

$$\partial \left(\frac{G_i}{G_k} - \frac{e_i}{e_k} \right) / \partial \beta = 0 - \frac{\frac{1}{1-\sigma} \left(v_k \omega_k^{\frac{1}{1-\sigma}} \omega_i^{\frac{1}{1-\sigma}-1} - v_i \omega_i^{\frac{1}{1-\sigma}} \omega_k^{\frac{1}{1-\sigma}-1} \right)}{\omega_k^{\frac{2}{1-\sigma}}} > 0. \quad (2.52)$$

Donc, plus β est important et plus l'écart entre le ratio des gains bruts et celui des niveaux de contributions augmentent, ce qui est favorable à l'agent i . Ainsi, la différence entre les

bénéfices par efforts dépensés de l'agent i et ceux de l'agent k augmente. Cela montre que plus les agents sont bienveillants, plus la répartition de l'effort collectif est favorable à l'agent i .

2.8.2 Démonstration de la Proposition 2 et de la Proposition 3

Nous démontrons en premier lieu la proposition 2. Nous rappelons la fonction de gains nets d'un agent i suivante :

$$\Pi_i^* = \gamma^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} 2^{\frac{(\sigma-\gamma)}{\sigma(1-\gamma)}} \Omega^{\frac{(\gamma-\sigma)}{\sigma(1-\gamma)}} \left[\Omega v_i - \gamma \left(\omega_i^{\frac{1}{1-\sigma}} \right) \right]. \quad (2.53)$$

Et nous rappelons la fonction de contribution individuelle à l'équilibre d'un agent i :

$$e_i^* = \gamma^{\frac{1}{1-\gamma}} 2^{\frac{\sigma-\gamma}{\sigma(1-\gamma)}} \omega_i^{\frac{1}{1-\sigma}} \Omega^{\frac{\gamma-\sigma}{\sigma(1-\gamma)}}. \quad (2.54)$$

À présent nous comparons les bénéfices par effort dépensé de chaque agent : $\frac{\Pi_i^*}{e_i^*}$ avec $\frac{\Pi_k^*}{e_k^*}$, ce qui revient comme nous l'avons montré plus haut à comparer ces deux ratios : $\frac{\Pi_i^*}{\Pi_k^*}, \frac{e_i^*}{e_k^*}$.

Nous obtenons alors l'égalité suivante :

$$\frac{\Pi_i^*}{e_i^*} = \frac{\Pi_k^*}{e_k^*} \iff \frac{\Omega v_i - \gamma \left(\omega_i^{\frac{1}{1-\sigma}} \right)}{\omega_i^{\frac{1}{1-\sigma}}} = \frac{\Omega v_k - \gamma \left(\omega_k^{\frac{1}{1-\sigma}} \right)}{\omega_k^{\frac{1}{1-\sigma}}}, \quad (2.55)$$

Nous remarquons que cela revient à comparer : $\frac{G_i}{G_k} = \frac{e_i}{e_k}$:

$$\frac{v_i}{v_k} = \left(\frac{\omega_i}{\omega_k} \right)^{\frac{1}{1-\sigma}}. \quad (2.56)$$

En réarrangeant les termes nous obtenons :

$$v_i^{1-\sigma} (v_k + \beta v_i) = v_k^{1-\sigma} (v_i + \beta v_k), \quad (2.57)$$

et donc nous obtenons l'égalité suivante :

$$\beta (v_i^{2-\sigma} - v_k^{2-\sigma}) = v_i v_k^{1-\sigma} - v_i^{1-\sigma} v_k, \quad (2.58)$$

En isolant β nous obtenons :

$$\beta = \frac{v_i v_k^{1-\sigma} - v_i^{1-\sigma} v_k}{(v_i^{2-\sigma} - v_k^{2-\sigma})}. \quad (2.59)$$

Nous nommons ce paramètre $\hat{\beta}$. En supposant que $v_k = 1$ et $v_i > 1$ nous obtenons :

$$\hat{\beta} = \frac{v_i - v_i^{1-\sigma}}{v_i^{2-\sigma} - 1}. \quad (2.60)$$

Dans un premier temps, nous analysons cette variable $\widehat{\beta}$. Nous remarquons que $\widehat{\beta} > 0$, si $\sigma > 0$ et l'inverse si $\sigma < 0$. Cela permet de mettre en avant deux résultats. Si $\sigma > 0$ et $\beta < 0$ donc $\beta < \widehat{\beta}$, l'agent k a un bénéfice par effort dépensé supérieur à celui de l'agent i . Le résultat est bien évidemment inversé pour $\sigma < 0$ et $\beta > 0$.

Ensuite, nous voulons observer comment $\widehat{\beta}$ varie avec le degré de complémentarité, σ , afin d'affiner notre analyse et comprendre la relation qui peut exister entre la complémentarité des efforts et le degré de bienveillance ou malveillance entre les agents.

$$\frac{\partial \widehat{\beta}}{\partial \sigma} = \frac{\ln(v_i) e^{(1-\sigma)\ln(v_i)} (e^{(2-\sigma)\ln(v_i)} - 1) + \ln(v_i) (e^{\ln(v_i)} - e^{(1-\sigma)\ln(v_i)})}{[e^{(2-\sigma)\ln(v_i)} - 1]^2}, \quad (2.61)$$

ou encore :

$$\frac{\partial \widehat{\beta}}{\partial \sigma} = \frac{\ln(v_i) [v_i^{1-\sigma} (v_i^{2-\sigma} - 1) + v_i - v_i^{1-\sigma}]}{[v_i^{2-\sigma} - 1]^2} > 0. \quad (2.62)$$

Pour preuve, lorsque σ est positif il n'y a pas de difficultés. Pour $\sigma < 0$ il suffit de constater que $v^{1-\sigma} > 1$, et $|v^{2-\sigma} - 1| > |v - v^{1-\sigma}|$. Cela signifie que plus les efforts des agents sont substituables et plus le degré de bienveillance nécessaire pour que $\frac{\Pi_i^*}{e_i^*} > \frac{\Pi_k^*}{e_k^*}$ doit être important.

Chapitre 3

Action collective et conflit dans un environnement adverse

Transition

Au cours des deux premiers chapitres, nous avons analysé respectivement une action collective dans un contexte de conflit et une fourniture volontaire de bien public. Dans ce troisième chapitre, nous souhaitons nous inspirer d'un autre pan de la littérature économique traitant des actions collectives, à savoir des modèles dits "Production et Conflit".

Ce type de modèle représente l'idée que les agents peuvent effectuer un arbitrage entre participer à une action collective ou fournir un effort de conflit. Nous partons donc des modèles que l'on a utilisé afin d'analyser comment l'arbitrage entre fournir un effort de conflit et fournir un bien collectif varie lorsque l'environnement économique se dégrade. La volonté de notre part d'intégrer dans notre analyse une dégradation de l'environnement nous provient du constat fait que l'environnement économique va se dégrader fortement dans les années futures en raison du changement climatique. Un des objectifs de ce troisième chapitre consiste donc à analyser comment varie l'arbitrage des agents entre fournir un effort de conflit et participer à une action collective lorsque l'environnement économique se dégrade.

Récemment Dickson et al. (2018) ont formalisé un modèle de conflit en supposant des préférences moins restrictives que dans les modèles standard. Les modèles standards de conflit supposent implicitement une relation monotone croissante entre un effort de conflit et un montant de ressource conflictuel. Dickson et al. (2018), démontrent avec des

préférences moins restrictives, que la relation entre l'effort de conflit et le montant de ressource conflictuel n'est pas monotone, représentant ainsi plus de situations de la vie réelle où des conflits peuvent se cristalliser sur la raréfaction d'une ressource. Ce résultat nous a inspirés pour intégrer cette partie de l'analyse dans notre modèle afin d'établir, comment les préférences des agents impactent leur arbitrage entre fournir un effort de conflit ou participer à un effort collectif dans un environnement économique dégradé.

3.1 Introduction

Le processus de dérèglement climatique, mis en exergue il y a maintenant plus de quarante ans dans le rapport Meadows (1972), est aujourd'hui suffisamment avancé pour que certains chercheurs affirment que l'on se dirige vers un effondrement de la civilisation à l'échelle de la planète (Ehrlich et Ehrlich 2018). Sans aller aussi loin dans les conséquences futures du processus de dérèglement climatique, il existe un consensus signifiant que ce dernier va détériorer les conditions de vie de l'ensemble des êtres vivants et donc des êtres humains, à l'échelle de la planète. Face à ce risque et les conséquences pratiques de celui-ci, il semble que les actions politiques pour atténuer les effets du changement climatique ne sont pas à la hauteur des enjeux (Hovi et al 2015). Par conséquent, il apparaît fort probable que les conditions de vie de l'ensemble des êtres humains vont se dégrader dans le temps.

Partant de ce constat, nous nous intéressons dans ce papier à la réaction que peuvent avoir les êtres humains face à la dégradation de leur environnement. Lazarus (2017) soulève que les êtres humains ont un comportement varié face à l'adversité, alors que ce n'est pas nécessairement le cas des autres espèces vivantes. Il expose des exemples où les êtres humains montrent une certaine coopération lorsque les conditions de vie sont difficiles et d'autres cas où il n'y a aucune présence de coopération. Pour les autres espèces, Lazarus (2017) et Andras et al. (2007) montrent qu'elles ont une tendance à la coopération lorsque leur environnement est plus adverse.

Il est communément admis qu'en cas de crise majeure impactant l'ordre de la société, les êtres humains se comportent de manière à laisser penser qu'ils oublient toutes normes sociales et manières de coopérer en nuisant à l'intérêt d'autrui. Cette vision est renforcée par les images de pillages, par exemple, observées après le passage de l'Ouragan Katrina en Floride. Cependant, Whitt et Wilson (2007) réalisent une étude expérimentale sur des personnes qui ont été évacuées pendant l'ouragan Katrina. Ils montrent avec un jeu de contribution volontaire à un bien public que ces personnes, soumises à un fort stress, ont développé une attitude coopérative très forte. Ainsi, l'exemple de l'ouragan Katrina montre bien l'ambivalence du comportement humain que l'on pourrait classer en deux catégories dans ce cas précis. Il y a un comportement que nous appellerons conflictuel,

où les individus fournissent un effort pour accaparer à titre individuel quelque chose qui ne leur appartient pas en soi. Ensuite, il y a un comportement collectif, où les individus fournissent un effort pour produire un bien public de manière volontaire. L'objectif de ce chapitre est de déterminer les incitations économiques qui engendrent un effort plutôt conflictuel ou collectif, lorsque l'environnement économique se dégrade.

La relation entre l'adversité d'un environnement et la coopération a été abondamment étudiée en biologie évolutive et dans d'autres sciences humaines, telle que la psychologie par exemple (voir Lazarus 2017). Afin de bien comprendre le cheminement de notre pensée et en quoi ce papier cherche à compléter l'analyse déjà produite, nous allons brièvement expliquer ce que rapporte cette littérature. La biologie évolutive a notamment utilisé l'incertitude face à un risque (reflétant par exemple le risque de subir une éruption volcanique ou un séisme) comme variable explicitant l'adversité de l'environnement (Bendor, 1993, Andras et al. 2007 et Krams et al. 2009 entre autres). Dans l'ensemble de ces papiers, il y a une relation positive entre l'incertitude sur l'environnement et la coopération entre les agents. Il faut comprendre la coopération comme une action coûteuse pour l'individu, qui ne favorise pas seulement l'agent qui réalise cette action, mais qui améliore l'état d'autres agents. Ensuite, d'autres papiers abordent l'adversité comme une perte sèche, sans incertitude sur l'occurrence de celle-ci (voir par exemple Smaldino et al., 2013 et Richer et al., 2013). Dans ces papiers, la relation mise en avant entre l'adversité de l'environnement et la coopération est non monotone. Dans certaines conditions, l'adversité engendre une plus forte coopération, mais dans d'autres cas l'adversité peut entraîner une disparition de la coopération. De Jaegher (2017) utilise le cadre d'un jeu de contribution volontaire à un bien public pour tester des hypothèses qui expliquent la coopération face à l'adversité. Dans ce papier, qui utilise toujours des concepts d'équilibre de la biologie évolutive, les agents ont un choix binaire : contribuer ou ne pas contribuer. De Jaegher nomme "coopération" le fait de contribuer. Ils montrent que la relation entre l'adversité et le nombre de contributeurs est non monotone. Cette relation dépend notamment de la forme de la fonction de coût de contribution et de la difficulté de coopérer des agents. Enfin, dans un cadre de modèle qui se démarque d'un jeu de contribution volontaire au bien public et du dilemme du prisonnier, des auteurs analysent le lien entre l'adversité et la coopération avec un jeu de dilemme social avec risque collectif (voir entre autres, Chen et al., 2012 ; Chen et Perc,

2014). Ces derniers papiers montrent dans l'ensemble un lien positif entre l'adversité et la coopération.

L'ensemble de ces résultats en biologie évolutive montre bien qu'il n'est pas évident de déterminer si des personnes vont chercher à coopérer lorsque les conditions de vie deviennent plus difficiles. Théoriquement et empiriquement, cette relation semble dépendre d'un contexte spécifique. L'objectif de notre analyse consiste à utiliser les outils économiques pour étudier la relation entre l'adversité de l'environnement des agents et le choix de ces derniers entre, adopter un comportement conflictuel ou collectif. En économie, l'on peut caractériser un comportement conflictuel par l'effort fourni des agents dans un conflit afin d'accaparer de manière privée un bien ou une ressource. Un comportement collectif est caractérisé par une contribution volontaire à un bien qui bénéficie aussi à d'autres agents. De ce fait, contrairement à la biologie évolutive qui peut caractériser ce dernier comportement de coopératif, en économie il s'agit d'un comportement non coopératif car les agents fournissent un effort pour maximiser leur propre utilité et non l'utilité du groupe. En d'autres termes, nous analysons le choix des agents entre fournir un effort pour accaparer une ressource et contribuer à un bien public volontairement.

Nous allons nous concentrer exclusivement sur les incitations économiques qui amènent les agents à plutôt faire le choix de participer à un projet collectif lorsque leur environnement se dégrade, ou plutôt fournir un effort de conflit. Cependant, dans la plupart des papiers cités ci-dessus, l'alternative pour les agents à la coopération (fournir un effort pour soi-même qui a un effet positif pour autrui) est la défection, c'est-à-dire ne pas participer ou faiblement à l'effort collectif. Or, comme nous l'avons explicité avec l'exemple de l'ouragan Katrina, une autre interaction présente aussi chez les êtres humains dans un environnement adverse est le conflit. Par ailleurs certains auteurs prédisent que le processus de dérèglement climatique va engendrer plus de conflits, liés par exemple à une diminution de l'accès aux ressources ou à une augmentation des mouvements de populations (voir Nordas et Gleditsch, 2007 pour une discussion sur ce sujet). Nous allons donc fournir un cadre d'analyse où nous supposons que les agents peuvent à la fois contribuer volontairement à un bien public ou fournir un effort conflictuel. Ce cadre permet à la fois d'identifier si effectivement, lorsque les conditions économiques se dégradent, les agents se tournent plus vers le conflit ou vers l'action collective. Ainsi, nous nous distinguons de

la biologie évolutive en intégrant l'interaction conflictuelle entre les agents qui peut être vérifiée empiriquement, notamment dans des cas de dégradation de l'environnement.

Il est important de préciser que nous ne sommes pas les premiers en économie à traiter de cette problématique. Le lien entre la participation à l'action collective et l'adversité de l'environnement a été traité de différentes manières en économie. Par exemple, Barrett (2013) dans un modèle de coopération internationale pour lutter contre le changement climatique introduit de l'incertitude. Cette incertitude concerne soit le niveau de dégradation lié au dérèglement climatique, soit le seuil de dérèglement climatique qui engendre la catastrophe climatique. Il montre que la coopération dépend de l'impact de l'incertitude. Dans ce modèle, la coopération correspond à un accord collectif de contribution, donc contrairement à notre modèle il y a une coordination entre les agents. Ensuite, Schmidt (2017) introduit de la dynamique dans le modèle de Barrett (2013) et montre la possibilité d'émergence d'une grande coalition pour formuler un accord. Un dernier exemple que nous pouvons citer est Du et Tang (2018) qui montrent, dans un modèle de contribution au bien public, l'intérêt d'une assurance pour faciliter la contribution à ce dernier lorsqu'il existe une incertitude sur le montant de fourniture au bien public. Leur résultat sous-entend que l'incertitude peut être néfaste à la fourniture de bien public et qu'il est possible d'atténuer cet effet avec une logique d'assurance.

Ces papiers, comme d'autres, expriment l'adversité de l'environnement à travers l'incertitude, se questionnant sur l'effet de celle-ci sur la capacité des agents à coopérer, ou au moins à contribuer à la fourniture d'un bien public. Dans notre modèle, comme nous l'avons dit précédemment, nous envisageons les conséquences du dérèglement climatique comme un fait et non une probabilité. Par conséquent, notre modèle ne va pas analyser la capacité des agents à participer à une action collective face à un risque, mais plutôt face à une dégradation effective de leur environnement économique. Ensuite, ces derniers papiers analysent la capacité des agents à contribuer dans un cadre de contribution volontaire à un bien public. Nous souhaitons enrichir cette analyse en recherchant l'arbitrage, et ce qui influence celui-ci, des agents entre contribuer à un bien public et participer à un conflit. En effet, nous souhaitons à travers ce modèle exprimer un autre contexte que ces papiers. Un contexte où la disponibilité des biens ne passe pas par le marché ni par des institutions étatiques et où les relations ne sont pas, en soi, pacifiées. Cela peut faire référence à des

contextes actuels bien précis tels que la Syrie, l'Irak ou l'Afghanistan récemment, où des milices armées dominaient et dominent encore militairement et économiquement (en s'appropriant des ressources) certaines régions de ces pays. Sans prendre de cas aussi extrêmes, beaucoup de nos interactions aujourd'hui se déroulent en dehors de la sphère marchande et étatique, par exemple une communauté agricole peut chercher à se partager une réserve d'eau pour arroser leur culture sans identifier clairement des droits de propriété sur cette ressource.

Quoi qu'il en soit, nous pensons qu'avec le dérèglement climatique et les difficultés qu'il engendre pour les sociétés, il est de plus en plus difficile pour une autorité étatique de faire respecter l'État de droit. Dans ce contexte, nous nous demandons si les agents vont tendre à "la guerre de tous contre tous" ou plutôt vers une forme de gestion collective volontaire des biens. Cela nous permet d'être en lien avec un large pan de la littérature économique traitant des conflits. Plus exactement, nous sommes proches, dans notre analyse, des modèles dits de "Production et Conflit".

Dans les modèles de "Production et Conflit", les agents ont une dotation qu'ils doivent allouer volontairement entre une production commune et un effort de conflit pour accaparer une partie de cette même production commune. La différence majeure avec les modèles de conflits standards est que ces derniers supposent un montant de ressource fixé de manière exogène sur laquelle se cristallise le conflit. Nous reprenons des modèles de "Production et Conflit" l'idée générale très bien représentée par la citation de Pareto dans l'article de Hirshleifer (1988) : "Les efforts des hommes sont utilisés de deux manières différentes : ils sont destinés à la production ou la transformation de biens économiques, ou bien à l'appropriation des biens produits par les autres". Ces modèles analysent l'effort de conflit, appelé aussi d'appropriation, dans des contextes divers et en analysant comment certains paramètres influencent l'allocation de la dotation entre l'effort de conflit et celui tourné vers la production d'un bien collectif (voir entre autres Hirshleifer, 1988 ; Hirshleifer, 1995 ; Hausken, 2005 ; Skaperdas, 1991 ; Skaperdas, 1992). Hirshleifer (1988) explicite les différentes formes que peuvent prendre les modèles de "Production et Conflit". Dans son article de 1995, il analyse comment l'effort de conflit varie en fonction de paramètres. Par exemple, il montre que la taille du groupe augmente l'effort de conflit. Pour une revue concernant ces modèles, le papier de Hausken (2005) est intéressant, car il fournit en plus

une comparaison entre ces modèles et ceux traitant simplement des modèles de recherche de rentes.

Nous nous distinguons premièrement de ces modèles en considérant deux biens distincts qui correspondent à un panier de biens. Le bien produit collectivement n'est pas directement le bien que les agents peuvent prendre par le conflit. Nous modélisons une situation où les agents, d'une part, contestent une ressource les uns contre les autres et en même temps participent volontairement à la production d'un bien public (c'est-à-dire un bien sans rivalité ni possibilité d'exclusion.) Cela représente une situation où les droits de propriété sur une ressource n'existent pas ou ne sont pas respectés. Mais là où notre modèle se démarque vraiment des modèles dits "Production et Conflit", est que nous supposons que les quantités de chacun des biens sont diminuées par un paramètre, que nous considérons comme étant une dégradation. Concernant le bien public, la dégradation des quantités disponibles peut correspondre à une catastrophe naturelle qui détériore en partie le bien public, et donc en diminue les quantités disponibles. La dégradation sur la ressource de conflit peut correspondre à une sécheresse pour de l'eau ou un incendie pour une forêt. L'idée derrière ces paramètres est de représenter une diminution des quantités disponibles d'une ressource pour les agents.

Bien que notre modèle soit très proche des modèles de "Production et Conflit", nous nous sommes inspirés aussi des papiers portant exclusivement sur les conflits (ou les modèles de recherche de rentes), notamment sur le rôle des préférences sur la relation entre l'effort de conflit et le montant disponible de ressource de conflit. Ces papiers ne cherchent pas à déterminer l'allocation d'une dotation des agents entre l'effort de conflit et un effort collectif, mais plutôt à déterminer quels paramètres augmentent ou diminuent l'effort de conflit en soi. Cependant, et c'est ce qui nous intéresse particulièrement, dans la plupart de ces papiers la relation entre la ressource et l'effort de conflit est monotone croissante. D'après ces papiers, plus le montant disponible de ressource de conflit est important et plus l'intensité de conflit sera importante. Récemment, Dickson et al. (2018) ont contesté l'idée que dans tous les conflits les préférences des agents représentent une relation monotone croissante entre l'effort et la ressource de conflit, peu importe le montant de ressource de conflit. Ils généralisent un modèle de conflit prenant en compte diverses préférences des agents, démontrant une relation non monotone entre l'effort et le mon-

tant de ressource de conflit. Dans notre modèle, nous souhaitons analyser la relation entre l'effort et la ressource de conflit dans le cadre choisi, à savoir avec des paramètres qui diminuent les quantités des biens disponibles et donc l'utilité retirée de ces biens. Dickson et al. (2018) montrent l'importance des préférences des agents pour expliquer la relation entre l'effort et le montant de la ressource de conflit. Nous intégrons cette dimension à notre analyse, en étudiant comment les préférences des agents influencent la relation entre l'effort de conflit, la diminution du montant de ressource de conflit et la dégradation de l'environnement qui implique une diminution de l'utilité retirée des biens.

Le reste du papier se compose de deux modèles qui se distinguent au niveau de la forme de la fonction d'utilité. Nous faisons ce choix de deux modèles, car dans un premier temps nous souhaitons, avec une fonction d'utilité simple, mettre en avant l'influence des paramètres de dégradations sur les variables de choix (l'effort de conflit et la contribution au bien public). Puis nous souhaitons analyser comment les paramètres impactent l'allocation de la dotation individuelle. Le deuxième modèle a une fonction d'utilité plus générale nous permettant de mettre en avant l'influence des préférences des agents sur la relation entre les variables de choix et le niveau de dégradation qui impactent les quantités.

Dans le premier modèle, nous faisons l'hypothèse que la fonction d'utilité des agents est une fonction Cobb-Douglas. Cette forme de la fonction d'utilité exprime une relation particulière entre la ressource de conflit et le bien public, à savoir une relation faiblement substituable. Nous démontrons qu'il existe une condition suffisante permettant d'obtenir un niveau de contribution volontaire au bien public toujours plus important que le niveau d'effort de conflit. Nous mettons en avant que les agents allouent leur dotation afin de compenser directement la diminution de l'utilité retirée de la fourniture du bien public et de la ressource obtenue à travers un conflit. Par exemple, lorsque l'utilité retirée de la consommation de bien public est diminuée les agents vont augmenter leur niveau de contribution au bien public. Cela signifie aussi que l'effort et le montant de la ressource de conflit ont une relation inverse.

Ensuite, dans le second modèle nous généralisons la relation entre la ressource de conflit et le bien public. Pour ce faire, nous utilisons une fonction d'utilité de type CES. Cette fonction a comme forme particulière la Cobb-Douglas, mais permet aussi d'obtenir une relation entre les biens plus ou moins complémentaire. La forte complémentarité entre les

biens correspond, par exemple, à la consommation de l'eau qui nécessite une infrastructure de distribution. Dans ce cas, il est nécessaire d'avoir accès à une infrastructure publique pour pouvoir consommer de l'eau et retirer de l'utilité. Une forte substituabilité entre les biens suppose l'idée que l'on peut remplacer la consommation d'un des biens par l'autre bien pour obtenir un même niveau d'utilité. Par exemple, lorsque les agents cherchent à augmenter leur sécurité, ce besoin peut être comblé à la fois par un service public et un service privé. En effet, il peut y avoir des contributions volontaires de la communauté pour obtenir une police, qui a pour objectif d'assurer la protection de l'ensemble de la communauté. Dans le même temps, les agents peuvent individuellement acheter les services d'une milice privée qui ne va assurer que leur propre sécurité. Ainsi, pour une même communauté l'obtention de la sécurité passe par un bien public, mais aussi par l'acquisition d'une milice privée. Notons que ces deux moyens d'assurer la sécurité pour un individu sont substituables, car la police de la communauté peut assurer seule la sécurité de l'ensemble de la communauté, de la même manière que les milices privées de chacun des agents peuvent assurer seules la protection de l'ensemble des agents.

Nous montrons dans ce second modèle que la relation entre l'effort de conflit et la diminution des quantités disponibles des biens, due à une hausse de la dégradation de ces derniers, reste la même que dans le modèle Cobb-Douglas peu importe le degré de substituabilité entre les biens, ce qui généralise notre résultat initial. Autrement dit, peu importe la relation entre les deux biens, l'effort de conflit augmente avec la dégradation qui impacte la quantité disponible de la ressource, mais diminue avec la dégradation qui impacte la fourniture du bien public. L'apport de ce second modèle réside surtout dans l'analyse de la relation entre l'effort et le montant de ressource de conflit. Nous montrons que cette relation devient non monotone, mais surtout que le signe de celle-ci dépend notamment du niveau de dégradation de l'environnement économique.

3.2 Le modèle

L'objectif de ce modèle est de mettre en évidence des incitations économiques favorisant soit un effort conflictuel, soit un effort collectif lorsque l'environnement économique se dégrade. Pour ce faire, nous supposons n agents avec la fonction d'utilité suivante pour

un agent i donné :

$$U_i = (y_i - x_i)^\beta (G - X)^{(1-\beta)}. \quad (3.1)$$

Cette fonction d'utilité se compose de deux arguments. Un premier $(y_i - x_i)^\beta$, qui correspond aux quantités retirées d'une ressource par l'agent i . Avec $y_i = \frac{e_i}{E}R$ la part individuelle de l'agent i de la ressource R , que nous appellerons aussi gain individuel de captation de la ressource. La variable e_i correspond au montant d'effort individuel dépensé dans le conflit pour obtenir une part de R . Cette part obtenue de l'agent i est proportionnelle à la part de son effort sur la somme des efforts individuels fournis, i.e E . Le conflit modélisé prend donc la forme d'un conflit à la *Tullock*.

Le second argument de l'utilité $(G - X)^{1-\beta}$ correspond à la quantité disponible du bien public, i.e G . Nous supposons $G = \sum_{i=1}^n g_i$, la somme des contributions volontaires individuelles au bien public. Nous précisons qu'il ne s'agit pas de coopération à proprement parler, car il n'y a pas de coordination entre les agents. Nous supposons qu'ils maximisent leur utilité individuelle de manière autocentrée pour déterminer leur niveau de contribution au bien public et leur niveau d'effort de conflit.

Concernant la dégradation de l'environnement économique, nous la modélisons par deux paramètres impactant séparément chacun des arguments de l'utilité. Formellement, nous avons x qui diminue la quantité disponible de la part individuelle de la ressource obtenue par le conflit. Nous faisons remarquer que la dégradation impacte les gains individuels du conflit, c'est-à-dire y_i , et non seulement le montant disponible de la ressource, à savoir R . La variable X diminue quant à elle le montant total de la fourniture du bien public.

Contrairement à d'autres modèles traitant de la question de l'occurrence de la participation à une action collective ou du conflit dans un environnement difficile (voir entre autres Andras et al. 2007, Diekert 2017, De Jaegher 2019) nous supposons un environnement certain. Nous faisons ce choix afin d'analyser la réaction des agents, non pas face au risque de perdre de l'utilité, mais face à la perte directe d'utilité. Dans le cadre du changement climatique, les deux types d'analyses sont différents. Si l'on se réfère à la littérature portant sur le risque nous supposons finalement que nous sommes dans un état de nature où l'événement négatif a une probabilité de 100%.

En somme, les agents retirent de l'utilité en consommant deux biens R et G , à travers une fonction d'utilité de type Cobb-Douglas. Le paramètre β représente le poids dans l'utilité de l'argument $y_i - x_i$, qui correspond au gain *net* individuel de l'accaparement de la ressource. Nous supposons que tous les agents ont les mêmes préférences avec un même β . La fonction Cobb Douglas stipule que les deux biens sont faiblement substituables. Notre modèle peut s'apparenter, par exemple, à la consommation d'eau dont l'utilité est d'arroser une culture. La variable R peut correspondre à un stock d'eau disponible dans une rivière. Le bien public G correspond à un barrage permettant de gérer le flux d'eau afin de faciliter la consommation de cette ressource. La forme Cobb-Douglas de la fonction d'utilité implique dans cet exemple précis, que le barrage améliore l'utilité de la consommation d'eau. Gleick (2014) met en avant que la consommation d'eau en Syrie du Tigre et de l'Euphrate est dans l'histoire (ancienne comme moderne) souvent soumise à des tensions, notamment lorsque le flux d'eau diminue. En 1974, par exemple, l'Irak se plaint auprès de la ligue Arabe d'un barrage sur le territoire Syrien sur l'Euphrate qui diminue le flux d'eau dans son pays créant une tension militaire entre la Syrie et l'Irak (Gleick, 2014). Notre modèle peut aussi faire référence à une situation où la ressource de conflit correspond à un minerai à extraire et le bien public G à une route ou à un chemin de fer. Sans cette route ou chemin de fer il est possible d'exploiter le minerai, mais le réseau de transport facilite grandement l'acquisition du minerai. Dans ce contexte, le paramètre x correspond aux facteurs qui diminuent le stock individuel exploitable de la ressource comme la pollution ou une sécheresse, pour l'eau. Le paramètre X correspond quant à elle à la dégradation de l'infrastructure G , en raison par exemple de séismes ou de guerres ou tout simplement d'un manque d'entretien. De manière générale, nous considérons R comme une ressource naturelle divisible et G comme une infrastructure qui aide à la consommation de cette ressource.

Afin d'analyser le choix d'allocation d'une dotation entre les deux types de dépenses possibles (effort de conflit ou contribution volontaire au bien public) nous supposons la contrainte budgétaire individuelle suivante :

$$w_i = e_i + g_i. \tag{3.2}$$

Avec w_i la dotation individuelle de l'agent i dont le montant est fixé de manière exogène.

Nous précisons que toutes les variables et tous les paramètres peuvent être mesurés en termes de temps ou monétairement. Nous introduisons cette contrainte pour définir un cadre économique plus réaliste, où les agents effectuent leur choix d'allocation de leur dotation sous une contrainte de temps ou monétaire.

À présent nous passons à la résolution du modèle. L'agent i maximise son utilité sous la contrainte saturée $w_i = e_i + g_i$. Afin de résoudre le problème de maximisation, nous réécrivons la contrainte de la manière suivante $g_i = w_i - e_i$. Nous introduisons g_i dans la fonction d'utilité :

$$U_i = (y_i - x_i)^\beta \left(\sum_{i=1}^n (w_i - e_i) - X \right)^{1-\beta}. \quad (3.3)$$

À partir de cette fonction d'utilité nous affirmons la proposition suivante :

Proposition 1 : *Le jeu admet un équilibre de Nash intérieur en stratégie pure. À l'équilibre, le niveau d'effort de conflit fourni par un agent i est donné par la condition du premier ordre suivante¹ :*

$$\beta \left(\sum_{i=1}^n (w_i - e_i) - X \right) \frac{E_{-i}}{E^2} R = (1 - \beta) (y_i - x_i). \quad (3.4)$$

À présent, nous nous focalisons sur l'équilibre symétrique intérieur du jeu. Nous supposons : $w_i = w$ et $x_i = x$, pour tout agent i . L'équilibre symétrique intérieur du niveau d'effort de conflit s'écrit :

$$e^* = \frac{(n-1)\beta R(W-X)}{n^2(1-\beta)r + n(n-1)\beta R}, \quad (3.5)$$

avec $W = nw$ la dotation agrégée et $r = \frac{R}{n} - x$ le gain individuel net (de la dégradation) de la ressource de conflit. Nous supposons pour simplifier l'analyse que $r \geq 0$.

En insérant e^* dans la contrainte de l'agent, nous obtenons le niveau d'équilibre symétrique de contribution volontaire au bien public :

$$g^* = w - \frac{(n-1)\beta R(W-X)}{n^2(1-\beta)r + n(n-1)\beta R}, \quad (3.6)$$

1. la démonstration de cette proposition est en annexe à la section 5.1.

en arrangeant l'expression, nous pouvons formuler l'équilibre intérieur symétrique du niveau de contribution au bien public :

$$g^* = \frac{wn^2(1-\beta)r + (n-1)\beta RX}{n^2(1-\beta)r + n(n-1)\beta R}. \quad (3.7)$$

Pour l'intérêt de notre analyse nous supposons que la dotation agrégée est plus importante que le montant de dégradation impactant le bien public, i.e $W > X$. Auquel cas les agents ne fournissent aucun effort dans le conflit.

En utilisant la statique comparative, nous comparons dans un premier temps les niveaux d'effort de conflit et de contribution volontaire au bien public. L'objectif est d'analyser quel niveau de dépense est le plus important et comment les différents paramètres de notre modèle influencent la différence de niveau entre les deux allocations de la dotation, afin de nous permettre d'émettre des premières intuitions. Nous regarderons notamment l'effet de la taille de groupe. La raison en est qu'avec le processus de dérèglement climatique l'on peut anticiper des mouvements de population. Donc, nous analysons si un plus grand groupe est potentiellement plus conflictuel qu'un plus petit. Nous regardons aussi dans cette sous-partie l'effet de la dotation agrégée sur l'écart de niveau entre l'effort de conflit et la contribution individuelle au bien public. Nous cherchons à identifier si une communauté plus riche est plus tournée vers le conflit ou l'inverse. Dans un second temps, nous déterminons comment l'effort de conflit et la contribution au bien public varient lorsque l'environnement économique se dégrade. Le but de cette partie de l'analyse est de définir si les agents ont plus ou moins d'incitations à participer à un conflit lorsque l'environnement économique devient plus rude. C'est-à-dire lorsque l'utilité retirée des biens disponibles diminue en raison d'une augmentation des niveaux de dégradations.

3.2.1 Statique comparative des niveaux individuels d'effort de conflit et de fourniture du bien public

En comparant le niveau d'effort de conflit et le niveau de contribution individuelle au bien public, nous cherchons à déterminer laquelle de ces deux variables a le niveau le plus élevé. En comparant simplement le niveau de la contribution au bien public et celui de l'effort de conflit, nous formulons la proposition suivante :

Proposition 2 : *Le niveau d'effort individuel de conflit est plus important que le niveau de contribution individuelle au bien public si et seulement si : $\frac{\beta}{1-\beta} \frac{n-1}{n} [W - 2X] > W \frac{r}{R}$.*

Cette proposition fait apparaître une condition suffisante selon laquelle le niveau de contribution au bien public est toujours plus élevé que l'effort de conflit lorsque $W < 2X$. Cette condition suffisante stipule que, si la dotation agrégée n'est pas supérieure au double de la dégradation impactant la fourniture du bien public, les agents allouent une plus grande partie de leur dotation w à la contribution au bien public. Notons que nous pouvons exprimer un corollaire à cette proposition en supposant que $r = 0$ ².

Corollaire 1 : *Si la part nette de la ressource individuelle est nulle, i.e $r = 0$, le niveau d'effort individuel de conflit est plus important que le niveau de contribution individuelle au bien public si et seulement si : $W > 2X$.*

Notons que la condition suffisante de la **Proposition 2** et le **corollaire 1** nous permet d'observer un comportement différent selon le niveau de dotation agrégée. En effet, pour un même niveau de dégradation du bien public, en raison d'une inondation par exemple, les agents vont se comporter différemment selon le niveau de richesse agrégée. Si la richesse agrégée d'une communauté est telle que $W < 2X$, les agents vont allouer leur dotation en contribuant plus au bien public qu'au conflit. Mais, toutes choses égales par ailleurs, si le niveau de richesse de cette même communauté est tel que $W > 2X$, il n'est plus possible de déterminer exactement quel niveau d'allocation est le plus élevé lorsque $r > 0$.

Il semble que cette condition apparaît en raison de la forme Cobb-Douglas de la fonction d'utilité. Pour rappel, cette fonction stipule que les biens sont faiblement substituables. Autrement dit, les deux biens sont nécessaires pour qu'un agent obtienne un niveau d'utilité, mais il peut tout de même faire le choix de substituer certaines quantités d'un bien pour en consommer plus de l'autre. Par conséquent, lorsque la quantité de bien public disponible est relativement faible en raison de la dégradation, les agents ont une incitation à compenser cette perte en contribuant plus au bien public qu'au conflit. Dans un même

2. Lorsque $r = 0$, le niveau d'effort de conflit à l'équilibre devient $e^* = \frac{W-X}{n}$ et le niveau de fourniture individuelle devient $g^* = \frac{X}{n}$.

temps, si la dotation agrégée est suffisamment élevée, ils peuvent compenser cette perte d'utilité retirée due à la diminution des quantités disponibles de bien public en fournissant un plus grand effort de conflit. Quoiqu'il en soit pour un niveau suffisamment important de dotation agrégée, cette condition suffisante, $W > 2X$ n'est plus pour $r > 0$ et le résultat de la proposition va dépendre des différentes valeurs des paramètres de notre modèle. Nous allons analyser à présent comment ces différents paramètres impactent le niveau d'effort de conflit et de contribution au bien public.

Afin de rendre le propos qui suit plus clair, nous allons partir de la différence $e^* - g^*$ pour expliciter les effets des différents paramètres sur le niveau d'effort de conflit et sur celui de la contribution volontaire au bien public. En reprenant le résultat de la **proposition 2**, la différence entre le niveau d'effort de conflit et celui de la contribution volontaire correspond à $\frac{\beta}{1-\beta} \frac{n-1}{n} [W - 2X] - W \frac{r}{R}$. À partir de cette différence nous pouvons analyser comment les paramètres β , la taille du groupe n , la part nette individuelle de la ressource $\frac{r}{R}$ et la richesse agrégée influencent la différence entre le niveau d'effort de conflit et celui de la contribution volontaire au bien public. Notons que le signe de la différence $e^* - g^*$ peut aussi bien être positif ou négatif. Ainsi, nous analysons comment les différents paramètres augmentent ou diminuent la valeur de cette différence (que cette différence soit initialement positive ou négative).

Le paramètre β augmente la valeur de la différence entre l'effort de conflit et le niveau de contribution au bien public. Cela est dû à la forme de la fonction d'utilité. En effet, plus β est important et plus les gains de captation de la ressource de conflit sont importants dans l'utilité, ce qui augmente l'incitation des agents à augmenter leur effort de conflit et donc augmente la valeur de la différence entre le niveau d'effort de conflit et celui de la contribution volontaire au bien public. La part nette individuelle de la ressource, i.e $\frac{r}{R}$, diminue la valeur de la différence entre l'effort de conflit et la contribution au bien public. Notons que $\frac{r}{R}$ est une fonction croissante de R , vu que $r = \frac{R}{n} - x$. L'intuition que nous avons pour expliquer cet effet sur la différence $e^* - g^*$, est que plus les agents possèdent de quantités d'un bien (ou retire de l'utilité d'un bien), plus ils ont d'incitations à posséder de quantités de l'autre bien. Cela permet d'expliquer que plus le montant de dégradation impactant la fourniture du bien public, i.e X , est élevé et plus la contribution volontaire au bien public augmente, afin de compenser la perte d'utilité retirée en raison

de la diminution des quantités de bien public disponibles. Nous expliciterons plus en détail cette intuition avec la troisième proposition.

En analysant cette seconde proposition, nous pouvons déterminer comment la taille du groupe impacte l'allocation de la dotation entre l'effort de conflit et la contribution au bien public. En analysant la différence $e^* - g^*$ à travers $\frac{\beta}{1-\beta} \frac{n-1}{n} [W - 2X] - W \frac{r}{R}$, nous remarquons que la taille de groupe augmente la valeur de la différence entre les niveaux d'effort de conflit et de contribution au bien public³. Concernant l'effet de la taille de groupe, nous retrouvons un effet similaire à Hirshleifer (1995). Celui-ci montre, dans un modèle de "Production et Conflit", que la taille du groupe augmente l'effort de conflit au détriment de la contribution à la production collective. L'effet de la taille de groupe n'est de prime abord pas intuitif. Tout d'abord, le gain de captation de la ressource, i.e $r = \frac{R}{n} - x$, diminue à mesure qu'il y a des participants, car il y a plus de personnes qui vont se partager un même niveau de ressource. La conséquence de cela est une baisse, toutes choses égales par ailleurs, de l'incitation économique à fournir un effort de conflit. En même temps, il est reconnu dans la littérature traitant des actions collectives que, si les agents contribuent volontairement sans possibilité de se coordonner, il existe un problème de *passager clandestin*. À savoir que les agents vont chercher à moins contribuer à l'action collective en profitant de la contribution d'autrui, car il n'est pas possible de les exclure des gains de l'action collective. Ce dernier effet se renforce dès lors que la taille du groupe augmente, ce que l'on nomme dans cette littérature le *paradoxe de la taille du groupe* (Olson, 1965). Ce paradoxe stipule donc que plus un groupe est grand et moins il est efficace dans l'action qu'il entreprend.

Pour revenir à l'effet taille que l'on trouve dans notre **proposition 2**, nous avons donc potentiellement deux effets négatifs sur les niveaux d'allocations de la dotation. Un premier sur le niveau d'effort de conflit et un second sur le niveau de contribution volontaire au bien public. Nous pensons que la taille du groupe augmente la valeur de la différence entre le niveau d'effort de conflit et celui de la contribution au bien public en raison de son effet sur r , avec $r = \frac{R}{n} - x$. Nous observons facilement que plus la taille de groupe est

3. Nous pouvons réécrire l'expression : $\frac{\beta}{1-\beta} \frac{n-1}{n} [W - 2X] - W \frac{r}{R}$, comme $\frac{\beta}{1-\beta} \left[(n-1)w - \frac{(n-1)2X}{n} \right] - w + \frac{nw x}{R}$, la dérivée de cette expression en fonction de n permet d'observer que la taille augmente la valeur de $e^* - g^*$, sous la condition que $W > X$.

importante et plus le montant de r diminue. Or, comme nous l'avons dit précédemment, la part individuelle nette de la ressource du conflit diminue la différence $e^* - g^*$. Ainsi, l'effet négatif de la taille du groupe sur r , contribue à augmenter la valeur de la différence entre les niveaux d'effort de conflit et de la contribution au bien public, afin de compenser la diminution des gains liés à la captation de la ressource. De plus, l'effet du *passager clandestin* sur la fourniture du bien public renforce directement l'effet négatif de la taille du groupe sur le niveau de contribution au bien public.

Enfin, avec **la proposition 2** nous remarquons que l'effet de la richesse agrégée sur la différence entre l'effort de conflit et la contribution volontaire au bien public est assez ambigu. Pourtant, cet effet est important à saisir, car il permet d'identifier si une communauté qui détient plus de richesse va être plus portée sur le conflit ou l'effort collectif. L'objectif est d'identifier si une plus grande richesse agrégée augmente ou diminue la valeur de la différence $e^* - g^*$, mais surtout selon quelle condition. Pour comprendre l'ambiguïté de l'effet de la richesse agrégée il suffit d'observer la dérivée de la différence $e^* - g^*$ par rapport à W . Nous obtenons alors l'expression suivante : $\left(\frac{\beta}{1-\beta}\right) \left(\frac{n-1}{n}\right) - \frac{r}{R}$. Nous pouvons noter qu'une augmentation de la richesse agrégée ne fait que confirmer ce que nous avons mis en avant précédemment concernant les relations entre les paramètres β , n et R avec les niveaux d'effort de conflit et de contribution au bien public fournis. L'effet de la richesse agrégée sur la différence entre l'effort de conflit et le niveau de contribution au bien public dépend de la valeur des mêmes paramètres qui donnent le signe de $e - g$. Autrement dit, si les valeurs des paramètres sont telles que $e^* > g^*$, alors une augmentation de la richesse agrégée va augmenter l'écart de niveau entre l'effort de conflit et la contribution au bien public. À savoir que le niveau d'effort de conflit va plus augmenter que le niveau de contribution au bien public et inversement dans le cas où les valeurs des paramètres sont telles que $e^* < g^*$.

La **proposition 2** met en avant une condition suffisante pour laquelle le niveau de contribution au bien public est toujours supérieur au niveau d'effort de conflit. Ensuite, nous montrons que la taille de groupe et la dégradation impactant le gain de captation de la ressource augmentent la valeur de la différence entre les niveaux d'effort de conflit et de contribution au bien public. À contrario, la dégradation impactant le bien public diminue la valeur de cette différence.

3.2.2 L'évolution de la dotation individuelle avec les montants de ressource et de dégradation

L'intérêt de cette sous-section est d'établir si les agents ont plus ou moins d'incitations à fournir un effort de conflit à mesure que l'environnement économique devient plus rude. Dans notre modèle, un environnement économique *plus rude* correspond analytiquement à une augmentation de la dégradation diminuant les quantités disponibles de biens (c'est-à-dire une augmentation de x et X). La diminution des quantités de biens disponibles peut être liée à des facteurs exogènes comme une dégradation des conditions climatiques ou encore un état de guerre. Notons que la diminution des gains de captation de la ressource de conflit peut être aussi engendrée par une diminution du montant de ressource R . Notamment s'il s'agit d'une ressource épuisable. C'est pourquoi nous allons aussi analyser comment la dotation est dépensée lorsque le montant de ressource varie.

La troisième proposition exprime les relations entre la contribution au bien public et implicitement l'effort de conflit avec le montant des dégradations, i.e x et X , ainsi qu'avec le montant de ressource de conflit, i.e R .

Proposition 3 : *La fourniture individuelle de bien public (resp. le niveau d'effort de conflit) augmente (resp. diminue) avec le montant de la ressource de conflit, i.e R , et le montant de la dégradation impactant la fourniture du bien public, i.e X , mais diminue (resp. augmente) avec le montant de dégradation impactant le gain de captation de la ressource, i.e x .*

Notons qu'en raison de la contrainte budgétaire, l'évolution de la contribution volontaire au bien public est l'exact opposée de celle de l'effort de conflit avec les autres paramètres, ainsi pour simplifier l'analyse nous nous attarderons seulement sur l'évolution de l'effort de conflit.

En nous basant sur cette proposition, nous pouvons confirmer l'intuition que nous avons en analysant la **proposition 2**. Les agents déterminent l'allocation de leur dotation en répondant directement au bien dont les quantités disponibles sont diminuées. Pour expliquer ce fait, nous allons nous attarder sur la relation entre l'effort de conflit et le montant de ressource de conflit, i.e R . La relation entre l'effort de conflit et le montant de

ressource de conflit ayant déjà été étudiée abondamment dans la littérature portant sur les modèles de recherche de rentes, cette analyse va donc mettre en avant les effets qui sont intrinsèques à notre modèle.

Dans la littérature portant exclusivement sur les conflits il est communément admis qu'il existe une relation monotone croissante entre e et R . Notons la récente exception apportée par Dickson et al. (2018), qui formalisent un modèle de conflit exprimant des préférences plus générales que dans les modèles standards. La principale propriété de leur modèle est que le taux marginal de substitution entre le gain du conflit et l'effort de conflit n'est pas constant avec le niveau de ressource conflictuelle, contrairement aux modèles standards. Leur résultat principal est qu'il existe une relation non monotone entre e et R . Notre analyse diffère un peu de la leur. Ils se concentrent principalement sur l'effet des préférences des agents sur la relation entre l'effort de conflit et le montant de ressource. Dans notre modèle, nous nous intéressons à la relation entre l'effort de conflit et la contribution au bien public avec la ressource de conflit et des dégradations qui impactent l'utilité retirée de ces biens. C'est en partie pour cette raison que nous prenons une fonction Cobb-Douglas afin de simplifier une partie de l'analyse. Nous analyserons ultérieurement l'influence des préférences des agents sur la relation entre l'effort de conflit et les niveaux de dégradations ainsi qu'avec le montant de ressource de conflit en supposant une fonction d'utilité CES.

Cependant, en nous focalisant seulement sur la relation entre le niveau d'effort et le montant de ressource de conflit, nous pouvons en partie nous référer au modèle de Dickson et al. (2018). En effet, ils expriment un cas particulier de leur modèle où un agent retire de l'utilité en consommant un bien privé et en accaparant une ressource à travers un conflit. Toujours dans leur modèle, lorsque la relation entre ces deux biens est de type Cobb-Douglas l'effort de conflit est indépendant du montant de la ressource de conflit, ce que l'on retrouve dans notre modèle lorsque l'on stipule $x = 0$ ⁴. Cependant, lorsque $x > 0$ la **proposition 3** exprime une relation monotone décroissante entre l'effort et la ressource de conflit.

Pour expliquer cette relation nous analysons les préférences des agents entre les deux

4. Pour rappel lorsque $x = 0$ alors le gain net de captation de la ressource $r = \frac{R}{n}$, donc $e^* = \frac{(n-1)\beta(W-X)}{n(1-\beta)+n(n-1)\beta}$,

biens, i.e y_i et G , à travers le taux marginal de substitution entre le gain individuel de captation de la ressource et la fourniture du bien public⁵, i.e $TMS_{\frac{y_i}{G}}$. Nous trouvons que le taux marginal de substitution entre le gain individuel de la captation de la ressource, i.e y_i , et la fourniture du bien public, i.e G , est décroissant avec le montant de ressource de conflit, i.e $\frac{\partial TMS_{\frac{y_i}{G}}}{\partial R} < 0$. Donc, lorsque le montant de ressource de conflit augmente, les agents sont prêts à céder plus d'unités de gains individuels de captation de la ressource pour obtenir plus de quantités de bien public, pour un même niveau d'utilité. Ainsi, plus un agent obtient des quantités de la ressource de conflit (en raison de l'augmentation de R) et plus il va contribuer au bien public. Nous pouvons reprendre une explication similaire pour les autres résultats de la *proposition 3*. Nous trouvons que le taux marginal de substitution entre les gains de captation individuels de la ressource et la fourniture du bien public est croissant avec x , i.e $\frac{\partial TMS_{\frac{y_i}{G}}}{\partial x} > 0$. Cela signifie qu'une augmentation de la dégradation sur le gain de captation de la ressource augmente les quantités de bien public qu'un agent est prêt à céder pour obtenir plus de gains de captation de la ressource. Ensuite, nous remarquons que le taux marginal de substitution entre le gain individuel de conflit et la contribution au bien public est décroissant avec X , i.e $\frac{\partial TMS_{\frac{y_i}{G}}}{\partial X} < 0$. Cela signifie qu'à mesure que le montant des dégradations qui impacte la fourniture du bien public augmente, les agents sont prêts à céder plus de gains de captation de la ressource pour obtenir une plus grande quantité de bien public. En somme, les agents ont une incitation à augmenter leur niveau de dépense vers le bien dont les quantités sont directement diminuées.

Cette **Proposition 3** est intéressante notamment pour prévenir les conflits en cas de dégradation de l'environnement économique. Elle nous permet d'affirmer que l'occurrence d'un conflit, ou son intensité, diminue à mesure que les quantités de ressource sur lesquelles le conflit se porte sont importantes. Ce résultat remet en cause l'intuition des modèles de conflits standards. Cependant, cela est possible car les agents ont une alternative au conflit et qui plus est une alternative nécessaire (le bien public) pour consommer la ressource conflictuelle. Finalement, ce modèle montre que les agents ont une incitation à allouer leur dotation vers le bien dégradé et dont les quantités disponibles diminuent en raison de paramètres exogènes.

Une des potentielles conséquences pratiques de notre résultat est qu'avec le changement

5. Le calcul du TMS se trouve en annexes dans la sous-partie 5.1

climatique et la diminution du stock de pétrole disponible à mesure qu'il est exploité, si l'on suit le résultat standard de la littérature de conflit, cela devrait réduire l'occurrence des conflits au Moyen-Orient liés au pétrole. Or, si l'on suit le modèle de Dickson et al. (2018) mais aussi le nôtre, il est tout à fait envisageable qu'avec certaines préférences des agents, l'occurrence d'un conflit et son intensité soient de plus en plus importantes. Notre modèle permet aussi d'ouvrir la discussion concernant la gestion de l'eau dans les pays arides. Ces derniers risquent de rencontrer des difficultés supplémentaires avec le réchauffement climatique provoquant une diminution encore plus importante des réserves d'eaux. Ce dernier point peut donc entraîner une hausse de l'intensité des conflits dans ces régions.

En somme, à travers cette analyse avec une fonction d'utilité Cobb-Douglas nous mettons clairement en avant une incitation économique qui influence le choix des agents entre fournir un effort de conflit et contribuer à un bien public dans un environnement subissant des dégradations. Nous affirmons et montrons que les agents décident d'allouer une plus grande part de leur dotation en fonction du bien dont les quantités disponibles sont diminuées. Ils augmentent leurs efforts de conflit lorsque le montant de ressource diminue ou que leur gain de captation de la ressource de conflit est diminué. À l'inverse, ils augmentent leurs contributions au bien public lorsque la fourniture est diminuée.

Dans la partie suivante, nous changeons la fonction d'utilité. Le but est d'observer si les relations entre l'effort de conflit avec les variables qui diminuent les quantités disponibles changent lorsque la forme de la fonction d'utilité est plus générale.

3.3 Modèle avec la fonction d'utilité CES

Nous avons analysé précédemment le choix d'allocation d'une dotation dans un environnement économique dégradé avec une fonction d'utilité Cobb-Douglas. La forme Cobb-Douglas de la fonction d'utilité nous permet d'obtenir des fonctions explicites d'effort de conflit et de contribution volontaire au bien public. Cependant, cette forme de fonction d'utilité reflète une relation entre les biens consommés qui est restrictive. La forme Cobb-Douglas stipule analytiquement que les biens sont faiblement substituables. L'objectif de cette partie est de lever cette restriction. De ce fait, nous analysons à présent comment se répartit la dotation entre l'effort de conflit et la contribution au bien public, lorsque l'en-

vironnement économique devient plus rude avec une fonction d'utilité plus générale. Nous pouvons ainsi observer si les résultats mis en avant dans la *proposition 3* sont robustes. Cette partie va expressément porter sur l'incitation engendrée par la relation entre les biens, ainsi nous formalisons la fonction d'utilité suivante :

$$U_i = \left(\beta (y_i - x_i)^\theta + (1 - \beta) (G - X)^\theta \right)^{\frac{1}{\theta}}. \quad (3.8)$$

Nous introduisons $\theta \in (-\infty, 0) \cup (0, 1)$. Ce paramètre correspond au degré de substitution entre les deux biens. Plus la valeur de θ tend vers 1 et plus les gains de captation de la ressource et la fourniture du bien public sont substituables. À contrario, plus la valeur de θ tend vers $-\infty$ et plus les gains de captation de la ressource et la fourniture du bien public sont complémentaires entre eux. Notons que lorsque θ tend vers 0 nous obtenons une fonction Cobb-Douglas. Nous gardons la même contrainte de budget que précédemment : $w_i = e_i + g_i$. Afin de déterminer la condition du premier ordre en fonction de l'effort de conflit, nous intégrons la contrainte dans la fonction d'utilité :

$$U_i = \left(\beta (y_i - x_i)^\theta + (1 - \beta) \left(\sum_{i=1}^n (w_i - e_i) - X \right)^\theta \right)^{\frac{1}{\theta}}. \quad (3.9)$$

À partir de cette fonction nous posons la proposition suivante :

Proposition 4 : *Le jeu admet un équilibre de Nash intérieur en stratégie pure. À l'équilibre, le niveau d'effort de conflit fourni par un agent i est donné par la condition du premier ordre suivante⁶ :*

$$\beta (y_i - x_i)^{\theta-1} \left(\frac{E_{-i}}{E^2} \right) R = (1 - \beta) \left(\sum_{i=1}^n (w_i - e_i) - X \right)^{\theta-1}. \quad (3.10)$$

Nous supposons à présent que $w_i = w$ et $x_i = x$. En recherchant l'équilibre intérieur symétrique de Nash nous pouvons écrire la condition du premier ordre suivante :

$$\left(\frac{\beta}{1 - \beta} \right)^{\frac{1}{\theta-1}} r \left(\frac{n-1}{n^2} \right)^{\frac{1}{\theta-1}} R^{\frac{1}{\theta-1}} e^{\frac{1}{1-\theta}} + X - W + ne = 0. \quad (3.11)$$

Avec, pour rappel, $r = \frac{R}{n} - x$ et $W = nw$.

Cette condition du premier ordre ne permet pas de déterminer une solution explicite du

6. la démonstration de cette proposition est en annexe à la section 5.5.

niveau d'effort de conflit. Cependant, nous pouvons grâce au théorème des fonctions implicites déterminer la relation de l'effort de conflit (et donc du niveau de contribution au bien public) en fonction des autres paramètres. Ce qui nous intéresse principalement est d'analyser si une fonction d'utilité moins restrictive change le résultat de la **proposition 3**. Nous rappelons que la **Proposition 3** montre que l'effort de conflit diminue avec X et R mais augmente avec x .

Grâce au théorème des fonctions implicites, nous pouvons établir une relation entre l'effort de conflit en fonction des trois paramètres citées précédemment afin d'exposer la proposition suivante⁷ :

Proposition 5 : *Pour toutes valeurs de $\theta \in \{(-\infty, 0) \cup (0, 1]\}$ l'effort de conflit, i.e e, diminue avec la dégradation impactant la fourniture de bien public, i.e X , et augmente avec la dégradation impactant les gains individuels de conflit, i.e x .*

L'effort de conflit augmente avec le montant de la ressource conflictuel, i.e R , si et seulement si $\theta > \frac{x\eta}{R}$.

La première partie de la proposition montre que même si la fonction d'utilité n'est pas une fonction Cobb-Douglas, la relation entre l'allocation de la dotation et l'augmentation des différentes dégradations reste la même. Plus précisément, l'effort de conflit augmente avec la dégradation impactant les gains de la captation de la ressource de conflit et diminue avec la dégradation impactant la fourniture de bien public. Inversement, le niveau de contribution au bien public augmente toujours avec la dégradation impactant le bien public et diminue avec la dégradation impactant les gains de captation de la ressource du conflit. De ce fait, peu importe que les biens R et G soient fortement ou faiblement complémentaires, les agents vont toujours chercher à allouer leur dotation pour compenser la diminution des quantités disponibles du bien dégradé en question.

La seconde partie de la proposition est intéressante, car elle généralise la relation entre l'effort et la ressource de conflit. Notons que la dégradation du bien public, i.e X , n'impacte pas la relation entre l'effort et la ressource de conflit. La raison en est que ce paramètre n'intervient pas dans l'argument de l'utilité qui concerne les gains de captations

7. la démonstration des résultats est en annexes section 5.6

de conflit. Cette seconde partie de la **Proposition 5** complète l'analyse des papiers portant exclusivement sur les conflits. Pour rappel, dans la littérature analysant les efforts de conflits, il est communément supposé une relation croissante monotone entre l'effort et la ressource de conflit. Récemment, cette relation monotone croissante a été remise en question par Dickson et al. (2018) qui démontrent que cette relation dépend des préférences des agents. Par exemple, ils exposent un cas particulier de leur modèle où les agents ont une fonction d'utilité CES qui dépend d'un bien privé et d'une ressource de conflit. Dans cet exemple, si la relation entre les biens tend vers la complémentarité parfaite, la relation entre l'effort de conflit et le montant de ressource est décroissante. Mais, dès lors que cette relation entre le bien privé et le conflit tend vers la substituabilité parfaite, la relation entre l'effort de conflit et le montant de ressource devient croissante. Dans notre modèle, qui fait écho à ce cas particulier du modèle de Dickson et al. (2018), nous retrouvons une relation similaire lorsque $x = 0$. À savoir, lorsque la relation entre le bien public et les gains de captation de la ressource tend vers une plus grande complémentarité $\theta \in (-\infty; 0)$, l'effort de conflit diminue avec le montant de la ressource de conflit. Lorsque les gains de captation de la ressource du conflit et l'utilité retirée du bien public sont de plus en plus substituables (θ tend vers 1), toutes choses égales par ailleurs, la relation entre l'effort et la ressource de conflit est positive.

Cependant, notre modèle comporte une subtilité intéressante qui dépend notamment du montant de dégradation qui impacte les gains de captation de la ressource du conflit, i.e x . En effet, dans notre modèle la variable x change les bornes pour lesquelles la relation entre l'effort de conflit et le montant de ressource change. Pour rappel, si $x = 0$, l'effort de conflit est indépendant du montant de ressource de conflit lorsque la fonction d'utilité est une fonction Cobb-Douglas⁸. Avec une fonction CES et toujours avec $x = 0$, la relation entre l'effort et la ressource de conflit change avec le signe de θ . Lorsque $\theta < 0$, la relation entre e et R est négative, mais elle devient positive lorsque $\theta > 0$. Cependant, lorsque $x > 0$ la relation entre l'effort de conflit et le montant de ressource va aussi dépendre de la valeur de x . Plus la valeur de x est importante et plus la valeur de θ pour laquelle la relation entre e et R passe de décroissante à croissante doit être importante. Cela signifie

8. Lorsque $x = 0$, $r = \frac{R}{n}$. Ainsi l'effort de conflit à l'équilibre devient : $\frac{(n-1)\beta(W-X)}{n^2(1-\beta)\frac{1}{n} + n(n-1)\beta}$

que pour un niveau de substituabilité donné entre les deux biens, une dégradation sur les gains de la captation de la ressource du conflit peut changer la relation entre l'effort de conflit et le montant de ressource.

De manière pratique, cela sous-entend que dans un contexte de dérèglement climatique la relation entre l'effort de conflit et le montant de ressource peut changer, si les gains de captation de la ressource sont diminués. Pour que notre propos soit clair, prenons par exemple des agents qui retirent de l'utilité en consommant deux biens avec une utilité de type Cobb-Douglas. Imaginons une forêt, qui correspond à la ressource, pouvant être partagée entre les agents. Le partage se faisant à travers un conflit pas nécessairement violent, qui peut correspondre à du lobby vis-à-vis d'un décideur public. Ces parcelles privées donnent accès à la consommation individuelle de bois pouvant servir par exemple de combustible. Dans le même temps, la forêt dans son ensemble a besoin d'entretien afin d'améliorer l'exploitation possible du bois (avec notamment l'entretien des chemins, des clôtures extérieures de la forêt...). Tous les agents contribuent volontairement à l'entretien de la forêt. Ce que dit notre modèle, c'est que sans dégradation impactant la ressource (donc en supposant $x = 0$), la quantité de bois disponible, qui diminue à force d'exploitation de la ressource, n'impacte pas l'effort de conflit pour obtenir une plus grande parcelle de la forêt. À présent, imaginons que la forêt subit un incendie (ainsi $x > 0$), et le montant de bois disponible diminue à force d'exploitation, notre modèle montre que cela va entraîner une augmentation de l'effort de conflit au détriment de la contribution volontaire à l'entretien de la forêt.

3.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous nous intéressons principalement aux choix des agents entre fournir un effort conflictuel et contribuer volontairement à un bien public. Nous supposons que l'utilité des agents dépend de deux biens. Un premier bien qui correspond à une ressource pour laquelle les agents doivent fournir un effort de conflit pour en accaparer une part. Puis un deuxième qui correspond à un bien public fourni volontairement par les différents agents.

Nous réalisons cette analyse dans un cadre particulier dans lequel nous supposons que le gain de la captation de la ressource et la fourniture du bien public sont diminués par des

facteurs exogènes, que nous appelons dégradations. L'objectif principal de cette analyse est d'identifier les différents mécanismes économiques incitatifs qui impactent le choix des agents lorsque leur environnement se dégrade. Les outils économiques de notre modèle nous permettent de travailler d'autres questions plus spécifiques à l'économie, telles que le rôle des préférences des agents mais encore, l'impact de la taille du groupe et celui de la richesse sur l'effort de conflit ou le niveau de contribution au bien public. Afin d'analyser tout cela, nous avons décomposé notre papier en deux modèles, qui se distinguent uniquement par la forme de la fonction d'utilité.

Dans un premier temps, nous supposons une fonction d'utilité de type Cobb-Douglas, afin d'obtenir des formes explicites des fonctions d'effort de conflit et de contribution au bien public. En premier lieu, nous cherchons si les agents contribuent plus au bien public qu'ils ne fournissent un effort de conflit. Nous montrons qu'il existe une condition suffisante pour laquelle le niveau de contribution individuelle au bien public est toujours plus important que le niveau d'effort de conflit. Cette condition est établie pour un niveau de dégradation impactant le bien public suffisamment important par rapport au niveau de richesse agrégée. Cette condition montre finalement que dans le cas d'un environnement "suffisamment" rude les agents ont une incitation à plus allouer leur dotation de manière collective que de manière conflictuelle. Cependant, nous montrons que dès que cette condition n'est plus validée il n'est plus possible de déterminer précisément si le montant d'effort de conflit est plus important que le niveau de contribution au bien public ou l'inverse. Par contre, nous pouvons déterminer comment les différents paramètres de notre modèle influencent les niveaux d'effort de conflit et de contribution au bien public. Nous montrons, par exemple, que la taille du groupe a un effet positif sur la différence entre les niveaux d'effort de conflit et de contribution volontaire au bien public. Ensuite, afin de répondre à notre problématique principale nous montrons que l'effort de conflit augmente avec la dégradation impactant le gain de captation de la ressource, mais diminue avec la dégradation impactant le montant fourni de bien public et avec le montant de ressource de conflit.

Pour expliquer ces résultats, nous analysons la variation du taux marginal de substitution entre le gain de captation de la ressource et la fourniture de bien public, en fonction des paramètres de dégradations et du montant de ressource de conflit. Nous trouvons

que les agents ont une préférence à allouer leur dotation vers le bien dont les quantités sont diminuées. À savoir, qu'ils contribuent au bien public lorsque la fourniture de celui-ci est diminuée ou qu'ils fournissent un effort de conflit plus important lorsque les gains de la captation de la ressource du conflit sont directement diminués. Ce résultat permet d'expliquer, en partie, la condition suffisante permettant d'établir que le niveau de contribution au bien public est plus important que le niveau d'effort de conflit. En effet, si la dégradation impactant la fourniture du bien public est suffisamment importante relativement à la richesse agrégée, le niveau de contribution au bien public est toujours plus important que le niveau d'effort de conflit, peu importe la valeur des autres paramètres.

Dans un deuxième temps, nous prenons une fonction d'utilité plus générale. Il s'agit d'une fonction CES qui nous permet d'introduire un nouveau paramètre : le degré de substitution entre les gains de la captation de la ressource et la fourniture du bien public. Cette fonction a comme forme spécifique la fonction Cobb-Douglas, mais pas seulement. Elle nous permet de prendre en compte des relations plus ou moins substituables entre les gains de captation de la ressource et le bien public. L'objectif de ce deuxième modèle est notamment d'analyser l'évolution de l'effort de conflit lorsque la relation entre les deux biens varie. Cela nous permet d'intégrer l'analyse de Dickson et al. (2018) qui expriment une relation non monotone entre une ressource et l'effort de conflit, contrairement aux modèles standards de conflit.

La forme CES de la fonction d'utilité nous permet de mettre en lumière une relation stable entre les variables de dégradations et le niveau d'effort de conflit. C'est-à-dire que peu importe le degré de substituabilité entre les gains de la captation de la ressource de conflit et la fourniture du bien public, l'effort de conflit augmente avec le montant de dégradation impactant les gains de la captation de la ressource de conflit, mais diminue avec la dégradation impactant la fourniture du bien public. En somme, nous montrons que la relation entre l'effort de conflit et les paramètres exprimant la dégradation de l'environnement est stable.

Enfin, ce modèle nous permet de contribuer à la littérature portant exclusivement sur les conflits, établissant une relation entre le niveau d'effort de conflit avec le montant de ressource conflictuelle. La relation entre l'effort et la ressource de conflit change lorsque l'on prend une fonction d'utilité moins restrictive qu'une fonction Cobb-Douglas. Faisant écho

à l'analyse de Dickson et al. (2018), nous trouvons une relation non monotone entre l'effort et la ressource de conflit. Cependant, notre modèle comporte une spécificité dans l'analyse de la relation entre le niveau d'effort et de ressource de conflit. Cette spécificité provient du fait que le signe de la relation dépend notamment du montant de dégradation qui impacte les gains de la captation de la ressource. Précisément, la relation entre l'effort et le montant de conflit est négative lorsque les biens sont suffisamment complémentaires, mais cette relation négative peut aussi être présente lorsque les biens sont plutôt substituables en fonction du montant de dégradation qui impacte les gains de la captation de la ressource. Plus ce dernier est important et plus le degré de substituabilité entre les gains de la captation de la ressource de conflit et le bien public doit être important pour obtenir une relation positive entre l'effort et la ressource de conflit. Notons que ce résultat apporte un cas particulier à notre modèle. En effet, nous avons montré que généralement l'effort de conflit augmente lorsque les gains de la captation de la ressource sont diminués. Or, avec ce modèle, il existe un cas particulier où la substituabilité est suffisamment importante relativement au niveau de dégradation impactant les gains de la captation de la ressource, pour que l'effort de conflit augmente avec le montant de ressource. Notons que ce cas particulier de notre modèle correspond au cas standard de la littérature portant sur les conflits.

En somme, ce papier montre, dans un contexte où il existe une dégradation de l'environnement économique, comment ce dernier peut impacter l'arbitrage des agents entre fournir un effort de conflit et contribuer à l'action collective. Cependant, nous faisons un certain nombre d'hypothèses qui méritent d'être levées. Par exemple, nous supposons que la fonction de production du bien public correspond à une simple somme des contributions. Or, la fourniture d'un bien public peut être le fait de contributions plus ou moins complémentaires et pas forcément parfaitement substituables. Il serait intéressant d'identifier comment le caractère complémentaire des contributions au bien public peut influencer l'arbitrage des agents face à une dégradation qui diminue l'utilité retirée de la fourniture de bien public. Ensuite, dans notre modèle nous faisons l'hypothèse que la dégradation correspond juste à une variable exogène simple. Il s'agit d'un choix de notre part pour identifier simplement l'incitation engendrée par une diminution de l'utilité retirée en raison de la dégradation des biens. Nous pouvons, par exemple, supposer que le conflit permettant de

capturer une partie de la ressource peut lui aussi dégrader le bien public. Ensuite, il est possible de changer notre modèle en supposant, par exemple, que la fourniture du bien public ne soit pas faite de manière volontaire, mais imposée par une institution spécifique collectant une taxe. Dans ce cas, la problématique change, car il ne s'agit plus de déterminer l'arbitrage des agents entre contribuer à un bien public et fournir un effort de conflit, mais plutôt d'analyser comment le niveau de taxe et l'effort de conflit varient en fonction des niveaux de dégradations.

Quoi qu'il en soit, nous nous sommes penchés sur cette problématique, car le changement climatique va dégrader les conditions de vie de l'ensemble des êtres humains à l'échelle de la planète. Notre modèle va, en partie, à l'encontre d'une certaine pensée commune affirmant que dans un environnement difficile l'être humain se livre à "la guerre de tous contre tous", notre première proposition en est, en partie, la démonstration. Nous montrons cependant que l'augmentation de la taille de groupe, qui peut être un proxy de migrations en raison de déplacements des réfugiés climatiques, a tendance à augmenter l'intensité du conflit. Surtout, notre modèle met en avant que dans beaucoup de cas une diminution des gains de la captation de ressource augmente l'intensité du conflit. Or, nous savons que beaucoup de conflits, encore aujourd'hui, sont liés à des ressources dont l'accessibilité est de plus en plus difficile, comme le pétrole ou l'eau dans certaines régions du monde. Ainsi, avec la diminution des réserves de ces ressources et la difficulté croissante d'en obtenir, couplée à une dégradation de l'environnement, peuvent augmenter l'intensité des conflits. Face à ce constat, nous pensons que seule une réponse institutionnelle peut contrebalancer l'incitation croissante à intensifier un conflit en raison de la diminution de la disponibilité des ressources. Il reste cependant à déterminer quel type d'institution peut diminuer cette incitation.

3.5 Annexes

3.5.1 Propriétés de la fonction d'utilité et démonstration de la proposition 1

Soit $U_i = (y_i - x_i)^\beta (G - X)^{1-\beta}$, la containte budgétaire individuelle associée : $w_i = g_i + e_i$. Avec $y_i = \frac{e_i}{E}R$ et $G = \sum_{i=1}^n g_i$. En introduisant la contrainte dans la fonction d'utilité nous obtenons la fonction suivante :

$$U_i = (y_i - x_i)^\beta \left(\sum_{i=1}^n (w_i - e_i) - X \right)^{1-\beta}. \quad (3.12)$$

La condition du premier ordre associée à l'effort de conflit e_i est la suivante :

$$\text{C.O.1 : } \beta (y_i - x_i)^{\beta-1} \frac{E_{-i}}{E^2} R \left(\sum_{i=1}^n (w_i - e_i) - X \right)^{1-\beta} - (1-\beta) \left(\sum_{i=1}^n (w_i - e_i) - X \right)^{-\beta} (y_i - x_i)^\beta = 0.$$

Nous pouvons réarranger les termes de la manière suivante : $\frac{\beta}{1-\beta} \left(\sum_{i=1}^n (w_i - e_i) - X \right) \frac{E_{-i}}{E^2} R - y_i + x_i = 0$ Ce qui nous permet d'obtenir la condition du second ordre associée à l'effort de conflit :

$$\text{C.O.2 : } \frac{\beta}{1-\beta} \left[-R \frac{E_{-i}}{E^2} - \left(\sum_{i=1}^n (w_i - e_i) - X \right) \frac{2E_{-i}E}{E^4} R \right] - \frac{E_{-i}}{E^2} R < 0.$$

À présent, nous nous intéressons au taux marginal de substitution entre le gain de captation de la ressource, i.e y_i , et la fourniture du bien public, i.e G . Le TMS entre le gain individuel du conflit et la fourniture du bien public correspond à :

$$TMS_{y_i/G} = -\frac{1-\beta}{\beta} \frac{y_i - x_i}{G - X}. \quad (3.13)$$

Il est simple d'observer que $\frac{\partial TMS}{\partial R} < 0$, $\frac{\partial TMS}{\partial X} < 0$ et $\frac{\partial TMS}{\partial x} < 0$.

3.5.2 Détermination de l'équilibre de Nash de la fourniture du bien public et de l'effort de conflit

Nous rappelons la fonction d'utilité avec l'insertion de la contrainte budgétaire :

$$U_i = (y_i - x_i)^\beta \left(\sum_{i=1}^n (w_i - e_i) - X \right)^{1-\beta}. \quad (3.14)$$

Premièrement, nous maximisons l'utilité en fonction de l'effort de conflit :

$$\frac{\partial U_i}{\partial e_i} = 0 : \frac{E_{-i}}{E^2} R \left(\sum_{i=1}^n (w_i - e_i) - X \right) = \frac{1-\beta}{\beta} (y_i - x_i). \quad (3.15)$$

Nous supposons un équilibre de Nash symétrique : $e_i = e_k = e$, $w_i = w_k = w$ et $x_i = x_k = x$ pour tous les agents i . Nous obtenons :

$$\frac{nw - X}{e} - n = \frac{n^2}{n-1} \frac{1 - \beta}{\beta} \frac{\left(\frac{R}{n} - x\right)}{R}. \quad (3.16)$$

En réarrangeant les termes nous obtenons l'équilibre intérieur de Nash d'effort de conflit :

$$e^* = \frac{(n-1)\beta R(W-X)}{n^2(1-\beta)r + n(n-1)\beta R}. \quad (3.17)$$

Avec $W = nw$ la dotation agrégée et $r = \frac{R}{n} - x$ le niveau de ressource nette individuelle. En introduisant e^* dans la contrainte budgétaire nous pouvons déterminer le niveau de fourniture individuelle de bien public :

$$g^* = w - \frac{(n-1)\beta R(W-X)}{n^2(1-\beta)r + n(n-1)\beta R}. \quad (3.18)$$

Nous pouvons réécrire g^* :

$$g^* = \frac{wn^2(1-\beta)r + (n-1)\beta RX}{n^2(1-\beta)r + n(n-1)\beta R}. \quad (3.19)$$

3.5.3 Démonstration de la proposition 2

Nous comparons le niveau d'effort de conflit, i.e e , et le niveau de fourniture au bien public, i.e g . Nous déterminons la relation entre les variables permettant d'obtenir $e > g$:

$$\frac{(n-1)\beta R(W-X)}{n^2(1-\beta)r + n(n-1)\beta R} > w - \frac{(n-1)\beta R(W-X)}{n^2(1-\beta)r + n(n-1)\beta R}. \quad (3.20)$$

En réarrangeant les termes nous obtenons :

$$2(n-1)\beta R(W-X) > w(n^2(1-\beta)r + n(n-1)\beta R). \quad (3.21)$$

En simplifiant nous obtenons :

$$\frac{n-1}{n} \frac{\beta}{1-\beta} (W-2X) > W \frac{r}{R}. \quad (3.22)$$

3.5.4 Démonstration de la proposition 3

Nous analysons la variation de l'effort de conflit avec les différents paramètres X , x et W . En regardant l'équation (3.17) nous remarquons facilement que l'effort de conflit augmente avec x mais diminue avec X . Nous nous attardons donc sur la dérivée avec R qui

est plus difficile à déterminer. Pour cette dérivée nous nous attardons sur le numérateur, le dénominateur étant positif :

$$\frac{\partial e^*}{\partial R} = (n-1)\beta(W-X) \left[n^2(1-\beta)r + n(n-1)\beta R \right] - \left[n^2(1-\beta)\frac{1}{n} + n(n-1)\beta \right] (n-1)\beta(W-X)R. \quad (3.23)$$

En développant et en simplifiant, nous obtenons :

$$\frac{\partial e^*}{\partial R} = (n-1)\beta(W-X)n^2(1-\beta)r - (n-1)\beta R(W-X)n^2(1-\beta)\frac{1}{n}. \quad (3.24)$$

En simplifiant encore nous obtenons finalement :

$$\frac{\partial e^*}{\partial R} = (n-1)n^2(W-X)(1-\beta)\beta(-x). \quad (3.25)$$

Ainsi, nous démontrons que $\frac{\partial e^*}{\partial R} < 0$.

3.5.5 Démonstration de la proposition 4

Nous rappelons la condition du premier ordre :

$$\frac{\beta}{(1-\beta)}(y_i - x_i)^{\theta-1} \left(\frac{E_{-i}}{E^2} \right) R - \left(\sum_{i=1}^n (w_i - e_i) - X \right)^{\theta-1} = 0. \quad (3.26)$$

En dérivant cette dernière expression en fonction de l'effort de conflit d'un agent, i.e e_i , nous obtenons :

$$\frac{\beta}{(1-\beta)}R \left[(\theta-1)(y_i - x_i)^{\theta-2} \left(\frac{E_{-i}}{E^2} \right)^2 - (y_i - x_i)^{\theta-1} \frac{2EE_{-i}}{E^4} \right] + (\theta-1) \left(\sum_{i=1}^n (w_i - e_i) - X \right)^{\theta-2} < 0. \quad (3.27)$$

Vu que $\theta < 1$, la condition du second ordre est donc respectée.

3.5.6 Démonstration de la proposition 5

Nous rappelons la condition du premier ordre symétrique :

$$\left(\frac{\beta}{1-\beta} \right)^{\frac{1}{\theta-1}} r \left(\frac{n-1}{n^2} \right)^{\frac{1}{\theta-1}} R^{\frac{1}{\theta-1}} e^{\frac{1}{1-\theta}} + X - W + ne = 0. \quad (3.28)$$

Nous définissons la partie gauche de l'équation (3.28) comme étant une fonction f . Premièrement, nous allons démontrer la relation entre l'effort et la ressource de conflit. En utilisant le théorème des dérivées implicites, nous pouvons écrire l'expression suivante :

$$\frac{\partial e}{\partial R} = -\frac{\frac{\partial f}{\partial R}}{\frac{\partial f}{\partial e}} \quad (3.29)$$

Avec $\frac{\partial f}{\partial e} = \left(\frac{\beta}{1-\beta}\right)^{\frac{1}{\theta-1}} \left(\frac{n-1}{n^2}\right)^{\frac{1}{\theta-1}} R^{\frac{1}{\theta-1}} r^{\frac{1}{1-\theta}} e^{\frac{\theta}{1-\theta}} + n$.

Et $\frac{\partial f}{\partial R} = \left(\frac{\beta}{1-\beta}\right)^{\frac{1}{\theta-1}} \left(\frac{n-1}{n^2}\right)^{\frac{1}{\theta-1}} e^{\frac{1}{1-\theta}} \left[\frac{\theta}{\theta-1} \frac{R^{\frac{1}{\theta-1}}}{n} - \frac{1}{\theta-1} R^{\frac{2-\theta}{\theta-1}} x \right]$. Nous observons facilement que $\frac{\partial f}{\partial e} > 0$. Par conséquent, le signe de $\frac{\partial e}{\partial R}$ va dépendre du signe de $\frac{\partial f}{\partial R}$. Vu que $\theta < 1$, $\frac{\partial f}{\partial R} < 0$ si $\theta \frac{R^{\frac{1}{\theta-1}}}{n} > R^{\frac{2-\theta}{\theta-1}} x$. Ce qui est le cas pour $\theta > \frac{xn}{R}$. En somme, lorsque $\theta > \frac{xn}{R}$, la dérivée $\frac{\partial f}{\partial R} < 0$ donc $\frac{\partial e}{\partial R} > 0$ et inversement pour $\theta < \frac{xn}{R}$.

Ensuite, nous analysons à partir de la condition du premier ordre, la dérivée implicite de l'effort de conflit avec la dégradation sur le bien public, i.e X . En utilisant le théorème des fonctions implicites nous pouvons formuler la dérivée suivante :

$$\frac{\partial e}{\partial X} = -\frac{\frac{\partial f}{\partial X}}{\frac{\partial f}{\partial e}}. \quad (3.30)$$

Avec $\frac{\partial f}{\partial X} = 1$. Donc $\frac{\partial e}{\partial X} < 0$. La relation entre l'effort de conflit et le montant de dégradation impactant le bien public est négative.

Enfin, partant de la condition du premier ordre définie ci-dessus, nous réalisons la dérivée implicite de l'effort de conflit avec le montant de dégradation impactant le montant de ressource accaparée par le conflit :

$$\frac{\partial e}{\partial x} = -\frac{\frac{\partial f}{\partial x}}{\frac{\partial f}{\partial e}}. \quad (3.31)$$

Avec $\frac{\partial f}{\partial x} = -1$, donc $\frac{\partial e}{\partial x} > 0$. Le signe de la dérivée implicite de l'effort de conflit avec la dégradation sur le montant de la ressource de conflit accaparée est positif.

Conclusion

Nous avons vu au cours de cette thèse différents modèles permettant de répondre à des problématiques bien définies. Pour l'ensemble de ces modèles, nous supposons qu'il n'y a pas d'asymétrie d'information et leur résolution est en statique. Ces deux hypothèses sont importantes, car elles permettent de simplifier l'analyse et d'identifier simplement les effets des différents paramètres sur la variable de contribution à l'action collective des agents. Avec cette thèse, nous souhaitons mettre en avant l'effet des technologies de production et de coût de l'action collective sur les niveaux de contributions individuelles. La science économique se concentre sur l'étude des technologies de production et de coût et se distingue de beaucoup de sciences sur ce sujet. Nous souhaitons prolonger ce type d'étude sur les actions collectives afin d'identifier les incitations économiques qui influencent les niveaux d'efforts individuels fournis pour l'action collective dans différents contextes.

Dans le premier chapitre, nous nous attardons sur la relation entre la taille d'un groupe et son efficacité. Pour ce faire, nous utilisons un modèle de conflit. Ce type de modèle permet de facilement comparer les groupes entre eux et d'apprécier lequel de ces groupes est le plus efficace dans l'action collective qu'il entreprend. L'objectif de ce premier chapitre est d'identifier comment le degré de complémentarité entre les efforts des agents influence la relation entre l'effort d'un groupe et sa taille. Beaucoup de travaux ont été effectués dans l'analyse de la relation entre la taille de groupe et son efficacité avec différentes formulations. Cependant, ces travaux n'ont pas analysé en détail, à notre connaissance, le rôle de la complémentarité entre les efforts des membres sur la relation entre la taille de groupe et son efficacité en supposant un prix contesté pouvant être plus ou moins divisible et une fonction de coût pouvant être plus ou moins convexe. Notre modèle permet de récapituler l'ensemble des résultats trouvés par la littérature nous précédant. De plus, notre papier nous permet d'identifier l'effet de la complémentarité des efforts des membres

sur cette relation, apportant un nouveau résultat à la littérature. Nous montrons que même si le coût d'effort de contribution à l'effort du groupe est linéaire, pour un degré de complémentarité suffisamment important relativement au degré de rivalité du bien contesté, le grand groupe est plus efficace que le petit groupe. Nous mettons en avant que la complémentarité, en soi, permet d'atténuer le problème de *passager clandestin*, permettant donc à un grand groupe d'être plus efficace qu'un plus petit groupe.

Nous analysons aussi les gains individuels obtenus par les agents. Nous cherchons à déterminer si les agents obtiennent plus de gains en appartenant à un grand groupe ou à un petit groupe. Nous montrons que les agents dans le plus grand groupe ont plus de gains que ceux appartenant au plus petit groupe lorsque le bien contesté est un bien public pur, pour tout degré de complémentarité entre les efforts. Cependant, si le bien contesté est parfaitement divisible, les agents dans le grand groupe ont plus de gains que ceux appartenant au plus petit groupe si la complémentarité entre les efforts des agents est suffisamment importante.

Cependant, nous l'avons précisé lors de la conclusion de ce premier chapitre, les papiers expérimentaux qui analysent le *paradoxe de la taille de groupe*, notamment en utilisant un cadre de conflit, ne prouvent pas l'existence de ce paradoxe. Sheremeta (2018) montre expérimentalement qu'un grand groupe est toujours plus efficace qu'un petit groupe pour remporter un conflit. Nous précisons que ces papiers expérimentaux n'intègrent pas, à notre connaissance, de la complémentarité entre les efforts des agents d'un même groupe. Cela signifie qu'empiriquement l'effet de la technologie de production n'est pas la seule variable qui influence la relation entre la taille d'un groupe et son efficacité.

Nous pensons que le travail effectué dans ce premier chapitre peut être poursuivi d'au moins deux manières. Une première serait de vérifier empiriquement, notamment par le biais d'expériences en laboratoire ou sur le terrain, l'effet de la complémentarité sur la relation entre la taille de groupe et son efficacité puis sur la relation entre les gains individuels et la taille de groupe. Une autre manière serait de rechercher d'autres variables qui permettraient d'expliquer pourquoi expérimentalement, dans un modèle de conflit, le *paradoxe de la taille de groupe* ne trouve aucune validité. Une idée serait de supposer que les agents ne sont pas purement autocentrés. Par exemple, Sheremeta (2018) avance l'intuition que les agents sont altruistes paroissiaux. C'est-à-dire qu'ils développent,

dans un contexte de conflit, un ressentiment positif envers les membres du groupe auquel ils appartiennent, mais un ressentiment négatif envers les agents qui appartiennent aux groupes auxquels ils sont opposés. Nous pensons qu'effectivement cette intuition pourrait contrebalancer l'effet de *passager clandestin* qui nuit plus fortement à un grand groupe.

Ensuite, dans le second chapitre nous nous intéressons à une autre problématique, mais en recherchant, comme dans le premier chapitre, l'impact de la technologie de production. Nous analysons la répartition du poids de l'effort collectif entre des agents qui valorisent à des degrés divers l'action collective. L'intérêt d'analyser cette question est que dans beaucoup d'actions collectives observées, les contributeurs ne valorisent pas tous à un même niveau l'action collective. Cela a pour conséquence, de fait, une différence de niveau de contribution et souvent un ressentiment négatif des agents qui ont l'impression de supporter un poids de l'effort collectif trop important par rapport à ce qu'ils retirent comme bénéfices de l'action collective. Nous avons décomposé ce chapitre en deux parties. Les deux parties traitent de la question de la répartition de l'effort collectif, avec des contributions qui ont un certain degré de complémentarité. Au cours de la première partie nous nous concentrons sur l'effet direct de la complémentarité sur la répartition de l'effort collectif, puis nous analysons l'évolution de cette répartition de l'effort collectif lorsque les agents se mettent à coopérer. Dans la seconde partie, nous introduisons une préférence sociale et analysons l'effet de cette dernière sur la répartition de l'effort collectif.

Pour rappel, le résultat original concernant cette problématique, explicité par Olson (1965), est que c'est l'agent qui a le plus d'intérêt dans l'action collective qui contribue un poids disproportionné à l'action collective. Pour cet agent, la part du poids de l'effort collectif qu'il supporte est plus importante que la part des bénéfices qu'il retire de l'action collective. Dans notre papier, afin d'identifier si le poids de contribution à l'action collective supporté par un agent est plus important que la part de bénéfices qu'il en retire, nous créons la variable de bénéfice par effort dépensé. En comparant cette variable pour deux agents qui ont différentes valorisations, nous pouvons facilement établir le caractère équitable de la répartition du poids de l'effort collectif. En effet, si cette variable pour les deux agents est égale, la répartition du poids de l'effort collectif est équitable.

Dans la première partie de ce chapitre, nous exposons qu'avec un relativement faible degré de complémentarité, l'agent qui a la plus faible valorisation obtient un bénéfice par

effort dépensé plus important que l'agent qui a la plus forte valorisation, correspondant au résultat standard. Cependant, pour un suffisamment haut degré de complémentarité entre les efforts des agents, c'est l'agent qui a la plus forte valorisation de l'action collective qui obtient un bénéfice par effort dépensé plus important. Dans cette littérature, il est souvent exposé que c'est l'agent qui a la plus forte valorisation qui impacte le plus la production de l'action collective. Or, nous montrons que le degré de complémentarité peut changer cela. Pour un degré de complémentarité suffisamment important c'est l'agent qui a la plus faible valorisation, qui a l'impact marginal le plus important sur l'effort collectif total.

Ensuite, toujours dans cette première partie, nous analysons quel agent obtient une répartition de l'effort collectif d'autant plus avantageuse en coopérant. Pour ce faire, nous comparons les augmentations des bénéfices par effort dépensé de chaque agent lorsque le système de contribution passe de volontaire à coopératif. Nous montrons que pour un degré de complémentarité relativement faible, c'est l'agent qui a le plus d'intérêt dans l'action collective qui est d'autant plus avantagé par la répartition de l'effort collectif lorsque les agents coopèrent, par rapport au système non coopératif. Mais pour un degré de complémentarité entre les efforts suffisamment important, c'est l'agent qui a la plus faible valorisation qui est d'autant plus avantagé par la répartition de l'effort collectif en coopérant.

Cette première partie de ce second chapitre nous permet de mettre en lumière l'effet de la complémentarité des efforts des agents sur la répartition du poids de l'effort collectif. Elle nous permet aussi d'identifier l'effet de la complémentarité sur l'évolution de la répartition de l'effort collectif lorsque le système de contribution passe de volontaire à coopératif. L'ensemble de ces résultats fait écho à l'analyse empirique des institutions internationales. Comme nous l'avons documenté dans ce second chapitre, cette analyse empirique met en avant l'intuition que la forme de la fonction de production de l'action collective a un impact important sur la répartition de l'effort collectif. Nous démontrons cela de manière théorique en explicitant l'effet de la complémentarité entre des efforts d'agents qui valorisent à des degrés divers l'action collective.

Dans la seconde partie de ce chapitre, nous introduisons cette fois un paramètre de préférence sociale pouvant être positif ou négatif. Ce paramètre met en lumière l'idée que les agents en contribuant à une action collective prennent en compte les gains des

autres agents avec qui ils participent à l'action collective. Ainsi, dans ce modèle les agents ne sont plus purement autocentrés. Ce modèle propose donc une analyse qui cherche à compléter et rassembler deux pans de la littérature économique. Un premier qui introduit des préférences sociales dans l'analyse de l'action collective. Puis, un pan qui s'intéresse à l'effet de l'hétérogénéité sur la participation des agents à l'action collective.

Un des apports de cette partie concerne le lien conjugué des préférences sociales et de la complémentarité entre les efforts des agents sur la répartition de l'effort collectif. Premièrement, nous montrons que plus les agents sont bienveillants entre eux et plus la répartition du poids de l'effort collectif varie en faveur de l'agent qui a la plus grande valorisation. Nous exposons finalement un effet de l'altruisme, qui rend la répartition de l'effort collectif favorable à l'agent qui a une plus forte valorisation de l'action collective. La raison en est qu'à mesure que les agents sont bienveillants entre eux, l'écart entre les différents niveaux de contributions diminue, car l'agent qui valorise moins l'action collective va prendre en compte de manière plus importante la plus forte valorisation de l'autre agent. Dans le même temps, l'agent qui a la plus forte valorisation va, quant à lui, prendre en compte de manière plus importante la valorisation plus faible de l'autre agent. Cela correspond à un degré de préférence sociale particulier, pour lequel les bénéfices par effort dépensé sont égaux, dont la valeur dépend finalement de l'écart entre les niveaux de valorisations de chaque agent et du degré de complémentarité entre les efforts des agents. Nous montrons que le degré de complémentarité renforce l'effet d'altruisme sur la répartition de l'effort collectif. Pour être précis, nous montrons que plus le degré de complémentarité est important entre les efforts des agents et moins il est nécessaire d'avoir un degré d'altruisme important pour que l'agent qui a la plus forte valorisation obtienne un bénéfice par effort dépensé plus important.

Notre second chapitre aborde l'effet de la complémentarité entre les efforts des agents sur la répartition de l'effort du groupe, ce qui à notre connaissance n'a pas été réalisé dans la littérature théorique. Nous montrons l'effet de cette technologie de production dans plusieurs contextes, un premier où les agents sont purement autocentrés, un autre où les agents coopèrent pleinement et enfin un autre où ils prennent en compte en partie les gains des autres agents. Ces différents contextes permettent de lier la question de la technologie de production de l'action collective avec la question de la coopération, et des préférences

sociales des agents. De manière surprenante, la complémentarité des efforts est très peu étudiée empiriquement. Nous pensons fournir dans ce second chapitre suffisamment d'intuitions et de potentiels effets à tester empiriquement qui permettent de bien comprendre celui de cette technologie de production sur les efforts des agents à l'action collective. D'autant plus que nous exprimons l'interaction entre cette technologie de production et des contributions d'agents hétérogènes avec différentes hypothèses comportementales, qui sont généralement bien identifiés en économie expérimentale.

Dans le troisième chapitre de notre thèse, nous abandonnons l'analyse de la relation entre la forme de la fonction de production de l'action collective et les niveaux de contributions des efforts des participants. Cependant, nous utilisons les cadres théoriques des deux premiers chapitres, à savoir, la modélisation d'un conflit et la fourniture d'une production commune, pour une tout autre question. L'objectif du troisième chapitre est de déterminer les incitations économiques qui influencent l'arbitrage des agents entre fournir un effort de conflit ou contribuer volontairement à un bien public. Nous stipulons un cadre particulier où nous supposons que l'environnement économique est dégradé. Cette dégradation est représentée par la diminution des gains de la captation de la ressource par le conflit et des quantités disponibles de bien public.

Nous déterminons une condition suffisante pour laquelle le niveau de fourniture individuelle au bien public est plus important que le niveau d'effort de conflit individuel. Cette condition dépend du niveau relatif de dégradation diminuant les quantités disponibles du bien public par rapport à la richesse agrégée des agents. Ensuite, notre modèle montre que le niveau d'effort de conflit augmente avec la dégradation impactant les gains de captations de la ressource de conflit, mais diminue avec le montant de dégradation diminuant les quantités disponibles de la fourniture du bien public et le montant de ressource de conflit. Ces résultats mettent en avant les effets incitatifs des dégradations sur l'arbitrage des agents entre fournir un effort de conflit ou participer volontairement à une action collective.

Nous allons plus loin en analysant la relation entre l'effort et le montant de ressource de conflit. Cette partie de l'analyse permet d'incorporer celle des modèles de conflit portant sur la relation entre l'effort et le montant de ressource de conflit. Nous réalisons cette analyse avec une fonction d'utilité de type CES, qui explicite une relation avec un degré

de substitution entre la fourniture du bien public et les gains individuels de la captation de la ressource. Ce cadre permet de montrer premièrement que les relations entre l'effort de conflit et les différents paramètres de dégradation ne changent pas avec une fonction d'utilité plus générale que la simple Cobb-Douglas. Cependant, l'introduction de la CES nous permet de généraliser la relation entre l'effort et le montant de ressource de conflit, faisant écho à l'analyse de Dickson et al. (2018). Notre cadre permet d'apporter une subtilité dans la relation entre les deux variables qui dépend directement de notre modèle. En effet, nous montrons que le signe de la relation entre le niveau d'effort de conflit et le montant de ressource va dépendre du niveau de dégradation impactant les gains de captation de la ressource. Par exemple, la relation entre l'effort et le montant de ressource de conflit peut être positive si le montant de dégradation qui diminue l'utilité retirée de la captation de la ressource est relativement faible par rapport au degré de substituabilité.

En conclusion, ce sujet de thèse est très vaste, car il se concentre sur l'investissement fourni par des agents dans une action collective. Nous avons voulu nous concentrer sur le rôle des technologies de production et de coût de l'action collective, sur l'effort investi dans une action collective. Nous avons aussi analysé différents contextes d'action collective, un contexte conflictuel, un autre de production simple de bien public et un autre combinant les deux. Cela nous a permis de contribuer à la littérature en traitant de problématiques telles que la relation entre la taille du groupe et son efficacité, la répartition du poids de l'effort collectif et l'arbitrage entre fournir un effort de conflit ou collectif face à l'adversité d'un environnement.

Cependant, une question que nous n'avons pas du tout abordée dans cette thèse est la question des institutions. En effet, dans l'ensemble de cette thèse nous supposons des agents qui participent de manière volontaire et non coordonnée à une action collective. Or, en général les agents cherchent à se coordonner pour parvenir à leur fin de manière collective et surtout à organiser leur coordination. Il peut être important de se pencher sur la question d'institutions ou de règles à établir qui sont les plus effectives pour permettre aux agents de parvenir à leurs fins. Il serait intéressant d'observer comment cela influence les différentes problématiques que l'on a étudiées au cours de cette thèse. L'objectif serait de ne pas se concentrer sur les niveaux de contributions individuelles, mais plutôt sur le type d'organisation choisie par les agents, notamment pour pallier au *problème de passager*

clandestin.

Bibliographie

- [1] Alchian, A.A., and H. Demsetz, 1972, "Production, Information Costs, and Economic Organization," *American Economic Review* 62(5), 777–795.
- [2] Alger, I., (2010), "Public goods games, altruism and evolution". *Journal of Public Economic Theory*, 12 (4), 789-813.
- [3] Andras, P., Lazarus, J., et G. Roberts, (2007), "Environmental adversity and uncertainty favour cooperation". *BMC Evolutionary Biology*, 7 : 240.
- [4] Andreoni, J., (1988), "Privately provided public goods in a large economy : the limits of altruism". *Journal of Public Economics*, 35, 57-73.
- [5] Baik, K.H., (2008), "Contests with group-specific public good-prizes". *Social Choice Welfare*, 30, 103-117.
- [6] Bardhan, P., Ghatak, M., et A. Karainov, (2007), "Wealth inequality and collective action". *Journal of Public Economics*, 91, 1843-1874.
- [7] Barrett, S., (2013), "Climate treaties and approaching catastrophes". *Journal of Environmental Economics and Management*.
- [8] Bendor, J., (1993), "Uncertainty and the evolution of cooperation". *Journal of conflict resolution*, 37(4), 709-734.
- [9] Buckley, E., et R., Croson, (2006), "Income and wealth heterogeneity in the voluntary provision of linear public goods". *Journal of Public Economics*, 90, 935-955.
- [10] Bergstrom, T., Blume, L. et Varian, H., (1986). "On the private provision of public goods". *Journal of Public Economics*, 29, 2549.
- [11] Cabrera Á., et E.F., Cabrera, (2002) "Knowledge-Sharing Dilemmas". *Organization Studies*, 23(5), 687-710.

- [12] Chamberlin, J. (1974). "Provision of public goods as a function of group size". *American Political Science Review*, 68, 707-716.
- [13] Chaudhuri, A., (2011). "Sustaining cooperation in laboratory public goods experiments : a selective survey of the literature". *Experimental Economics*, 14, 47-83.
- [14] Chan, K. S., Mestelman, S., Moir R., et R.A, Muller, (1996), "The Voluntary Provision of Public Goods under Varying Income Distributions". *The Canadian Journal of Economics*, 29, 54-69.
- [15] Chan, K. S., Mestelman, S., Moir R., et R.A, Muller, (1999), "Heterogeneity and the voluntary provision of public goods". *Experimental Economics*, 2, 5-30.
- [16] Cheikbossian, G. (2020), "Evolutionarily stable in-group altruism in productive and destructive group contests", RR, *Journal of Economic Behavior and Organization*.
- [17] Cheikbossian, G. (2021), "Evolutionarily stable in-group altruism in intergroup conflict over (local) public goods", *Games and Economic Behavior*, 127, pp 206-226,
- [18] Chen, X., et Perc, M., (2014), "Excessive abundance of common resources deters social responsibility". *Scientific Reports*, 4, 4161.
- [19] Chen, X., Szolnoki, A., et M., Perc, (2012), "Averting group failures in collective-risk social dilemmas". *EPL, A Letters Journal Exploring The Frontiers Of Physics.*, 99, 68003.
- [20] Cherry, T.L., S.Kroll, et j. F. Shogren, (2005), "The Impact of Endowment Heterogeneity and Origin of Public Good Contributions : Evidence from the Lab," *Journal of Economic Behavior and Organization*, 57 , 357-365.
- [21] Chowdhury, S.M., Lee, D., and R. Sheremeta, 2013, "Top Guns May Not Fire : Best-Shot Group Contests with Group-Specific Public Good Prizes," *Journal of Economic Behavior and Organization* , 92, 94-103.
- [22] Cornes, R., 1993, "Dyke Maintenance and other stories : some neglected types of public goods. ", *Quarterly journal of economics*, 108 (1), 259-271.
- [23] Cornes, R., et R. Hartley, 2007, "Weak Links, Good Shots and Other Public Good Games : Building on BBV," *Journal of Public Economics* 91(9), 1684-1707.

- [24] Cornes, R., et T. Sandler, 1996, “The Theory of Externalities, Public Goods and Club Goods”, 2nd ed. *Cambridge : Cambridge University Press*
- [25] Cubel, M., and S. Sanchez-Pages, 2014, “Inequality in Conflicts,” *Working Paper*.
- [26] Dayton-Johnson, J., (2000) “Determinants of collective action on the local commons : a model with evidence from Mexico ”, *Journal of Development Economics*, 62, 181-208.
- [27] De Jaegher, K., (2017), “Harsh environments and the evolution of multi-player cooperation”. *Theoretical Population Biology*, 113, 1-12.
- [28] De Jaegher, K., (2019), “Harsh environments : Multi-player cooperation with excludability and congestion”. *Theoretical Population Biology*, 460, 18-36.
- [29] Dickson, A., MacKenzie, I. A., et P. Sekeris, (2018), “Rent-seeking incentives in share contests”. *Journal of Public economics*, 166, 53-62
- [30] Diekert, F.K., (2017), “Threatening thresholds ? The effect of disastrous regime shifts on the non-cooperative use of environmental goods and services”. *Journal of Public Economics*, 147, 30-49.
- [31] Diekmann, A., (1993), “Cooperation in an asymmetric volunteer’s dilemma Game”, *International Journal of Game Theory*, 22, 75-85.
- [32] Dorussen. H, Kirchner E.J, et J. Sperling, (2009), “Sharing the burden of collective security in the European Union”, *International Organization*, 63 (4), 789-810.
- [33] Du, J., et L., Tang, (2018), “Evolution of global contribution in multi-level threshold public goods games with insurance compensation”. *Journal of Statistical Mechanics : Theory and Experiment*.
- [34] Dutheil de la Rochère, G., Josselin, J-M. et Y. Rocaboy (2011) “The role of aggregation technologies in the provision of supranational public goods : A reconsideration of NATO’s strategies”, *The Review of international organizations*, 6, 85-103.
- [35] Dutheil de la Rochère, G., Josselin, J-M. et Y. Rocaboy (2014) “SDI, NATO, and the Social Composition Function”, *Defence and Peace Economics*, 25, 85-95.
- [36] Ehrlich, P.R., et A.H., Ehrlich (2013), “Can a collapse of global civilization be avoided?” *Proc R Soc B* 280 : 20122845.

- [37] Esteban, J., and D. Ray, 2001, "Collective Action and the Group Size Paradox", *American Political Science Review* 95(3), 663-672.
- [38] Esteban, J. et D., Ray, (2011), "A model of ethnic conflict". *Journal of the European Economic Association*, 9(3), 496-521.
- [39] Fehr, E., et S., Gächter (1999), "Cooperation and Punishment in Public Goods Experiments". *American Economic Review*, 90(4); 980-994.
- [40] Fehr, E. et K.M., Schmidt, (2000), "A theory of fairness, competition, and cooperation". *The Quarterly Journal of Economics*, 114(3), 817-868.
- [41] Fenig, G., Gallipoli, G. et Y.Halevy (2016), "Complementarity in Private Provision of Public Goods by Homo Pecuniarius and Homo Behavioralis", Working Paper.
- [42] Gavrillets S. (2015), "Collective action problem in heterogeneous groups", *Phil. Trans. R. Soc. B* 370 : 20150016.
- [43] Gleick, P. H., (2014), "Water, Drought, Climate Change, and Conflict in Syria". *American Meteorology Society*, 6, 331-340.
- [44] Hausken, K., (2005), "Production and conflict Model versus Rent-Seeking Models". *Public choice*, 123, 59-93.
- [45] Hirschman, A. O. (1970). "Exit, Voice, and Loyalty : Responses to Decline in Firms, Organizations, and States". *Cambridge, MA : Harvard University Press*.
- [46] Hirschleifer, J. (1983), "From weakest-link to Best shot : The voluntary provision of public goods", *Public Choice* 41(3), 371-386.
- [47] Hirschleifer, J., (1988), "The analytics of continuing conflict". *Synthese*, 76, 201-233.
- [48] Hirschleifer, J., (1995), "Anarchy and its breakdown". *Journal of Political economy*, 103(1), 26-52.
- [49] Hovi, J., Ward, H., et F., Grundig , (2015), "Hope or Despair? Formal Models of Climate Cooperation ". *Environ Resource Econ*, 62, 665-688.
- [50] Itaya, J., de Meza, D., Myles, G.D., 1997. "In praise of inequality : public good provision and income distribution". *Economics Letters* 57, 289-296.
- [51] Katz, E., Nitzan S. et J. Rosenberg, 1990, "Rent-Seeking for Pure Public Goods," *Public Choice* 65(1), 49-60.

- [52] Karaivanov, A. (2009), "Heterogeneity, returns to scale, and collective action". *Canadian Journal of Economics*, 42(2), 771-807.
- [53] Kesternich, M., Lange, A., et Sturm, B., (2014), "The impact of burden sharing rules on the voluntary provision of public goods". *JEBO*, 105, 107-123.
- [54] Kolmar, M., et H. Rommeswinkel, 2013, "Contests with Group-Specific Public Goods and Complementarities in Efforts," *Journal of Economic Behavior and Organization* 89, 9–22.
- [55] Krams, I., Berzins, A., Krama, T., Wheatcroft, D., Igaune, K., et J.M., Rantala, (2009), "The increased risk of predation enhances cooperation". *Proc. R. Soc. B*, 1614
- [56] Kropotkine, P., (1902) "Mutual aid." *Heinemann, London*.
- [57] Lazarus, J., (2017), "Cooperation in adversity : an evolutionary approach". *Global Discourse*, 7(4), 571-598.
- [58] Lee, D., 2012, "Weakest-Link Contests with Group-Specific Public Good Prizes," *European Journal of Political Economy* 28(2), 238–248.
- [59] Ledyard, O., (1995). "Public goods : some experimental results." In J. Kagel A. Roth (Eds.), *Handbook of experimental economics*. Princeton : Princeton University Press (Chap. 2).
- [60] Levine, D.K. (1998), "Modeling altruism and Spitefulness in Experiments", *Review of Economic Dynamics* 1, 593-622.
- [61] Meadows, D., Meadows, D., Randers, J., et W. W. Behrens, *The Limits to Growth*, Universe Books, 1972.
- [62] Olson, M. (1965), *The Logic of Collective Action*, Cambridge, MA : Harvard University Press.
- [63] Olson, M. and R. Zeckhauser, (1966). "An Economic Theory of Alliances", *Rev. Econ. Statist.* 48 :3, pp. 266-79.
- [64] Oneal, J. (1990 a), "Testing the Theory of Collective Action : Nato Defense Burdens, 1950-1984", *Journal of conflict resolution*, 34(3), 426-448.
- [65] Oneal, J. (1990 b), "The theory of collective action and burden sharing in NATO," *International Organization*, 44(3), 379-402.

- [66] Marshall, G.R., (2004) “Farmers cooperating in the commons? A study of collective action in salinity management ”, *Ecological Economics*, 51 , 271-286.
- [67] Maurice, J., Rouaix, A., et M. Willinger, (2013) “Income redistribution and Public good provision : an experiment”, *International Economic Review*, 54 (3), 957-975.
- [68] McGinty, M., et G.,Milam (2013), “Public goods provision by assymetric agents : experimental evidence”,*Social Choice and Welfare* 40, 1159-1177.
- [69] McGuire, M. C., (1974). “Group size, group homogeneity, and the aggregate provision of a pure public good under Cournot behavior.” *Public Choice*, 18, 107-126.
- [70] Miles, S.A., and M.D. Watkins, 2007, “The Leadership Team : Complementary Strengths or Conflicting Agendas?,” *Harvard Business Review* 85(4), 90–98.
- [71] Morgan, J., (2000). “Financing public goods by means of lotteries”. *Review of Economic Studies*. 67, 761-84.
- [72] Münster, J., 2009, “Group Contest Success Functions”, *Economic Theory* 41(2), 345–357.
- [73] Nitzan, S., et K., Ueda (2014), “Intra-group heterogeneity in collective contests”,*Social Choice and Welfare* 43,219-238.
- [74] Nordas, R., et N.P., Gleditsch, (2007), “Climate change and conflict”. *Political Geography*, 26, 627-638.
- [75] Olson, M., 1965, *The Logic of Collective Action*, Cambridge, MA : Harvard University Press.
- [76] Pecorino, P., (2009). “Public goods, group size and the degree of rivalry”. *Public Choice*, 138, 161-169.
- [77] Pecorino, P., (2015), “Olson’s Logic Collective Action at Fifty,” *Public Choice* 162(3-4), 243–262.
- [78] Pecorino, P., et Temimi, A. (2007). “Lotteries, group size and public good provision”. *Journal of Public Economic Theory*, 9,451-465.
- [79] Pecorino, P., et Temimi, A. (2012). “Lotteries, public good provision and the degree of rivalry”. *International Tax and Public Finance*, 19, 195-202.

- [80] Ray, D., Baland, J.M., and O. Dagnelie, 2007, "Inequality and Efficiency in Joint Projects," *The Economic Journal* 117(522), 922–935
- [81] Richter, A., Soest, D.V. et J., Gasman, (2013), "Contagious cooperation, temptation, and ecosystem collapse". *Journal of Environmental Economics and Management*, 66, 141-158.
- [82] Sandler, Todd et John F. Forbes, (1980). "Burden Sharing, Strategy, and the Design of NATO". *Econ. Inq.* 18(3), 425-444.
- [83] Sandler, T., et K. Hartley (2001). "Economics of Alliances : The Lessons for Collective Action", *Journal of Economic Literature*, 39 (3) : 869-896.
- [84] Schmidt, R.C., (2017), "Dynamic cooperation with tipping points in the climate system". *Oxford Economic Papers*, 69(2), 388-409.
- [85] Sheremeta, R.M., (2018), "Behavior in group contests : A review of experimental research". *Journal of Economic Surveys*, 32(3), 683-704.
- [86] Skaperdas, S., (1991), "Conflict and attitudes toward risk". *American economic Association Papers and Proceedings*, 81(2), 116-120.
- [87] Skaperdas, S., (1992), "Cooperation, conflict and Power in the absence of Property rights". *American economic review*, 82(4), 720-739.
- [88] Smaldino, P.E., Schank, J.C., et R., Mc Elreath, (2013), "Increased Costs of Cooperation Help Cooperators in the Long Run". *The american naturalist*, 181 (4), 451-463.
- [89] Suhrke, A. (1998). "Burden-sharing during Refugee Emergencies : The Logic of Collective Action versus National Action", *Journal of Refugee Studies*, 11 :4, 396-415.
- [90] Tullock, G. (1980). "Efficient rent-seeking". Dans J.M. Buchanan, R.D. Tollison and G. Tullock (Eds.), *Toward a theory of the rent-seeking society*, 97-112. College Station : Texas AM University Press
- [91] Thielemann E.R. and C. Armstrong (2012), "Understanding European asylum cooperation under the Schengen/Dublin system : a public goods framework", *European Security* 22(2), 148-164.
- [92] Thielemann E.R. and T. Dewan (2006), "The myth of free-riding : Refugee protection and implicit burden-sharing", *West European Politics* 29(2), 351-369.

- [93] Thielemann E.R.(2017), “Burden Sharing : The International Politics of Refugee Protection”, Working Paper.
- [94] Warr, P., (1983) “The private provision of a public good is independent of the distribution of income.” *Economics Letters* 13, 207-11.
- [95] Whitt, S. et R.K. Wilson, (2007), “Public goods in the field : Katrina evacuees in Houston”. *Southern Economic Association*, 74(2), 377-387.
- [96] Xu, X. (1999), “The large and the small- who exploits whom?”, *Economics Letters*, 63, 321-326.

