

The endogenous coalition can be a solution to the tragedy of common? An experimental study.

La formation endogène de coalitions peut-elle être un remède à la tragédie des communs? Une étude expérimentale



Conférence Scientifique
Internationale sur
l'Environnement et
l'Agriculture

O. RHOUMA ^{1*}

¹ Unité de recherche Gestion Durable des Ressources en Eau et en Sol (GDRES), Ecole Supérieure des Ingénieurs de l'Équipement Rural de Medjez Elbab

*Corresponding author: oussamarhouma@yahoo.fr

Abstract – The management of commons pools resources raises the problem of their over-exploitation which degenerates in general into their exhaustion.

We study the impact of coalition formation in the investment on common pool resource.

Our first result from resolution of our model show that social optimum is always in the formation of the biggest coalition, however Nash equilibrium depend on number of player in the game. We choose case in which Nash equilibrium and social optimum coincide. For this example, we demonstrate that in forming the biggest coalition we invest less in CPR and the total payoff is the greatest from all structure. We demonstrate also that comparing to the game without coalition formation (standard case) any structure other than singletons coalitions was an amelioration (less investment and greeter group payoff) We use then experimentation to validate the theoretical results. Over than 100 players participate to the experimentation and was paid according to their decisions

Our first experiment with two treatments (veto & dictator) confirms our theoretical study: players form groups, decrease their investment in CPR and increase their payoff. The dictator treatment was significantly more efficient

The second experiment show that nether we change first group structure, the result is the same. We demonstrate also that decision rules don't affect final results.

Keywords : CPR, Coalitions, Experiment, Veto & Dictator, decision rules.

Résumé – La gestion d'une ressource commune soulève souvent le problème de leur surexploitation qui aboutit en général à leur épuisement. Nous étudions dans ce travail l'impact de formation de coalition sur l'investissement dans la ressource commune.

Nos premiers résultats viennent de la résolution du modèle d'investissement qu'on a modifié pour permettre la formation de coalition. L'optimum social est toujours dans la formation de la plus grande coalition, cependant l'équilibre de Nash dépend du nombre de joueurs dans le jeu. Nous avons choisis le cas pour lequel l'équilibre Nash et l'optimum social coïncident. Pour cet exemple nous démontrons que la formation de la plus grande coalition permet d'investir moins dans la ressource et garantit le gain total le plus. On montre aussi que toute formation autre que les cinq singletons est une amélioration par rapport au jeu standard.

Les résultats expérimentaux viennent confirmer nos calculs théoriques. En effet les joueurs forment des coalitions et investissent moins dans la ressource. La structure de départ et la règle de décision d'investissement ne change pas le résultat final.

Mots clés : Ressources Communes, Expériences, Coalitions, Dictateur et Veto, Règles de décisions.

1. Introduction

Les ressources communes sont des ressources partagées par différents utilisateurs en raison de l'absence de droits de propriété ou de la difficulté de les faire appliquer ou respecter. Le caractère le plus marquant de la plus part de ces ressources est leur rareté qui peut s'expliquer par la rapidité du changement environnemental, mais aussi par l'augmentation de la demande pour ces ressources sans oublier bien sûr leur répartition inégale dans le monde. L'exploitation de ces ressources crée donc une rivalité souvent à l'origine de leur dégradation voire de leur destruction.

La recherche a pris en main ce problème depuis le célèbre « the tragedy of the commons » de Hardin (Hardin 1968) et les travaux de Gordon (Gordon 1954) pour montrer qu'il est possible de le résoudre. L'article de Hardin (1968) s'appuie sur l'hypothèse centrale selon laquelle l'absence de droits de propriété provoque la surexploitation des ressources. L'article de Hardin a été fortement critiqué vu qu'on ne peut pas considérer qu'il s'agit d'une loi immuable. La tragédie des communs peut être évitée par la simple définition des droits de propriété ou par le contrôle gouvernemental. Elle peut aussi être gérée autrement par la définition de la propriété commune (Feeny et al. 1990).

Le paradigme de Hardin est donc justifié théoriquement mais la réalité est autre (Keohane & Ostrom 1995). Autrement, selon McCay et Acheson (McKean and Ostrom 1995) le modèle présenté par Hardin est très abstrait et simplifié car il ne tient pas compte des facteurs contextuels et de la capacité des agents à coopérer dans des situations de propriété commune. Pour ce qui est du droit de propriété McKean et Ostrom (McKean and Ostrom 1995) pensent que Hardin éliminait les dangers du libre accès sans spécifier que le problème tenait plus à l'absence de droit de propriété ou de régime d'arrangement qu'au partage de l'usage. Si les ressources en libre accès sont exposées à de la tragédie des communs, c'est que la gouvernance est inexistante ou défaillante (Feeny et al. 1990).

Plusieurs études ont montré dans ce cadre que la coopération d'un agent augmente s'il s'attend à ce que son vis-à-vis coopère (Dawes 1980). Cela suppose qu'on peut augmenter la coopération si les agents communiquent et créent de la confiance entre eux (même un simple entretien a un effet (Dawes et al. 1977). Le précédent au jeu a le même effet que la communication lorsqu'il s'agit de jeu similaire (Knez and Camerer 2000). Le problème des ressources communes est d'une certaine façon symétrique puisque on ne cherche pas à maximiser l'investissement dans la ressource mais à le minimiser.

On a toujours put démontrer que les accords entre les différents bénéficiaires de la ressource permettent d'obtenir l'optimum social et par conséquent l'efficacité de la gestion et la préservation de celle-ci (Lescuyer 2005).

C'est dans ce cadre que s'inscrit ce travail par lequel on a essayé de voir si le fait de former des coalitions entre les utilisateurs de la ressource permet de la préserver. Partant de la constatation qu'un agent qui utilise une ressource ne voit que la part de l'effet du a son propre prélèvement sur la ressource, le fait de lui permettre d'être membre d'un groupe d'utilisateurs de la ressource lui permettra de prendre conscience de l'effet du prélèvement total sur la ressource commune. Cette prise de conscience pourrait ainsi affecter les décisions de prélèvement individuelles dans le sens d'une plus grande protection.

Les travaux de (Ray and Vohra 2001) et (Thoron et al. 2009) représentent les pierres d'angle de ce travail. Bien qu'ils traitent du problème de la contribution au bien public, la procédure suivie dans l'expérience est fortement inspirée de ces références.

Ce papier présente successivement le modèle et les résultats théoriques ainsi que les résultats expérimentaux de l'expérience qui converge tous vers les équilibres prédits

2. Modèle de gestion d'une ressource commune avec possibilité de formation de coalition

La plupart des expériences qui portent sur les ressources communes se fondent sur une fonction d'utilité quadratique. La particularité de cette fonction est que son rendement est croissant pour des niveaux d'investissements faibles et qu'elle atteint un maximum au-delà duquel elle décroît. Le maximum correspond à l'optimum social. Au-delà de ce point l'utilité décroît en raison de la surexploitation de la ressource. (Apesteguia 2006; Ostrom et al. 1994; Keser and Gardner 1999; Casari and Plott 2003).

L'idée d'introduire la possibilité de former des coalitions d'utilisateurs de la ressource prend sa logique des constatations faites sur un ensemble d'expériences réalisées antérieurement et dont les résultats ont montré que les individus avaient tendance à surexploiter la ressource (Walker and Gardner 1992; Moxnes 1995). En d'autres termes, lorsque les individus sont indépendants les uns des autres, ils se comportent comme le prédit l'équilibre de Nash en choisissant des stratégies d'exploitation de la ressource commune incompatibles avec le niveau d'exploitation socialement efficace.

2.1. Le modèle de référence

Soit $u_i(w_i, x_i, X)$, la fonction d'utilité de l'agent $i = 1, \dots, n$, où w_i désigne sa dotation, x_i son effort d'investissement dans l'exploitation de la ressource commune, et $X = \sum_{j=1}^n x_j$, le montant de l'effort total d'investissement dans l'exploitation de la ressource par les n agents qui composent le groupe d'exploitants.

$$\frac{x_i}{X} \text{ avec } X = \sum_{j=1}^n x_j$$

En l'absence de possibilité de former des coalitions, la quantité de ressource appropriée par l'agent i dépend de son effort d'investissement relativement à l'effort global : $\frac{x_i}{X}$. $F(X)$, le rendement de la ressource commune, est une fonction de l'investissement du groupe, X . En général, on suppose que la fonction $F(\cdot)$ admet un maximum unique X^* . Le rendement est croissant pour $X < X^*$ et décroissant pour $X > X^*$, reflétant l'externalité de la surexploitation du stock.

La littérature s'est principalement concentrée sur le cas quadratique : Avec cette spécification, et en l'absence de possibilité de former des coalitions, l'utilité de l'individu i s'écrit :

$$F(X) = \alpha X - \beta X^2$$

$$u_i(w, x, X) = \theta(w - x_i) + \frac{x_i}{X} (\alpha X - \beta X^2)$$

Cette fonction quasi-linéaire, qui a été proposée notamment par Walker et al. (1994), reflète bien le problème d'externalité dans l'exploitation d'une ressource commune. Le rendement de l'investissement dans l'appropriation est tout d'abord croissant jusqu'à un certain niveau (correspondant au point d'équilibre X^*) pour ensuite décroître et devenir éventuellement négatif.

Un agent i qui investit un montant x_i de sa dotation dans l'exploitation de la ressource commune réalisera un gain de :

$$F(x_i) = \frac{x_i}{X} (\alpha X - \beta X^2)$$

2.2. Modèle avec possibilité de formation de coalition

On suppose maintenant que les n agents sont affectés arbitrairement à des groupes (où coalitions) dont la taille est variable. On suppose que les agents ont des dotations identiques : cette hypothèse permet de faciliter les calculs mais n'affecte pas la décision de formation de coalition. Une coalition de taille s investit X_s dans l'exploitation de la ressource obtenant ainsi une fraction $\frac{X_s}{X}$ du rendement de la ressource.

Nous supposons que les membres d'un même groupe adoptent la règle égalitaire de contribution à l'effort d'investissement du groupe ainsi que la règle égalitaire de répartition du montant de la ressource approprié par le groupe. Chaque membre i du groupe de taille s réalisera ainsi un niveau d'utilité :

$$u_i(w, x, X) = \theta(w - x) + \frac{1}{s} \frac{X_s}{X} (\alpha X - \beta X^2)$$

2.3. Détermination des coalitions d'équilibre

Dans cette section nous déterminons les équilibres possibles du jeu de formation de coalitions pour l'exploitation d'une ressource commune. Nous considérons le cas où chaque membre d'une coalition, quelle que soit sa dotation, est tenu d'investir un montant fixe commun à tous les membres de la même coalition.

Lorsque toutes les coalitions sont des singletons, l'agent i réalise un gain égal à :

$$u_i(w_i, x_i, y_i) = \theta(w_i - x_i) + \frac{x_i}{X} (\alpha X - \beta X^2)$$

Ce niveau de gain, qui correspond à la situation où les individus n'ont pas la capacité ou la possibilité de former des coalitions, servira de cas de référence. Lorsque la possibilité de former des coalitions existe et qu'elle est mise en œuvre par les agents, l'utilité d'un groupe de taille s_i est égal à :

$$u_{s_i}(w_i, x_i, y_i, s_1, \dots, s_m) = s_i \left[\theta(w_i - x_i) + \frac{x_i}{X} (\alpha X - \beta X^2) \right]$$

$$= u_{s_i}(w_i, x_i, y_i, s_1, \dots, s_m) = \theta(s_i w_i - s_i x_i) + \frac{s_i x_i}{X} (\alpha X - \beta X^2)$$

où m est le nombre de coalitions formées et s_k ($k = 1, \dots, m$) la taille de la coalition k .
 L'utilité de l'agent i peut encore s'écrire :

$$u_{s_i}(w_i, x_i, y_i, s_1, \dots, s_m) = \theta(s_i w_i - s_i x_i) + s_i x_i (\alpha - \beta(s_1 x_1 + s_2 x_2 + \dots + s_i x_i + \dots + s_m x_m))$$

La condition du 1^{er} ordre pour déterminer la contribution (uniforme) optimale du groupe est :

$$\frac{\partial u_{s_i}}{\partial x_i} = s_i (\alpha - \theta) - \beta s_i (X + s_i x_i) = 0$$

Après simplification on obtient :

$$\frac{(\alpha - \theta)}{\beta} - X = s_i x_i$$

En sommant les m équations $\frac{(\alpha - \theta)}{\beta} - X = s_i x_i$, $i = 1, \dots, m$, on obtient :

$$m \left[\frac{(\alpha - \theta)}{\beta} - X \right] = \sum_{i=1}^m s_i x_i$$

$$m \frac{(\alpha - \theta)}{\beta} = (m + 1) X$$

$$X = m \frac{(\alpha - \theta)}{\beta(m + 1)}$$

Et par conséquent

$$x_i = \frac{(\alpha - \theta)}{\beta(m + 1) s_i}$$

On observe que la contribution de l'agent i est décroissante avec le nombre de coalitions formées (m) et avec la taille de la coalition à laquelle il appartient.

En substituant X et x_i dans la fonction d'utilité, on obtient :

$$u_{s_i}(w_i, x_i, y_i, s_1, \dots, s_m) = \theta(s_i w_i - s_i x_i) + \frac{s_i x_i}{X} (\alpha X - \beta X^2)$$

$$u_{s_i}(w_i, x_i, y_i, s_1, \dots, s_m) =$$

$$\theta \left[s_i w_i - s_i \frac{(\alpha - \theta)}{\beta(m + 1) s_i} \right] + \frac{s_i \frac{(\alpha - \theta)}{\beta(m + 1) s_i}}{m \frac{(\alpha - \theta)}{\beta(m + 1)}} \left(\alpha m \frac{(\alpha - \theta)}{\beta(m + 1)} - \beta \left[m \frac{(\alpha - \theta)}{\beta(m + 1)} \right]^2 \right)$$

Après simplification on obtient :

$$u_{s_i}(w_i, x_i, y_i, s_1, \dots, s_m) = \theta \left[s_i w_i - \frac{(\alpha - \theta)}{\beta(m + 1)} \right] + \frac{(\alpha - \theta)}{\beta(m + 1)} \left(\alpha - m \frac{(\alpha - \theta)}{(m + 1)} \right)$$

$$\Leftrightarrow u_{s_i}(w_i, x_i, y_i, s_1, \dots, s_m) = \theta s_i w_i + \frac{(\alpha - \theta)}{\beta(m + 1)} \left[(\alpha - \theta) - m \frac{(\alpha - \theta)}{m + 1} \right]$$

$$\Leftrightarrow u_{s_i}(w_i, x_i, y_i, s_1, \dots, s_m) = \theta s_i w_i + \frac{(\alpha - \theta)^2}{\beta(m+1)} \left(1 - \frac{m}{(m+1)} \right)$$

$$\Leftrightarrow u_{s_i}(w_i, x_i, y_i, s_1, \dots, s_m) = \theta s_i w_i + \frac{(\alpha - \theta)^2}{\beta(m+1)} \left(\frac{1}{(m+1)} \right)$$

$$\Leftrightarrow u_{s_i}(w_i, x_i, y_i, s_1, \dots, s_m) = \theta s_i w_i + \frac{(\alpha - \theta)^2}{\beta(m+1)^2}$$

L'utilité d'un individu k appartenant au groupe de taille s_i est donc égale à :

$$u_{k/s_i}(w_i, x_i, y_i, s_1, \dots, s_m) = \frac{\theta s_i w_i + \frac{(\alpha - \theta)^2}{\beta(m+1)^2}}{s_i}$$

$$u_{k/s_i}(w_i, x_i, y_i, s_1, \dots, s_m) = \theta w_i + \frac{(\alpha - \theta)^2}{\beta(m+1)^2 s_i}$$

L'utilité d'un individu appartenant au groupe s_i est fonction de sa dotation initiale (w_i), du nombre de groupes formés (m) et de la taille du groupe auquel il appartient (s_i).

2.4. Résolution du jeu de formation des coalitions

On supposera que le processus de formation des coalitions se déroule selon les règles suivantes : à chaque étape du jeu, un des joueurs, non encore membre d'une coalition, est tiré au sort pour faire une proposition de coalition. Il doit ensuite choisir une taille de coalition. S'il n'y a qu'un seul joueur restant le seul choix possible est un singleton. S'il y a deux joueurs restants, le joueur désigné pour faire une proposition peut choisir entre un singleton ou une coalition à deux. Plus généralement, s'il y a p joueurs restants le joueur désigné pour faire une proposition aura le choix entre une coalition de taille p , $p-1$, $p-2$, ..., 2 et 1 . S'il opte pour un singleton la coalition est immédiatement formée. S'il choisit une coalition d'au moins deux joueurs, les joueurs désignés pour être membres du groupe seront choisis aléatoirement parmi les joueurs non encore affectés à une coalition. Deux procédures seront envisagées dans les expériences : la procédure de « veto » (V) et la procédure de « dictateur » (D). Ces deux procédures ont exactement la même solution d'équilibre, décrite ci-dessous. Pour la procédure V chaque joueur aléatoirement choisi pour être membre d'une coalition devra dire s'il accepte ou non. Si tous les membres potentiels acceptent, la coalition est définitivement et irrévocablement formée. Si l'un des membres potentiels refuse, la coalition n'est pas formée, et le membre qui a refusé est désigné pour faire une nouvelle proposition. Ce processus se poursuit jusqu'à ce que tous les joueurs soient affectés à une coalition.

La détermination de l'équilibre du jeu de formation des coalitions est basée sur une résolution par la fin du jeu. A chaque étape on détermine le choix optimal des joueurs restants non encore affectés à une coalition. S'il n'y a qu'un seul joueur restant la solution triviale de constituer un singleton s'impose. S'il y a plus d'un joueur restant, plusieurs possibilités doivent être envisagées. Nous allons déterminer successivement le choix optimal en fonction du nombre de joueurs restants. On notera m_1 le nombre de groupes déjà formés au moment où les joueurs restants sont amenés à prendre leur décision.

Tableau 1. Equilibre du sous jeu en fonction de la règle de décision en cas d'indifférence de gain.

Nombre de joueurs restants	Equilibre du sous jeu (J)	La grande coalition est formée	Des singletons sont formés	Le choix est aléatoire
2	(1, 1)		(1, 1)	(1, 1)
3	(1, 1, 1)		(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
4	(4)		(1, 1, 1, 1)	(4) ou (1, 1, 1, 1)
5	(1, 1, 1, 1, 1) ($m_1 > 1$) (5) ($m_1 = 1$)		(1, 1, 1, 1, 1) ($m_1 > 1$) (5) ($m_1 = 1$)	(1, 1, 1, 1, 1) ($m_1 > 1$) (5) ($m_1 = 1$)
6	(1, 1, 1, 1, 1, 1) ($m_1 > 1$) (6) ($m_1 = 1$)		(1, 1, 1, 1, 1, 1) ($m_1 > 1$) (6) ($m_1 = 1$)	(1, 1, 1, 1, 1, 1) ($m_1 > 1$) (6) ($m_1 = 1$)
7	(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1) ($m_1 > 2$) (7) ($m_1 = 1$ ou $m_1 = 2$)		(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1) ($m_1 \geq 2$) (7) ($m_1 = 1$)	(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1) ($m_1 > 2$) (7) (7) ($m_1 = 1$)
8	(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1) ($m_1 > 2$) (8) ($m_1 = 1$ ou $m_1 = 2$)		(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1) ($m_1 > 2$) (8) ($m_1 = 1$ ou $m_1 = 2$)	(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1) ($m_1 > 2$) (8) (8) ($m_1 = 1$ ou $m_1 = 2$)
9	(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1) ($m_1 > 2$) (1, 8) ($m_1 = 1$) (9) ($m_1 = 2$)		(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1) ($m_1 > 2$) (1, 8) ($m_1 = 1$) (9) ($m_1 = 2$)	(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1) ($m_1 > 2$) (9) (1, 8) ($m_1 = 1$) (9) ($m_1 = 2$)

Cas pratique

$$\alpha = 31 \quad X = m \frac{(\alpha - \theta)}{\beta(m+1)}$$

$$\beta = 1 \quad x_i = \frac{(\alpha - \theta)}{\beta(m+1)s_i} \text{ et}$$

$$\theta = 1$$

$$w_i = 10 \quad u_{ksi}(w_i, x_i, y_i, s_1, \dots, s_m) = \theta w_i + \frac{(\alpha - \theta)^2}{\beta(m+1)^2 s_i}$$

$$n = 5 \quad \text{On rappelle que}$$

Dans ce qui suit on va calculer les investissements optimaux pour chacune des structures de coalitions à savoir : (1, 1, 1, 1, 1), (2, 1, 1, 1), (3, 1, 1), (4, 1), (5), (3, 2) et (2, 2, 1).

Tableau 2. Utilité d'équilibre pour chaque structure de coalition formée.

	G1	G2	G3	G4	G5	Total
(5)	55					275
(4, 1)	35	110				250
(3, 2)	43.33	60				250
(3, 1, 1)	28.75	66.25	66.25			218.75
(2, 2, 1)	38.125	38.125	66.25			218.75
(2, 1, 1, 1)	28	46	46	46		212
(1, 1, 1, 1, 1)	35	35	35	35	35	175

La possibilité de former des coalitions permet d'augmenter le niveau de bien-être tout en réduisant le niveau de prélèvement sur la ressource commune. Ceci est vérifié quelle que soit la structure résultante (excepté (1, 1, 1, 1, 1)).

Le tableau 4 révèle que les structures {(4, 1), (3, 2)} d'une part et {(3, 1, 1), (2, 2, 1)} d'autre part, permettent d'atteindre le même niveau de bien-être (250 pour les deux premières et 218,75 pour les deux autres) mais à niveau de bien-être donné les structures (3, 2) et (2, 2, 1) garantissent un partage plus équitable entre les joueurs.

3. Étude expérimentale de la capacité des groupes à résoudre le dilemme de la gestion d'une ressource commune (*Exploitation d'une ressource commune sans possibilité de formation de coalition*)

3.1.1 Design expérimental

7 sessions (4 sessions « dictateur » et 3 sessions « veto ») ont été réalisées avec 10 ou 15 participants. Les participants ont été affectés à des « ensembles » de 5 joueurs : 10 ensembles pour le traitement dictateur et 8 ensembles pour le traitement veto. Les participants n'avaient pas de possibilité de communiquer entre eux et l'anonymat était conservé tout au long de l'expérience.

La première séquence de l'expérience comportait 5 périodes et était identique pour les deux traitements. Au début de chaque période chaque joueur disposait d'une dotation de 10 jetons.

Le jeu consiste, pour chaque participant, à répartir sa dotation entre un compte individuel et un compte collectif commun à tous les membres de l'ensemble. Dans le jeu expérimental, les deux comptes étaient présentés comme des options d'investissement. Le gain d'un joueur est égal à la somme de son gain du compte individuel et de son gain du compte collectif. Chaque jeton placé par un joueur dans son compte individuel lui rapporte 1 Ecu. Le gain du compte collectif pour un joueur dépend à la fois de son investissement dans le compte collectif et du montant investi par les autres joueurs de son ensemble dans le compte collectif. Plus précisément, le gain de l'individu est égal à $x_i (31 - X)$, où x_i est son investissement dans le compte collectif et X l'investissement collectif de tous les membres.

3.1.2 Résultat

La première séquence, qui sert de contrôle, est destinée à vérifier que l'échantillon se comporte de manière similaire aux échantillons d'autres expériences qui ont administré le même traitement. Il s'agit également de contrôler qu'avant l'introduction de la possibilité de former des coalitions, les sujets affectés au traitement veto se comportent de la même manière que les sujets affectés au traitement dictateur. De plus ce traitement servira de référence pour évaluer la performance d'un système permettant la formation de coalitions. Les expériences antérieures (Hackett et al. 1994 ; Casari and Plott 2003; Keser and Gardner 1999; Ostrom et al. 1994; Walker and Gardner 1992; James et al. 2000) ont montré que les sujets avaient tendance à surexploiter la ressource commune. De plus la répétition du jeu entraîne la convergence vers l'équilibre inefficace.

Avant de commencer la présentation des résultats de notre expérience on note que pour l'ensemble des tests le seuil de rejet de l'hypothèse nulle est fixé à 5 %.

Une première question est de savoir si les joueurs se comportent de la même façon dans la première séquence du jeu qu'ils soient affectés au traitement dictateur ou au traitement veto. Par la suite on note ce résultat : Résultat 0 qui est un test de conformité des données (veto & dictateur)

Résultat 0 : sur les 5 premières périodes l'investissement moyen des sujets est égal qu'ils participent au jeu veto ou au jeu dictateur

L'hypothèse nulle est que la moyenne des investissements des sujets, sur les 5 premières périodes de l'expérience (séquence 1) ne dépend pas des traitements de la séquence 2 (dictateur ou veto).

Test : Mann-Whitney U-test

Le test réalisé ne permet pas de rejeter l'hypothèse nulle (p -value = 0,535). On peut donc exploiter les résultats relatifs aux deux traitements et faire des comparaisons sachant qu'on a un échantillon qu'on peut qualifier d'homogène.

On commencera tout d'abord par exploiter les résultats de cette première séquence pour la comparer aux prédictions théoriques.

Résultat 1 : L'investissement moyen dans le compte collectif sur les 5 premières périodes est égal à l'investissement d'équilibre.

Selon l'hypothèse nulle l'investissement dans le compte collectif est égal à l'investissement d'équilibre.

Tableau 3. Récapitulatif du test Mann-Whitney.

Traitement	Veto	Dictateur	Ensemble
Nombre de périodes de la 1 ^{ère} partie	5	5	5
Investissement moyen de la 1 ^{ère} partie	5,22	4,98	5,08
Investissement prédit	5	5	5
p-value/équilibre	0,389	0,952	0,389
Niveau de signification	0,05	0,05	0,05
Conclusion	Non rejet de H0	Non rejet de H0	Non rejet de H0

L'hypothèse nulle n'est pas rejetée. Le niveau d'investissement observé est conforme aux prédictions (tableau 6). Le test Mann-Whitney nous a permis de tester l'homogénéité de nos données car sur les 5 premières périodes on ne doit pas avoir de différence entre le traitement veto et dictateur. Donc on a testé l'hypothèse nulle H0 : sur les 5 premières périodes l'investissement dans le compte collectif du traitement veto est égal à l'investissement du traitement dictateur. Le test ne rejette pas l'hypothèse nulle (p-value = 0,289).

Résultat 2 : Le profit moyen sur les cinq premières périodes est égal au profit d'équilibre

Pour tester ce résultat on utilise un test Mann-Whitney

H0 : le profit des joueurs est égal au profit d'équilibre

Tableau 4. Récapitulatif du test Mann-Whitney.

Traitement	Veto	Dictateur	Ensemble
Nombre de périodes de la 1 ^{ère} partie	5	5	5
Profit moyen de la 1 ^{ère} partie	25,67	31,23	28,91
Profit d'équilibre	35	35	35
p-value/équilibre	0,222	0,779	0,582
Conclusion	Non rejet de H0	Non rejet de H0	Non rejet de H0

Le niveau de profit d'équilibre est égal à 35 Ecus (pour un investissement de 5 jetons) par joueur. On observe un profit moyen par période de 28.9 Ecus et un profit médian de 30 Ecus.

3.1. Exploitation d'une ressource commune avec possibilité de formation de coalition

3.1.1. Design expérimental

Pour la seconde séquence de l'expérience, qui comporte 15 périodes, les ensembles restent les mêmes que pour la première séquence (chaque joueur reste affecté au même ensemble de cinq joueurs). Mais chaque période est maintenant subdivisée en deux étapes :

Étape 1 : au cours de cette étape les joueurs doivent former des groupes dont la taille peut varier de 1 à 5. Chaque membre d'un ensemble de joueurs ne peut appartenir qu'à un seul groupe. Toutes les structures de groupe sont a priori possibles. Les règles de formation des groupes sont expliquées ci-dessous.

Étape 2 : au cours de cette étape, les sujets doivent répartir leur dotation entre leur compte individuel et le compte collectif. Mais à la différence de la première séquence, les membres appartenant à un groupe doivent tous adopter le même niveau d'investissement dans le compte collectif. La règle de détermination de ce montant est expliquée ci-après.

Deux procédures distinctes, mais théoriquement équivalentes, sont comparées : la procédure « dictateur » (a) et la procédure « veto » (b). Ces deux procédures correspondent à nos deux traitements test.

(a) Traitement « dictateur » :

Étape 1 : Les règles de formation des groupes sont les suivantes : un joueur est initialement tiré au sort pour former le premier groupe. Par la suite, nous le désignerons comme le *membre fondateur* du 1^{er} groupe. Pour cela il annonce la taille du groupe (entre 1 et 5) qu'il veut former. S'il choisit de former un

singleton le premier groupe est définitivement formé. S'il choisit de former un groupe de taille $m > 1$ ($m < 5$) les $m-1$ joueurs qui feront partie de son groupe sont tirés au sort parmi les $n-1$ joueurs restants dans l'ensemble. Les joueurs désignés pour faire partie d'un groupe n'ont pas la possibilité de refuser. Si le premier groupe est composé des 5 membres de l'ensemble, la première étape est achevée et la grande coalition est formée. Si le premier groupe formé comporte 4 membres, le membre restant n'a plus d'autre choix que de former un groupe à lui seul. Dans ce cas la structure de coalitions formée sera composée d'un groupe de 4 et d'un singleton. Si le premier groupe formé comporte m membres tel que $m \in \{1, 2, 3\}$ un nouveau tirage au sort est effectué parmi les $n-m$ membres de l'ensemble qui ne font pas partie du premier groupe formé pour désigner le membre fondateur du second groupe. Cette proposition sera contrainte par le nombre d'individus restants ($n - m$).

Cette procédure se poursuit jusqu'à ce que tous les membres de l'ensemble fassent partie d'un groupe. À la fin du processus, la structure des coalitions est rendue connaissance commune et l'étape 1 est ainsi achevée.

Étape 2 : la règle de répartition de la dotation initiale (10 jetons) est la suivante. Les membres fondateurs des groupes de l'étape 1 décident du montant de la dotation qui devra être investie par chacun des membres de leur groupe. Le membre décideur ne peut pas imposer des montants différents pour les membres de son groupe : tous, y compris lui, devront investir le même montant dans le compte collectif. Comme pour la première partie de l'expérience le compte collectif est commun aux 5 membres de l'ensemble, quel que soit leur groupe d'appartenance. Le gain réalisé par un individu dépend du nombre de groupes formés, et du niveau d'investissement de chaque groupe. Pour faciliter les choix des membres fondateurs disposant d'un tableau de gain spécifique à chaque structure de coalition.

(b) Traitement « veto » :

Le traitement veto se distingue du traitement dictateur à la fois par le fait que les individus sélectionnés pour faire partie d'un groupe peuvent refuser et par le fait que lorsqu'un groupe est constitué, ses membres choisissent le niveau d'investissement ensemble. Ces deux caractéristiques sont détaillées ci-après.

Étape 1 : les règles de formation des groupes sont les suivantes. Un des joueurs désigné par tirage au sort doit former le premier groupe. Pour cela il annonce la taille du groupe qu'il veut former (entre 1 et 5). S'il choisit de former un singleton le groupe est définitivement formé. S'il choisit un groupe de taille $m > 1$ ($m < 5$) les $m-1$ joueurs désignés pour faire partie de son groupe sont tirés au sort parmi les $n-1$ joueurs restants dans l'ensemble. Les joueurs désignés doivent ensuite déclarer s'ils acceptent ou refusent la proposition de faire partie de ce groupe. Si tous les joueurs désignés acceptent, le groupe est définitivement constitué. Si un seul joueur refuse, le groupe n'est pas formé et le joueur qui a refusé est désigné pour faire une nouvelle proposition. Si plusieurs joueurs désignés refusent, l'un d'entre eux sera tiré au sort pour faire la nouvelle proposition. Ce processus se poursuit jusqu'à ce que tous les groupes soient formés. La constitution de la structure de coalition est identique à celle du traitement « dictateur » à la différence que les individus désignés pour être membre d'une coalition peuvent refuser d'en faire partie.

Étape 2 : la règle de répartition de la dotation initiale (10 jetons) est la suivante. Pour un groupe donné, chacun des membres annonce le niveau d'investissement dans le compte collectif qu'il souhaite réaliser entre 0 et 10 unités. Le niveau le plus faible est retenu pour déterminer l'investissement commun à tous les membres d'un même groupe. Comme pour la première partie de l'expérience le compte collectif est commun aux 5 membres de l'ensemble, quel que soit leur groupe d'appartenance. Comme pour le traitement dictateur le choix des membres fondateurs est facilité par la mise à disposition des sujets d'un tableau de gain spécifique à chaque structure de coalitions. Ces tableaux sont identiques à ceux du traitement dictateur.

Après la lecture des instructions et avant de passer à l'expérience les participants devaient répondre à un questionnaire de compréhension (voir annexe 4) afin de tester leur compréhension de l'expérience. Les réponses avancées par les joueurs montrent une bonne compréhension de l'expérience mis à part quelques fautes qui ont été corrigées directement avec les sujets concernés pour s'assurer du bon déroulement de la session.

A la fin de l'expérience le total des Ecus de chaque joueur était converti en euros et versé à celui-ci en liquide. Les tableaux suivants résument les différentes sessions qui ont été réalisées ainsi que les gains des joueurs pour l'expérience.

3.1.2. Résultat et discussion

En partant du modèle d'exploitation d'une ressource commune par un agent qui partage sa dotation initiale entre un bien privé et l'investissement dans l'exploitation d'une ressource commune à l'ensemble des utilisateurs de cette ressource, on a proposé une extension au cas où les agents ont la possibilité de former des coalitions d'exploitants de la ressource commune.

On se propose d'analyser l'impact de l'ajout de la possibilité de former des coalitions d'utilisateurs d'une ressource commune, sur son exploitation. Cette idée vient de la définition même d'une ressource commune dont la rivalité dans l'usage et l'exclusion donne à l'expression du profit une forme parabolique qui matérialise une utilité croissante jusqu'à un point d'équilibre à partir duquel l'utilité de l'utilisation de cette ressource décroît et peut même atteindre des valeurs négatives.

Dans ce contexte une expérience a été menée afin d'étudier l'effet rivalité de la ressource commune lorsque la possibilité de former des coalitions était prise en compte.

Le fait de sensibiliser les utilisateurs de la ressource à l'utilisation commune de celle-ci peut en effet diminuer le prélèvement effectué par les utilisateurs sans diminuer leurs utilités individuelles. Au contraire, on a pu démontrer qu'à l'équilibre l'utilité des utilisateurs de la ressource augmente, à partir du moment où il y a formation de coalitions de n'importe quelle taille. La meilleure solution du point de vue de l'optimum social reste toujours de former la plus grande coalition. Mais le plus important à ce niveau est que la formation des coalitions d'utilisation de la ressource commune a deux effets à savoir : augmenter l'utilité de l'ensemble des usagers de la ressource et diminuer le prélèvement sur la ressource (Pareto-améliorante).

Comme on réalise des expériences en laboratoire on a été contraint de définir des règles pour la réalisation de notre expérience. Ces règles définissent le déroulement de l'expérience et permettent de cibler les traitements qu'on veut étudier. On a donc réalisé deux traitements veto et dictateur qu'on a définis plus haut et pris en compte des règles d'investissement et de partage des gains entre les utilisateurs appartenant à la même coalition. Le point de départ était un ensemble de singletons.

Pour le moment on va s'intéresser aux résultats qu'on a eu par ce modèle d'expérience et avec les règles qui ont été choisies.

Après avoir effectué l'expérience de base qui nous a permis de déterminer le niveau d'investissement et de profit dans le cas de l'utilisation de la ressource sans la possibilité de former des coalitions, on a introduit la possibilité de former des coalitions. La question qui se pose était de savoir si les joueurs formeraient des coalitions, et si oui si cette tendance persisterait.

La réponse était nette : les joueurs ont toujours formé des coalitions. On a pu même voir que pour le traitement dictateur on n'a jamais observé une période qui se solde par la formation de 5 singletons. Cette structure apparaît par contre dans 13% des cas avec le traitement veto. Ce qu'on a pu voir aussi c'est que les joueurs forment majoritairement des grandes coalitions de 3, 4 ou 5 joueurs.

Notre premier résultat est donc que les joueurs forment des coalitions et le pourcentage des grandes coalitions augmente même vers les dernières périodes de l'expérience. Un point à soulever ici est que des différences apparaissent entre les comportements des joueurs qui participent au jeu Dictateur et ceux qui participent au jeu Veto. La comparaison des distributions des structures formées entre le traitement Veto et le traitement dictateur montre une différence selon le test Kolmogorov-Smirnov. L'hypothèse nulle H_0 que la distribution des structures du traitement Veto est la même que la distribution des structures du traitement Dictateur est rejeté. La figure 1 donne une idée sur les différences entre les deux distributions. Le test de Kolmogorov-Smirnov donne les résultats suivants :

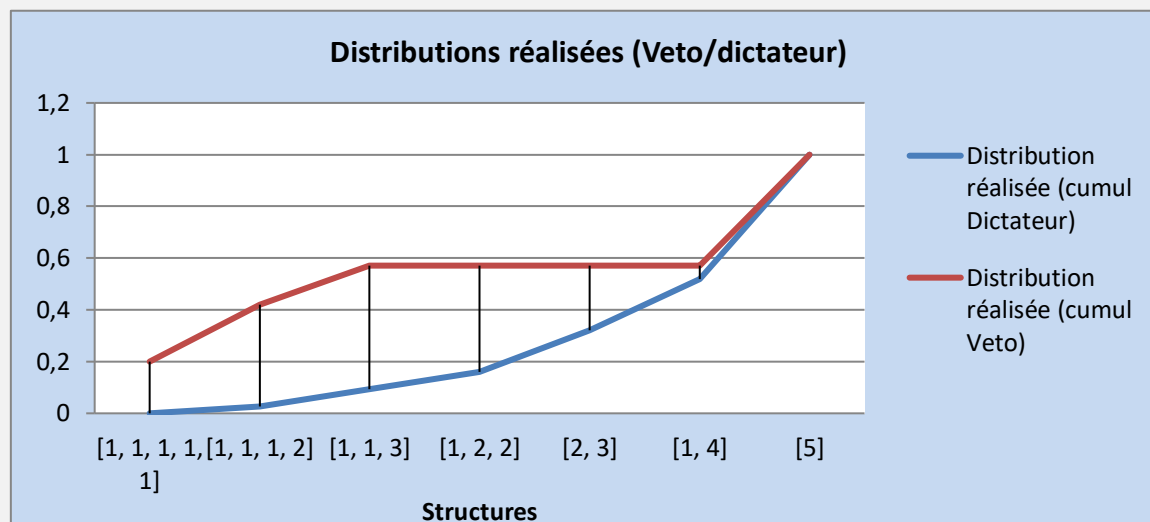


Figure 1. Distributions réalisées (Veto/Dictateur)

Le test de Kolmogorov-Smirnov ne permet donc pas de rejeter l’hypothèse nulle et par conséquent on peut avancer que les deux traitements prédisent la même distribution de structure.

Tableau 5. Récapitulatif du test Kolmogorov-Smirnov

Traitement	Veto	Dictateur
La différence maximale entre les distributions cumulées (D)	0.224	
D table (5%)	0.375	
Moyenne	21	18.33
Intervalle de confiance (95%)	[-0.11 36.78]	[4.2 37.5]

La deuxième question qu’on s’est posée était : est ce que le fait de former des coalitions a un impact sur l’investissement des joueurs dans la ressource ? Théoriquement, quelque soit la structure, autre que les 5 singletons, on assiste à une diminution de l’investissement globale dans la ressource.

A des niveaux différents, mais qui converge vers la fin de l’expérience, pour les deux traitements veto et dictateur, on a assisté à la diminution de l’investissement dans la ressource commune. On peut donc penser que les joueurs prennent conscience de l’effet rivalité de l’utilisation de la ressource.

On peut noter que globalement, dans les deux traitements, on assiste à une diminution de l’investissement dans la ressource comme on peut le voir sur la figure de synthèse (figure 2).

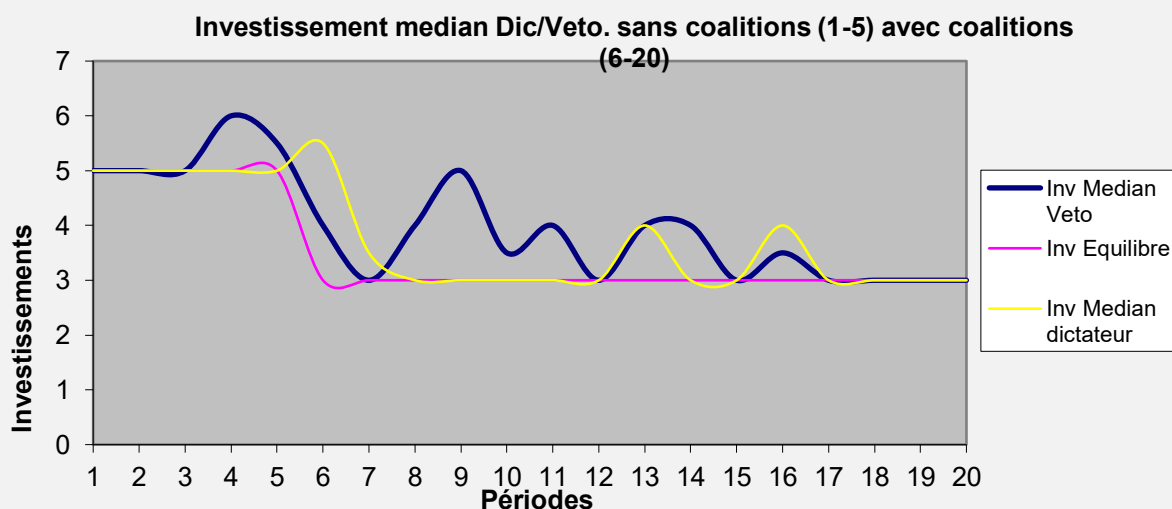


Figure 2. Comparaison d’investissement dictateur/veto (sans coalition/ avec coalition).

On peut voir facilement que dans les deux cas on assiste à une diminution de l'investissement dans la ressource commune avant et après l'introduction de la possibilité de formation de coalitions. Cet investissement qui était aux alentours de 5 jetons dans la première étape du jeu s'abaisse pour rejoindre le nouvel équilibre qui est d'investir seulement 3 jetons dans la ressource commune.

On remarque qu'avec le traitement veto il faut plus de temps pour atteindre l'équilibre du jeu. Par contre, dans le traitement dictateur, dès la deuxième période du jeu avec formation de coalition, l'équilibre est atteint. Ceci laisse penser que ce traitement serait plus efficace en matière de préservation de la ressource.

Cependant l'hypothèse nulle d'égalité des investissements moyens en Veto et en Dictateur ne peut pas être rejetée (Mann-Whitney, p -value = 0,787).

De plus, pour les deux traitements, veto et dictateur, l'introduction de la possibilité de former des coalitions a un effet favorable sur la préservation de la ressource.

Cet effet favorable sur la préservation, permet d'augmenter les gains des joueurs comme le montre la figure 3.

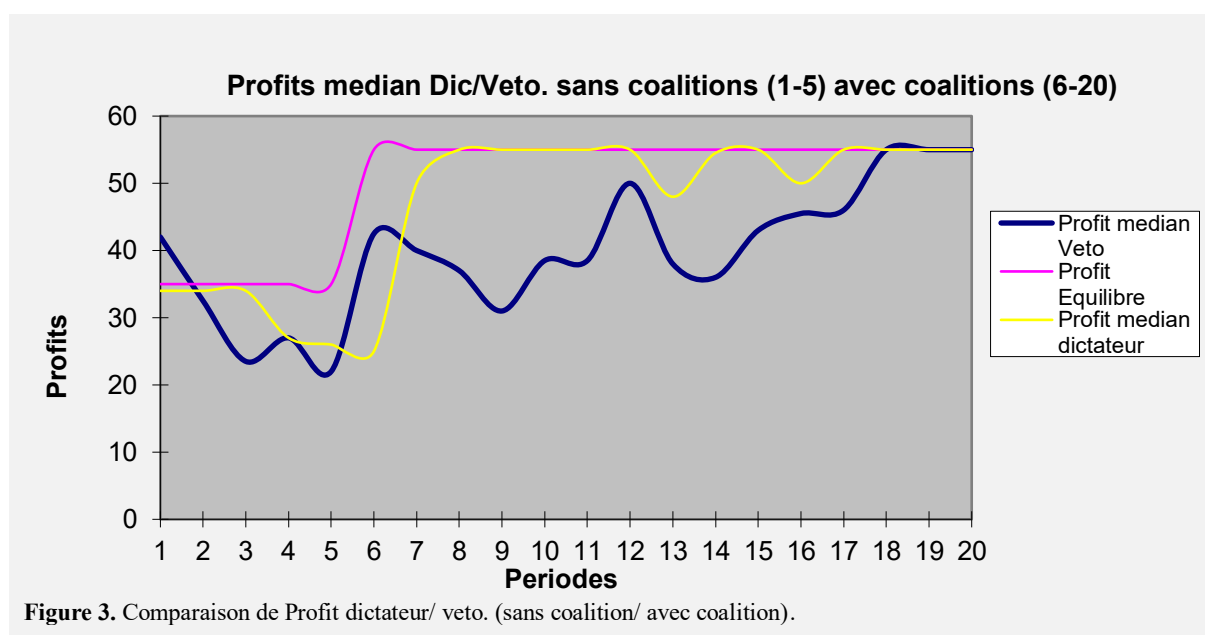


Figure 3. Comparaison de Profit dictateur/ veto. (sans coalition/ avec coalition).

Bien que le traitement veto n'arrive pas à atteindre le niveau d'équilibre en début du jeu (en phase 2), on observe que la tendance est à la hausse et finit par atteindre le niveau d'équilibre. Pour ce qui est du traitement dictateur la convergence vers le niveau d'équilibre est spectaculairement rapide.

L'hypothèse nulle d'égalité des profits moyens en veto et en dictateur est rejetée (p -value = 0,008). L'hypothèse nulle est toutefois maintenue sur les 5 dernières périodes de l'expérience (p -value = 0,794). Malgré les différences observées, l'apprentissage des joueurs permet dans les deux traitements de réduire l'investissement dans la ressource commune et d'augmenter les profits.

L'ajout de la possibilité de former des coalitions a permis donc d'augmenter le niveau de profit des joueurs dans les deux traitements. Mais, le traitement dictateur permet d'atteindre plus rapidement le nouveau régime que le traitement veto qui laisse plus de liberté aux joueurs.

4. Conclusion

Les ressources communes sont des ressources partagées par différents utilisateurs. Le caractère le plus approprié à la plupart de ces ressources est leurs raretés. L'exploitation de ces ressources crée donc une rivalité souvent à l'origine de leur dégradation voire de leur destruction. L'idée était donc de dévier le raisonnement des agents d'une maximisation de leurs propres profits vers la maximisation du profit d'un groupe auquel ils appartiennent. En partant du modèle d'exploitation d'une ressource commune par un agent qui partage sa dotation initiale entre la consommation d'un bien privé et l'investissement dans l'exploitation d'une ressource commune à l'ensemble des utilisateurs de la ressource (Ostrom et al.

1994), on a proposé une extension au cas où les agents ont la possibilité de former des coalitions d'exploitants de la ressource commune. Cet ajout trouve sa base théorique dans les travaux de Ray et Vohra (2001) avec une innovation qui permet, contrairement au travail de Ray et Vohra où les joueurs choisissent la taille du groupe mais l'investissement est fixé directement en fonction du nombre de joueurs, aux joueurs après la création de la coalition de se mettre d'accord sur le montant de l'investissement dans la ressource commune. L'introduction de la possibilité de former des coalitions a modifié les équilibres de l'investissement des joueurs dans la ressource. On a commencé donc par la recherche des nouveaux équilibres en termes de formation de coalition et d'investissement dans la ressource. On a pu voir dans ce cadre que l'optimum social est toujours dans la formation de la plus grande coalition. Concernant l'équilibre de Nash il va dépendre du nombre d'agents qui utilisent la ressource.

Notre choix d'un cas d'étude, de cinq joueurs, qui sera testé dans l'expérience nous a guidé vers un nombre d'agents pour lequel on a identifié deux équilibre en termes de formation de coalition pour la première série d'expériences et ce en fonction de la règle de tie-break qui sera appliquée. Un des équilibres (5) coïncide avec l'optimum social pour lequel on a l'investissement le plus faible dans la ressource pour le gain total le plus élevé. Le deuxième équilibre (1, 4) qui est une structure de coalition qui va permettre à un agent de réaliser des gains très élevés par rapport au reste des agents. Un point très important à noter est que toutes les structures de coalitions qui se distinguent de la structure à cinq singletons - qui correspond à la situation pour laquelle la formation de coalitions est indisponible - permettent d'augmenter le niveau de bien-être en réduisant le niveau de prélèvement sur la ressource commune. Enfin d'un point de vue théorique l'introduction de la possibilité de former des coalitions améliore la gestion des ressources communes, une conjecture que nous avons testée expérimentalement. Une série d'expérience a été réalisée dans ce cadre et qui consistait à comparer deux traitements, qui théoriquement sont similaires, à savoir un traitement dictateur et un traitement veto. Dans le premier traitement l'agent « dictateur » impose son choix de formation de coalition et d'investissement dans la ressource commune. Dans le second traitement on a introduit la possibilité de poser un veto sur l'appartenance aux groupes (Thoron et al. 2009). Comme on vient de dire plus haut ces deux traitements sont similaires d'un point de vue théorique, on s'attend donc à avoir des résultats expérimentaux semblables.

Une première satisfaction apparaît très vite puisqu'on constate que les joueurs ont toujours formé des coalitions on a pu même voir que pour le traitement dictateur on n'a jamais observé une période qui se solde sur la formation de 5 singletons. Cette structure apparaît par contre dans 13% des cas avec le traitement veto. Ce qu'on a pu voir aussi c'est que les joueurs forment majoritairement des grandes coalitions de 3, 4 ou 5 joueurs.

Autrement, la question qui nous intéresse le plus est : Est ce que ces deux traitements ont permis de diminuer le prélèvement sur la ressource ? Théoriquement, comme on vient de voir avant, une fois une structure, autre que les 5 singletons, est observée un nouvel équilibre est calculé et dans tous les cas on assiste à une diminution de l'investissement globale dans la ressource.

A des niveaux différents mais qui se joignent vers la fin de l'expérience, sous les deux traitements veto et dictateur on a assisté à la diminution de l'investissement dans la ressource commune on peut donc penser que les joueurs se rendent compte de l'effet rivalité de l'utilisation de la ressource. On peut aussi penser à la confiance qui se crée entre les joueurs qui arrivent à voir qu'en diminuant leurs investissements ils augmentent le profit total (Knez and Camerer 2000).

Le fait de trouver ou non l'équilibre de l'investissement qui doit être fait dans l'une ou l'autre des structures de coalition s'est amélioré avec l'expérience que les joueurs ont acquit au fur et à mesure que l'expérience avance. Mais ce qu'on peut noter globalement est que dans les deux traitements on assiste à une diminution de l'investissement dans la ressource.

L'introduction de la possibilité de former des coalitions n'a pas seulement un effet positif sur la ressource et sa préservation, les joueurs gagnent aussi de ce traitement. En examinant les profits dus à cette action, une comparaison de ces gains avec les gains perçus du même jeu mais sans possibilité de former de coalition montre une amélioration des profits des joueurs sous les deux traitements.

Pour finir cette expérience nous a permis de voir, même si on n'a pas pu atteindre les équilibres prédits théoriquement, que notre traitement principal qui consiste à permettre aux agents de former des coalitions d'utilisateurs de la ressource a permis d'un côté de diminuer les prélèvements sur la ressource et en même temps améliorer les gains réalisés par les agents.

5. Références

- Apesteguia J (2006)** Does information matter in the commons?: Experimental evidence. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 60(1), 55–69.
- Casari M, Plott CR (2003)** Decentralized management of common property resources: experiments with a centuries-old institution. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 51(2), 217–247.
- Dawes R.M (1980)** Social Dilemmas. *Annual Review of Psychology*, 31(1), 169–193. <http://doi.org/10.1146/annurev.ps.31.020180.001125>
- Dawes RM, McTavish J, Shaklee H (1977)** Behavior, communication, and assumptions about other people's behavior in a commons dilemma situation.
- Feeny D, Berkes F, McCay B, Acheson J (1990)** The Tragedy of the Commons: Twenty-two years later. *Human Ecology*, 18(1), 1–19. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1007/BF00889070>
- Gordon HS (1954)** The Economic Theory of a Common-Property Resource : The Fishery Author (s): H . Scott Gordon Reviewed work (s): Source : Journal of Political Economy , Vol . 62 , No . 2 (Apr . , 1954) , pp . 124-142 Published by : The University of Chicago Press Stab. *Journal of Political Economy*, 62(2), 124–142.
- Hackett S, Schlager E, Walker J (1994)** The role of communication in resolving commons dilemmas: experimental evidence with heterogeneous appropriators. *Journal of Environmental Economics and Management*, 27(2), 99–126.
- Hardin G (1968)** The Tragedy of the Commons. *Science*, 162(3859), 1243–1248. <http://doi.org/10.1126/science.162.3859.1243>
- Keohane RO, Ostrom E (1995)** *Local commons and global interdependence* (Vol. 6). Sage Publications Limited.
- Keser C, Gardner R (1999)** Strategic behavior of experienced subjects in a common pool resource game. *International Journal of Game Theory*, 28(2), 241–252.
- Knez M, Camerer C (2000)** Increasing Cooperation in Prisoner's Dilemmas by Establishing a Precedent of Efficiency in Coordination Games. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 82(2), 194–216. <http://doi.org/10.1006/obhd.2000.2882>
- Lescuyer G (2005)** Formes d'action collective pour la gestion locale de la forêt Camerounaise : organisations « modernes » ou institutions « traditionnelles » ? *VertigO – La Revue En Sciences de L'environnement*.
- McKean M, Ostrom E (1995)** Common property regimes in the forest: just a relic from the past. *Unasylva*, 46(180), 3–15.
- Moxnes E (1995)** Crisis management of a renewable resource. *Bergen, Norway: Foundation for Research in Economics and Business Administration, SNF*.
- Ostrom E, Gardner R, Walker J (1994)** *Rules, games, and common-pool resources*. (E. Ostrom, Ed.) *The University of Michigan Press Ann Arbor MI TECHNOLOGY SOCIETY ENVIRONMENT* (Vol. 6). University of Michigan Press. Retrieved from <http://www.press.umich.edu/titleDetailDesc.do?id=9739>
- Ray D, Vohra R (2001)** Coalitional Power of Public Goods. *Journal of Political Economy*, Vol 109(n 6).
- Thoron S, Sol E, Willinger M (2009)** Do binding agreements solve the social dilemma? *Journal of Public Economics*, 93(11–12), 1271–1282. <http://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2009.09.002>
- Walker JM, Gardner R (1992)** Probabilistic destruction of common-pool resources: Experimental evidence. *The Economic Journal*, 1149–1161.
- Walker JM, Gardner R, Herr A, Ostrom E (2000)** Collective Choice in the Commons: Experimental Results on Proposed Allocation Rules and Votes. *The Economic Journal*, 110(460), 212–234. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/2565654>