



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
<http://ageconsearch.umn.edu>
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

Jeux, coopération et problèmes environnementaux globaux

Gilles ROTILLON
Tarik TAZDAÏT

*Games, co-operation
and global
environmental change*

Key-words:
*environmental issues,
prisoner's dilemma, chicken
game, trust game*

Summary – This survey deals with co-operation in the presence of global environmental change. We examine the influence of the different factors which play a significant role in such a context. Thus, by using game theory representation, we can note that there are many possible co-operative behaviours: some countries act unilaterally when others join a coalition. Consequently, we can't study these problems in a prisoner's dilemma perspective. It seems more realistic to evoke the chicken game for a collective co-operation, and the trust game (or the sequential prisoner's dilemma with ecological conscience) for an unilateral commitment. In fact the major result of the various works is that a solution exists for global environmental problems, but it is not necessarily a universal solution: co-operation is generally the work of a limited group of countries.

**Jeux, coopération et
problèmes
environnementaux
globaux**

Mots-clés:
problèmes
environnementaux
globaux, dilemme du
prisonnier, jeu du
croisement, jeux
évolutionnistes

Résumé – Ce papier est une revue de la littérature quant à la question de la coopération en présence de problèmes environnementaux globaux. Plus précisément, nous nous attachons à recenser les différentes formes qu'elle est susceptible d'emprunter. En ayant recours à des représentations simples de théorie des jeux, nous constatons que, suivant les données que les pays privilégient, il leur faut alors adopter un comportement spécifique. Ainsi, la diversité des facteurs liés au cadre d'analyse entraîne une diversité de comportements coopératifs possibles. Cela peut aller de l'engagement unilatéral à une coopération s'articulant autour d'une coalition, compte tenu que l'engagement unilatéral peut être spontané ou provoqué.

* Université du Maine, Département d'économie, avenue Olivier-Messiaen, BP 0638, 72017 Le Mans cedex.

** Université de Marne La Vallée, Département d'économie, Cité Descartes, rue Galilée, 77420 Champs-sur-Marne.

ON appelle problèmes environnementaux globaux, les problèmes environnementaux qui concernent tous les pays de la planète au double sens où chacun d'eux en souffre tout en en étant plus ou moins responsable. Ce sont donc les problèmes de pollution transfrontière à l'image de l'effet de serre, du trou dans la couche d'ozone et, à un niveau moindre, des pluies acides.

Pour remédier à ce type de problèmes, il est donc dans l'intérêt des pays d'avoir une action internationale coordonnée. Cela explique pourquoi la littérature touchant à la question de la coopération en présence de risques globaux s'est essentiellement centrée sur la mise en valeur de principes qui se doivent d'assurer la cohésion de la coopération internationale, celle-ci s'établissant de fait sur une grande échelle. Ainsi ont émergés le principe pollueur-payeur, le principe de compensation réciproque ou les permis d'émissions négociables. Cependant, la complexité du contexte est telle, qu'en général elle induit un ensemble de schémas alternatifs autres que celui d'une coopération totale.

Bien que les négociations se traduisent dans certains cas par des accords dont les résultats peuvent être très importants, à l'image du Protocole de Montréal (1987), le fait est qu'il en est rarement ainsi. Il arrive que certaines d'entre elles se soldent tout simplement par des échecs comme ce fut le cas, par exemple, pour le Sommet de la Terre de Rio de Janeiro (1992) dont il n'est ressorti qu'une déclaration de principes. Il est vrai que pour certains cela constitue un grand pas en avant, car le problème a été évoqué au grand jour. Mais, dans la mesure où cela n'a en rien affecté les niveaux d'émissions polluantes des pays, on peut tout aussi bien parler d'échec. On constate enfin que des pays, pour donner le bon exemple, sont prêts à s'investir seuls en envisageant, notamment, une diminution unilatérale de leurs niveaux d'émissions polluantes. Cette prise de position découle de l'idée qu'une telle contribution ne pourrait qu'affecter le comportement des autres pays et, par là même, augmenter les chances de réalisation d'un accord international (Hoel, 1991a).

Ainsi, la coopération, tout en étant nécessaire et souhaitée, n'est pas pour autant automatique. Elle est même difficile à atteindre. C'est justement pour tenter d'expliquer cet état de faits que nous nous sommes proposés de reprendre les caractéristiques des problèmes environnementaux globaux, afin d'en analyser les conséquences à la lumière de schémas de la théorie des jeux⁽¹⁾. L'attrait principal de cette théorie résidant dans

⁽¹⁾ Nous tenons à remercier vivement les deux rapporteurs qui nous ont permis d'améliorer une précédente version de ce papier. Bien entendu, nous restons seuls responsables des imperfections éventuelles.

sa capacité à formaliser les diverses interactions qui découlent des comportements qui sont susceptibles d'adopter chacun des acteurs.

COOPÉRATION ET DILEMME DU PRISONNIER

Lorsque l'on réalise la teneur des problèmes environnementaux globaux, il peut paraître surprenant qu'en pratique la coopération internationale prenne difficilement forme. Toutefois il nous faut reconnaître que ce résultat n'est en rien original, car la coopération au sein de l'action commune a constitué un sujet d'étude majeur, et continue encore à alimenter la réflexion, toutes les tentatives d'explication se heurtant à la logique de l'action individuelle. Comme le dit Boudon dans la préface à la version française de l'ouvrage d'Olson, *La Logique de l'Action Collective* (1987):

« Toute la philosophie politique du dix-huitième siècle, toute l'économie de la fin du dix-huitième siècle et du dix-neuvième ... tournaient autour des paradoxes de l'action collective.

Le Léviathan de Hobbes, le Contrat social de Rousseau, le Paradoxe de Condorcet, la « main invisible » d'Adam Smith renvoient tous aux paradoxes de l'action collective ».

Cette déclaration mérite toute notre attention. En effet, elle introduit de façon catégorique la question de l'action commune: l'action commune est gouvernée par des paradoxes. Il nous faut donc expliciter ce point de vue si l'on veut faire ressortir plus clairement les limites auxquelles les théoriciens se sont trouvés confrontés. Pour formaliser le problème de l'action commune, il est généralement admis que le « jeu du dilemme du prisonnier » (DP) en est le vecteur directeur. C'est pourquoi de nombreux auteurs traitant des problèmes environnementaux globaux ont pris ce jeu comme clé de voûte de leur réflexion. A titre d'exemple, nous pouvons citer les travaux de Chander et Tulkens (1992) ou Hoel (1991b). Comme en témoigne Snidal (1985):

« Le dilemme du prisonnier est la représentation classique des externalités qui se produisent lorsque des agents poursuivant leurs propres fins imposent des coûts à d'autres (y compris la collectivité) indépendamment de ce que font ces autres ; par exemple, agissant dans l'intérêt national, l'État A lèse l'État B indépendamment de ce que fait ce dernier et vice-versa ».

Il décrit une situation où chaque joueur a le choix entre deux stratégies: coopérer (C) ou trahir (T). La situation est telle que la paix (cas de figure où les deux agents coopèrent) est préférable à la guerre ouverte (cas de figure où les deux agents se trahissent mutuellement), mais où l'attaque surprise, c'est-à-dire que l'un trahit pendant que l'autre coopère, est payante. La forme normale ci-dessous retranscrit les fonctions d'utilité associées au jeu.

Figure 1

		Joueur 2	
		C	T
Joueur 1	C	2,2	0,3
	T	3,0	1,1

Chaque joueur ayant T pour stratégie dominante, l'issue d'équilibre de ce jeu est donc (T,T), alors que (C,C) lui est strictement préférable. De plus, à l'inverse de (C,C), l'issue (T,T) n'est pas « Pareto-optimale ».

Dans la perspective des problèmes environnementaux globaux, le DP met en valeur une idée importante : la coopération n'est pas réalisable, et si l'on s'en tient à cette représentation de base, aucune politique de réduction d'émissions polluantes ne serait entreprise par les pays. Or de telles politiques ont déjà vu le jour, soit de façon collective (par le biais d'accord de coopération) ce qui signifie que l'issue de coopération mutuelle est susceptible d'être atteinte, soit de façon individuelle (par un engagement unilatéral) ce qui prouverait qu'une issue où l'un coopère pendant que l'autre trahit est elle aussi réalisable.

Il est donc nécessaire de prendre en compte d'autres éléments dont l'existence semble jouer un rôle majeur sur les choix de chacun.

IMPORTANCE DU FACTEUR TEMPS

Tout d'abord le jeu que nous avons décrit est un jeu statique, où le comportement de chacun ne s'exprime que sur la durée d'une étape. Pour s'en référer à la réalité, il est nécessaire de prendre en compte le fait que les pays sont amenés à des relations de long terme, pour lesquelles les actions sont adaptées au contexte, celles-ci pouvant être modifiées à chaque étape du jeu. Si on suppose que le temps est divisé en périodes, $t = 1, \dots, n$, alors à chaque instant t du jeu les pays choisissent leur stratégie compte tenu de ce qui s'est passé auparavant, c'est-à-dire des choix des joueurs et des variables d'environnement.

En effet, on s'aperçoit que le passage d'un jeu statique à un jeu dynamique répété en horizon infini peut accroître les probabilités de coopération (Fudenberg et Tirole, 1991). La répétition du dilemme du prisonnier facilite la communication entre les pays au travers des stratégies qu'ils affichent à chaque étape. Grâce à cette communication, la coopération peut être atteinte comme équilibre du jeu. En raisonnant de manière simple, on montre que si chacun coopère tant que l'autre en fait autant, dans l'éventualité de la trahison d'un pays, l'autre jouerait la trahison aussi longtemps qu'il le faut pour annuler le gain réalisé par le pays « traître ».

La coopération peut également surgir dans un jeu répété en horizon fini. Kreps, Milgrom, Roberts et Wilson (1982) montrent qu'en pertur-

bant le jeu par l'introduction d'une asymétrie d'information, la coopération peut se justifier. Les auteurs supposent en particulier que lorsque le jeu débute, le joueur 1 n'est pas absolument certain que le joueur 2 jouera de façon «rationnelle». En fait, le joueur 1 pense avec la probabilité $1 - \mu$ que 2 est rationnel, et avec une très petite probabilité μ que 2 est guidé par la stratégie «*Tit for Tat*»⁽²⁾. Cette stratégie consiste à coopérer à la première étape du jeu, pour continuer à coopérer quand l'autre coopère et trahir quand l'autre trahit. Il en ressort que le nombre d'étapes où l'un des joueurs trahit est borné par une constante qui dépend de μ et non de la longueur du jeu. De plus, dans un équilibre qui n'est pas Pareto-dominé, les joueurs coopèrent sauf dans les dernières étapes du jeu.

Mais ces résultats demeurent insatisfaisants puisque la coopération⁽³⁾ induite de la répétition du dilemme du prisonnier n'émerge qu'au moyen de menaces (de sanctions). Or selon Mohr (1991), la théorie de la dette internationale ainsi que l'expérience suggèrent que les sanctions constituent une menace peu efficace. Différents arguments sont susceptibles d'étayer cette position. Nous n'en exposerons qu'un relatif à l'effet de serre. La détermination des responsabilités qui incombent à chacun des protagonistes reste encore imprécise car il n'existe pas d'indices de mesure fiables sur lesquels on puisse s'appuyer pour évaluer les contributions des pays au changement climatique (Agarwal, 1992). Il semble donc difficile, en pareil cas, de reprocher à une nation son comportement puisqu'il lui suffirait d'invoquer l'imprécision des données pour amoindrir ou nier sa responsabilité.

De plus, si la coopération émerge, elle est totale, or l'observation des accords existants montre qu'au contraire, seul un nombre limité de pays s'engage sur un accord, les autres refusant leur participation.

La leçon que nous tirons de ces propos est qu'en présence de risques globaux, un pays qui décide de coopérer à un instant donné du jeu n'est aucunement incité à perpétuer son action s'il rencontre un pays au comportement non coopératif, d'autant qu'il n'a pas les moyens de le contraindre à coopérer. En outre, la défection systématique dans le DP constitue un équilibre (Axelrod, 1981), ce qui n'est pas fait pour faciliter l'émergence de la coopération.

ASYMÉTRIE DES PAYS

Un deuxième point que le DP ne reflète pas, et qui tient tout de même une place prépondérante, est l'ambiguïté liée à la définition de la coopération. En raison d'un ensemble de facteurs comprenant, entre autres, le développement économique, les possibilités de substitution et

(2) «*J'agis aujourd'hui comme tu agissais hier*».

(3) Il est intéressant de noter que, d'un point de vue conceptuel, la coopération dans le dilemme du prisonnier est perçue comme un acte volontaire alors qu'au concret elle s'apparente à un problème de coordination.

l'importance de la population, les pays n'ont pas à l'origine des niveaux d'émissions identiques. En conséquence, à partir de quel seuil d'effort un pays considèrera-t-il que son homologue a effectivement coopéré? Il est clair que lorsque les pays n'ont pas la même perception de la coopération, en dépit de leur volonté de coopérer, ils peuvent très vite être amenés à préférer la défection.

Il est, par exemple, inefficace d'envisager une coopération basée sur des réductions égales en quantités; dans un tel cas de figure, la coopération risque fort de ne jamais voir le jour. En effet, on ne peut comparer un petit pays qui émet peu de polluants à un grand pays dont le niveau d'émissions est important. La participation de chacun au niveau total d'émissions n'étant pas identique, il paraît contradictoire de demander aux uns et aux autres de contribuer à un même niveau d'effort. Ce système désavantagerait considérablement les petits émetteurs.

Implicitement, cela met en perspective un autre écueil éventuel. Les pays n'ont pas les mêmes capacités de substitution, et entrevoir des réductions d'émissions de certains pays peut pénaliser l'économie de ceux-ci. L'exemple fourni par Barrett (1992) est très révélateur. Il concerne la Norvège et la Finlande dont les niveaux d'émissions en CO₂ sont à peu près équivalents. Cependant les sources d'énergie sont beaucoup plus diversifiées en Finlande qu'elles ne le sont en Norvège, ce qui constitue incontestablement un atout majeur. La Finlande brûle du charbon, du gaz naturel, du pétrole, et utilise de l'énergie nucléaire pour produire de l'électricité. Pour la Norvège les choses sont très différentes car elle ne brûle que peu de charbon et n'a pas de centrales nucléaires. De plus, elle n'a pas de réseau de distribution de gaz. Compte tenu de ces éléments, on voit mal comment la Norvège pourrait envisager de procéder à une réduction de ses émissions polluantes sans en être affectée économiquement, et ce plus que la Finlande. Le recours au gaz naturel exigerait des investissements spécifiques qui risquent fort d'être coûteux, afin de mettre en place un réseau de transport et de distribution adéquats. Cela est encore plus vrai lorsque les pays concernés sont des pays en voie de développement (PVD), leurs capacités de substitution étant beaucoup plus réduites.

On comprend bien ce que l'on entend par coopération, mais sa réalisation soulève de profonds problèmes. Certains pays ne disposent pas des capacités techniques (de substitution) qui leur permettraient de procéder à des réductions sans que leur économie en soit affectée. Aussi, peut-on se demander si la nécessité de leur participation s'impose, ou encore si la coopération conserve toute sa signification, en particulier, pour les pays pauvres? La question est d'autant plus épineuse que ces pays, en s'engageant sur une politique respectueuse de l'environnement, seraient amenés à subir des coûts qui freineraient leur croissance économique. En raison des nombreuses difficultés auxquelles ils sont confrontés, à l'image du remboursement de la dette ou de l'évolution galopante de leur popu-

lation, il leur faut établir un arbitrage entre divers objectifs. Les pays industriels sont eux aussi confrontés à un arbitrage entre plusieurs objectifs, mais les conséquences qui en résulteraient risquent d'être beaucoup plus supportables qu'elles ne le seraient pour les PVD (Rich, 1994).

Un chiffre résume ce constat. En 1984, le revenu par habitant oscillait entre 190 \$ pour les pays très pauvres (hormis l'Inde et la Chine) et 11 430 \$ pour les pays industriels (Turner, 1991). Il est de ce fait difficile d'envisager l'adoption de mesures environnementales de la part de pays en développement si celles-ci ne sont pas soutenues par les pays industriels. Une politique environnementale ne portera ses fruits dans les pays pauvres que si elle ne détériore pas les conditions d'existence des populations concernées. On peut imaginer une situation où ces pays procèdent à des réductions tandis que les pays industriels leur facilitent l'accès à certaines technologies efficaces, notamment les écotecnologies, c'est-à-dire les technologies peu polluantes. D'autres situations sont également plausibles. MacNeill *et al.* (1991) proposent, à ce sujet, que les arrangements conclus entre pays développés et pays d'Afrique ou d'Amérique Latine soient soutenus par des politiques commerciales et des politiques en matière d'aide et de dette. Ces auteurs proposent même d'encourager les banques multilatérales et les organismes commerciaux des pays développés à participer au soutien financier de tels programmes.

Ainsi lorsque les pays sont des pays industriels de niveaux économiques comparables, la coopération n'entraîne pas forcément des réductions égales en quantités. Pour être efficaces, elles devront répondre au critère selon lequel les coûts doivent être minimum. La coopération ne peut donc se limiter à un engagement équivalent des pays. En outre, si les pays sont des pays pauvres, ceux-ci n'étant pas en mesure de poursuivre une politique environnementale de leur propre gré, il serait alors plus conséquent de les y aider à travers, notamment, des mécanismes de transfert. Il est nécessaire, pour aboutir à un accord significatif, de permettre à certaines parties d'obtenir un traitement de faveur, sous forme d'incitations. Cet état de fait est d'ailleurs déjà intégré dans les négociations internationales puisque Sand (1991) recense l'utilisation fréquente de quatre types d'incitations dans les traités environnementaux : l'accès à des fonds, l'accès aux ressources naturelles, l'accès aux marchés et l'accès à la technologie.

Toutefois l'assistance technique ou l'accès à la technologie se trouvent être les instruments les plus conséquents lorsque les pays sont confrontés à des problèmes environnementaux globaux (Schelling, 1992). Face à de tels problèmes, l'efficacité de la coopération passe par l'entente la plus large possible, aussi la présence des pays en développement s'avère nécessaire. C'est pourquoi les transferts doivent être conçus de manière à rendre profitable leur participation mais sans que leur économie en soit affectée, ce que permet justement un transfert de technologie ou une assistance technique. L'aspect incitatif de ces instruments réside dans le

fait qu'ils permettent aux pays en développement d'acquérir des techniques de production modernes et écologiques à moindres coûts, ils ne pénalisent donc pas le développement économique des pays concernés⁽⁴⁾.

Carraro et Siniscalco (1993) se sont attachés à formaliser ce type de situation, où une coalition de pays coopérants (composée, en l'occurrence, de pays industriels) tentent d'élargir le mouvement de coopération par l'introduction d'une variable stratégique qui consiste en l'octroi de transferts en direction de pays au comportement non coopératif⁽⁵⁾. Fondamentalement, la situation de base est un jeu non coopératif qui repose sur l'incitation créée par l'utilisation de transferts. Les auteurs ont ainsi pu démontrer que la configuration la plus à même de retranscrire le choix d'engagement des pays entre coopération et non coopération est le « jeu du croisement » (*chicken game*). La matrice 2x2 illustrée ci-dessous en est la représentation.

Figure 2

		Pays <i>b</i>	
		C	T
Pays <i>i</i>	C	3,3	2,4
	T	4,2	1,1

Ce tableau décrit une situation où $j - 1$ pays coopèrent et où une coalition est considérée stable dès lors qu'elle comprend j pays. Les pays i et b , qui n'appartiennent pas à la coalition, ont intérêt à la rejoindre de sorte à en assurer la stabilité (et rendre donc soutenable la coopération). Si le pays b coopère (C), l'issue la plus profitable pour le pays i est celle où il ne coopère pas (T). À l'inverse, lorsque le pays b ne coopère pas, le pays i est incité à rejoindre la coalition formée des $j - 1$ pays coopérants. On discerne donc deux équilibres (T,C) et (C,T). En d'autres termes, tout pays qui ne désire pas coopérer cherchera à convaincre les autres pays de coopérer pour profiter (sans grande perte) des réductions d'émissions auxquelles ils consentiront; cela entraîne de fait une coopération partielle, c'est-à-dire qu'il n'est pas nécessaire que tous les pays coopèrent pour que l'issue coopérative soit soutenable.

⁽⁴⁾ Rotillon *et al.* (1996b) montrent que ce n'est pas toujours vrai. Cela dépend du degré de complémentarité (ou de substituabilité) entre les pays en développement.

⁽⁵⁾ Rotillon et Tazdaït (1996) ont également tenté d'expliquer cette situation. Pour ce faire, le processus de négociation internationale est formalisé en insistant sur la divergence d'intérêts qui existe entre pays industriels et pays en développement. Les éléments stratégiques qui déterminent le comportement de chacun des groupes sont de l'ordre de deux: les niveaux de réductions et les transferts. Les transferts étant versés par les pays industriels aux pays en développement afin de les inciter à réduire leurs émissions.

Si l'on admet que les pays les moins favorables à la coopération sont les pays en développement, une interprétation possible du jeu du croisement serait la suivante. Les pays en développement inciteront les pays industriels à former une coalition de pays coopérants en invoquant la question de la responsabilité historique à l'égard de la dégradation de l'atmosphère, responsabilité qui incombe aux pays industriels (Pearce, 1991). Néanmoins, par le biais de transferts, les pays industriels pourront amener certains pays en développement à les rejoindre, ce qui induira des réductions d'émissions globales significatives.

LA QUESTION INFORMATIONNELLE

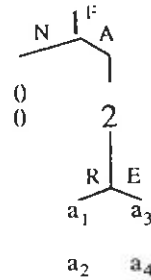
Un troisième point caractérise les problèmes environnementaux globaux, il concerne la question de l'incertitude, celle-ci se manifestant essentiellement à deux niveaux. Le premier facteur d'incertitude a trait aux relations scientifiques de base, telles que le lien entre les émissions de gaz et la température globale moyenne, et l'interaction entre la température globale moyenne et le climat (Chichilnisky et Heal, 1993). Le second facteur d'incertitude porte sur les coûts qu'entraîneraient les politiques de réduction d'émissions polluantes. Dans la mesure où personne n'a les moyens d'anticiper les trajectoires technologiques futures, il est difficile de prévoir le coût financier des mesures qui seraient entreprises. A cela, on pourrait également ajouter une troisième source d'incertitude, en particulier sur la vitesse avec laquelle les pays sont susceptibles de réduire les incertitudes précédentes (Nordhaus, 1991).

Ces incertitudes conduisent les pays à opérer un arbitrage entre deux options possibles. Soit les répercussions peuvent être profondes, et ils se doivent donc d'agir rapidement. Soit elles ne sont pas aussi importantes, et des réductions d'émissions peuvent être pénalisantes pour ceux qui les auraient entreprises. Pour parer à ce dilemme, certaines nations industrielles ont choisi de favoriser les réductions d'autres pays. Ce fut le cas en 1987 de la Finlande qui s'était engagée à réduire les réductions de dioxyde de soufre de l'ex-URSS. Ainsi, il peut être profitable pour un pays industriel d'encourager un pays frontalier moyennement industrialisé (PFMI) à réduire le niveau de ses émissions polluantes. Cela est d'autant plus vrai qu'en procédant de la sorte, le dit pays industriel participe à l'amélioration du cadre environnemental tout en évitant de prendre le risque de pénaliser son propre dynamisme économique.

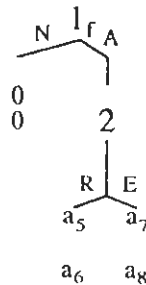
Rotillon et Tazdaït (1995) ont analysé cette situation qu'ils qualifient d'engagement unilatéral provoqué (par les pays industriels), pour la représenter selon les termes du jeu de la confiance. Ce jeu séquentiel se déroule en deux étapes. Dans un premier temps, un pays industriel entre en relation avec un PFMI et s'engage à le soutenir, de manière à influencer son comportement de réduction. Ensuite, au cours de la seconde période, le

PFMI réduit fortement ou partiellement ses émissions polluantes, suivant le transfert qui lui est accordé. Le pays industriel, qui ouvre le jeu, est noté 1, tandis que le PFMI, qui se prononce en second, est noté 2. Deux types possibles de pays 1 sont également distingués: soit celui-ci est à forte conscience écologique et nous le désignerons par 1^F , soit il est à faible conscience écologique et nous le noterons 1_f . Lorsque le jeu débute, le pays 2 ignore le type du pays 1, il en observe toutefois l'action. Ainsi, il agit en tenant compte du choix effectué par 1.

Dans le cadre retenu par les auteurs, le pays 1 dispose de deux actions. S'il n'entre pas en relation (N) avec le pays 2 afin d'en influencer le comportement, alors le jeu prend fin puisque 2 ne trouve aucun intérêt à procéder à une réduction de ses émissions polluantes. Si, par contre, 1 entre en relation (A) avec 2 cela se concrétise par la mise en place d'un accord local où 2 accepte de réduire ses émissions polluantes compte tenu que 1 en assumera le financement. C'est au tour de 2 qu'il revient alors de s'exprimer. Son espace de stratégies comprend également deux actions. En effet, il a le choix entre respecter l'engagement (R) qui le lie au pays 1 ou l'enfreindre (E), ce qui l'amène à faire moins que ce que l'accord avec le pays 1 prévoyait. Que 2 adopte R ou E, nous constatons une réduction de ses émissions, seulement dans un cas les réductions entreprises seront importantes, et dans l'autre elles seront moindres au point que son comportement coopératif sera à peine perceptible. La figure 3 décrit la forme extensive de ce jeu pour un pays 1 à forte conscience écologique :



tandis que la figure 4 retrace la forme extensive pour un pays 1 à faible conscience écologique :



Les termes au bas de chaque arbre représentent, respectivement, les gains des pays 1 et 2.

Ce jeu a été étudié sous l'angle de la théorie des jeux évolutionnistes, et en l'occurrence sur la base du modèle de « répliation » dynamique développé par Taylor et Jonker (1978) et Zeeman (1980). L'attrait de cette approche réside dans le fait qu'elle permet de saisir les propriétés d'évolution des populations à l'intérieur desquelles les stratégies les moins profitables sont amenées à disparaître alors que les plus profitables tendent à se répandre. Le processus dynamique ainsi représenté s'interprète comme un processus généré par apprentissage.

Soit p_1^F (resp. p_1^f) le pourcentage de joueurs 1^F (resp. 1^f) qui choisissent A et p_2 le pourcentage de joueurs 2 qui choisissent R. Si l'on note π_i le gain espéré du pays i et π^m le gain moyen de la population, le modèle de répliation est alors caractérisé par l'équation suivante :

$$p_i = p_i |\pi_i - \pi^m| \quad i = 1^F, 1^f, 2,$$

où p_i désigne la proportion de pays i qui est comptabilisée dans la population au cours de la génération suivante.

Compte tenu de ces hypothèses, Rotillon et Tazdaït montrent qu'il existe plusieurs équilibres suivant la valeur des gains. Il ressort de ces différents cas de figure que la teneur des réductions d'un PFMI est fonction du soutien qu'il est en mesure d'espérer du pays industriel avec lequel il contracte. L'accord que les deux parties en présence signent ne suffit cependant pas à concrétiser les termes de l'entente. Même s'il est entériné, rien n'oblige le pays industriel à rendre effectif son soutien, ce qui soulève la question de la confiance. Un PFMI fera plus facilement confiance à un pays industriel marqué par une forte conscience écologique qu'à un pays industriel à faible conscience écologique.

Mais à ce facteur confiance, il faut associer un autre élément si l'on veut que l'analyse soit complète, en l'occurrence un élément d'ordre économique. La coopération est estimée suivant le coût qu'elle engendre. Dorénavant, des pays à forte et à faible conscience écologique sont susceptibles d'inciter des PFMI à rendre effectives des réductions. La condition nécessaire à l'émergence de telles politiques de comportement est que le poids financier de la coopération soit relativement faible.

Notons également que malgré la faiblesse du coût de la coopération, il peut parfois être plus avantageux pour les pays industriels de ne respecter que partiellement l'accord. Cela induit alors des réductions limitées. Cette observation tend à confirmer la prédominance des considérations économiques sur les considérations morales quant aux motivations des pays industriels.

Par conséquent, pour entrevoir un quelconque comportement coopératif de PFMI, il est nécessaire que le coût de la coopération soit faible. Il est également nécessaire que les PFMI qui procèdent aux réductions ne soient pas trop nombreux, sinon cela favoriserait un comportement de

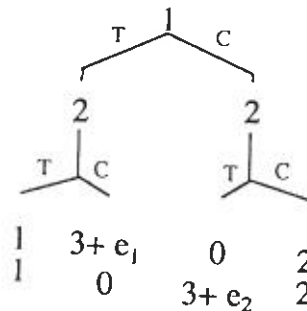
passager clandestin des pays industriels (ils ne respecteront qu'une partie du contrat), auquel cas les réductions envisagées seraient modestes.

LE POIDS DES GROUPES DE PRESSION

Un dernier élément de spécificité doit être suggéré, il s'agit de l'influence des groupes de pression dans les pays développés. Alors que les mouvements écologiques sont animés par des orientations de type environnemental, les entrepreneurs sont guidés par des considérations de production; a priori ces deux logiques s'opposent. C'est aux gouvernements que revient la délicate tâche de la mise en place de la politique environnementale, compte tenu du poids et des arguments de chacun des groupes. Ce qui tend à compliquer le problème, c'est que les positions des uns et des autres ne sont pas toujours aussi claires. Par exemple, il peut être dans l'intérêt de certains producteurs de soutenir certaines aspirations écologiques afin de réduire la concurrence: il va de soi qu'une entreprise qui se sera dotée avant l'heure d'une infrastructure respectant l'environnement aura tout intérêt à prôner la normalisation de cette infrastructure de manière à éliminer toutes les entreprises qui ne peuvent s'y résoudre faute de moyens (exemple du pot catalytique). De même, les mouvements écologiques peuvent soutenir une branche de production qui défend la mise en place de mesures protectionnistes. Cela est particulièrement vrai lorsque la source de la pollution réside dans la consommation d'un bien qui entre dans le commerce international (Hillman et Ursprung, 1992).

En ce qui concerne l'influence des mouvements écologiques sur les politiques environnementales adoptées par les pays industriels, Rotillon *et al.* (1996a) montrent que celle-ci n'a de sens qu'en l'absence d'asymétrie d'information. Le point de départ de la réflexion de ces auteurs est le DP sous sa version séquentielle, analysé à l'aide de la théorie des jeux évolutionnistes. Dans le cadre de cette méthode, les stratégies les plus performantes supplantent les moins performantes par l'intermédiaire d'un processus d'apprentissage. La forme extensive du jeu est représentée en figure 5.

Figure 5



Les gains de chacun des pays s'expriment en terme monétaire et en fonction de la responsabilité du pays considéré eu égard à la dégradation de l'environnement, lorsque celle-ci est explicite. Ce critère de responsabilité se confond avec l'idée de conscience écologique, car un pays ne se sent véritablement responsable qu'à partir de l'instant où la conscience écologique qui le caractérise est significative. C'est ce que nous désignons par les paramètres e_i , $i = 1, 2$.

Il a également été supposé que la conscience écologique n'avait pas de signification monétaire, et ne pouvait donc être perçu au titre de gains⁽⁶⁾. Elle correspond seulement à une appréciation morale du résultat de l'action entreprise. Ce paramètre moral peut être suffisamment explicite pour amener un pays à percevoir négativement les gains importants qu'il réalise⁽⁷⁾.

Il est aisé de voir que pour une forte conscience écologique (c'est-à-dire pour $3 + e_2 < 2$) l'issue coopérative (C,C) ressort comme équilibre du jeu : l'engagement unilatéral du premier pays s'étend au second pays, ce qui revient à dire qu'un engagement unilatéral spontané peut être suivi d'un effet d'entraînement. Néanmoins, la question à laquelle Rotillon *et al.* ont cherché à répondre est la suivante : quelles sont les conditions d'émergence de la conscience écologique (et donc des mouvements écologiques) ?

Ils montrent que ce qui joue un rôle capital, c'est l'information dont les pays disposent au moment d'effectuer leurs choix. L'asymétrie d'information favorise la non coopération tandis que l'absence d'asymétrie favorise la coopération.

En effet, même si un pays est caractérisé par une très forte conscience écologique, il suffit qu'il y ait asymétrie d'information sur la structure de la conscience écologique des autres nations pour que l'issue coopérative ne ressorte pas comme solution d'équilibre. L'idée étant qu'en raison de l'incertitude les pays ne sont pas en mesure d'anticiper un mouvement de coopération, d'où le choix de la non coopération.

Les données du problème, quant à l'influence des groupes de pression, peuvent être parfois plus complexes, au point que les mouvements écologiques d'un pays s'opposent aux orientations prises par les mouvements écologiques d'un autre pays. Ainsi lorsqu'un pays importateur adopte des mesures écologiques, celles-ci se répercutent évidemment sur les pays exportateurs mais, dans certains cas, touchent tout autant les mouvements écologiques d'autres pays. Dans l'éventualité où les mesures

⁽⁶⁾ Cette hypothèse joue un rôle majeur puisqu'elle assure que le jeu conserve une structure de DP.

⁽⁷⁾ L'hypothèse selon laquelle les profits sont des fonctions monotones des gains monétaires est ainsi abandonnée.

entreprises par le pays importateur entraînent un transfert des activités polluantes vers d'autres pays, on peut s'attendre à ce que les mouvements écologiques des pays concernés dénoncent ces orientations politiques (Hoekman et Leidy, 1992).

CONCLUSION

L'enseignement qui ressort de ces commentaires est sans équivoque. En raison de la diversité des intérêts en jeu aussi bien à l'échelle nationale qu'internationale, des incertitudes liées aux conséquences, la coopération est susceptible d'emprunter diverses formes qui sont loin de la représentation qu'on lui accorde traditionnellement, à savoir une coopération totale.

Elle peut être unilatérale lorsque seul un pays se décide à réduire le niveau de ses émissions polluantes. En fait, la coopération unilatérale est dite « provoquée » quand un pays industriel s'engage à financer les réductions d'un PFMI, et elle est dite « spontanée » quand un pays industriel s'engage à réduire ses propres émissions en escomptant œuvrer pour la mise en place d'un effet d'entraînement.

La coopération peut également être une coopération partielle⁽⁸⁾. Dans ce cas, elle est animée par une coalition de pays leaders qui ont la particularité d'être des pays dont la responsabilité historique par rapport aux différents phénomènes environnementaux est aujourd'hui reconnue. Ces pays ont la possibilité d'inciter d'autres nations à les rejoindre, notamment en leur proposant des transferts.

Par conséquent il n'est pas nécessaire que la coopération soit totale pour être soutenable. Elle peut se restreindre à un groupe de pays ou à une action unilatérale tout en étant soutenable.

La diversité des formes de coopération qui viennent d'être présentées remet en cause l'approche standard de ces problèmes par le DP. Elle laisse aussi soupçonner que d'autres formes peuvent se présenter et ouvrir ainsi à de futures recherches.

⁽⁸⁾ Au sens où elle n'engage pas la totalité des pays concernés.

BIBLIOGRAPHIE

- AGARWAL (A.), 1992 — Pour un juste calcul des responsabilités, *La Recherche*, n° 243, pp. 610-613.
- AXELROD (R.), 1981 — The emergence of cooperation among egoists, *American Political Science Review*, 75 (2), pp. 306-318.
- BARRETT (S.), 1992 - Convention sur le changement climatique: aspects économiques des négociations, Paris, OCDE, 109 p.
- CARRARO (C.) et SINISCALCO (D.), 1993 — Strategies for the international protection of the environment, *Journal of Public Economics*, 52 (3), pp. 309-328.
- CHANDER (P.) et TULKENS (H.), 1992 — Theoretical foundations of negotiations and cost sharing in transfrontier pollution problems, *European Economic Review*, 36 (2/3), pp. 388-398.
- CHICHILNISKY (G.) et HEAL (G.), 1993 — Global environmental risks, *Journal of Economic Perspectives*, 7 (4), pp. 65-86.
- FUDENBERG (D.) et TIROLE (J.), 1991 — *Game Theory*, Cambridge, MIT Press, 579 p.
- HILLMAN (A.L.) et URSPRUNG (H.W.), 1992 — Influence des mouvements écologiques sur la détermination des politiques commerciales, in: ANDERSON (K.) et BLACKHURST (R.) eds, *Commerce mondial et environnement*, Paris, Economica, pp. 241-272.
- HOEKMAN (B.) et LEIDY (M.), 1992 — Groupes de pression et politique de l'environnement dans une économie commerçante, in: ANDERSON (K.) et BLACKHURST (R.) eds, *Commerce mondial et environnement*, Paris, Economica, pp. 273-303.
- HOEL (M.), 1991a — Global environmental problems: the effects of unilateral actions taken by one country, *Journal of Environmental Economics and Management*, 20 (1), pp. 55-70.
- HOEL (M.), 1991b — Efficient international agreements for reducing emissions of CO₂, *The Energy Journal*, 12 (2), pp. 93-107.
- KREPS (D.), MILGROM (P.), ROBERTS (J.) et WILSON (R.), 1982 — Rational cooperation in the finitely repeated prisoners' dilemma, *Journal of Economic Theory*, vol. 27 (2), pp. 245-252.
- MACNEILL (J.), WINSEMIUS (J.) et YAKUSHIJI (T.), 1991 — *Beyond Interdependence: The Meshing of the Earth's Ecology*, New-York, Oxford University Press.

- MOHR (E.), 1991 — Global warming: economic policy in the face of positive and negative spillovers, in: SIEBERT (H.) ed., *Environmental Scarcity: The International Dimension*, Kiel, Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel, pp. 187-212.
- NORDHAUS (W. D.), 1991 — Economic approaches to greenhouse warming, in: DORNBUSCH (R.) et POTERBA (J.M.) eds., *Global Warming: Economic Policy Responses*, Cambridge Mass., MIT Press, pp. 33-66.
- OLSON (M.), 1987 — *Logique de l'action collective*, Paris, P.U.F, 199 p., (version anglaise originale: *The Logic of Collective Action*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1966).
- PEARCE (D.), 1991 — The global commons, in: PEARCE (D.) ed., *Blueprint 2: Greening the World Economy*, London, Earthscan Publications Ltd., pp. 11-30.
- RICH (A.), 1994 — *Ethique économique*, Genève, Labor et Fides, 705 p.
- ROTILLON (G.) et TAZDAÏT (T.), 1995 - Provocated unilateral commitment in the presence of global environmental change, Working Paper, Université de Marne La Vallée, février.
- ROTILLON (G.) et TAZDAÏT (T.), 1996 — International bargaining in the presence of global environmental problem, à paraître dans *Environmental and Resource Economics*.
- ROTILLON (G.), TAZDAÏT (T.) et ZEGHNI (S.), 1996a — Engagement unilatéral spontané en présence de problèmes environnementaux globaux, *Revue Économique*, vol. 47 (3), pp. 601-610.
- ROTILLON (G.), TAZDAÏT (T.) et ZEGHNI (S.), 1996b — Bilateral or multilateral bargaining in the face of global environmental change, *Ecological Economics*, 8, pp. 177-187.
- SAND (P. H.), 1991 — International cooperation: the environmental experience, in: MATHEWS (J. T.) ed., *Preserving the Global Environment*, New York, W.W. Norton, pp. 236-279.
- SCHELLING (T. C.), 1992 — Some economics of global warming, *American Economic Review*, 82 (1), pp. 1-14.
- SNIDAL (D.), 1985 — Coordination versus prisoners' dilemma: implications for international cooperation and regimes, *American Political Science Review*, 79 (4), pp. 923-942.
- TAYLOR (P.) et JONKER (L.), 1978 — Evolutionarily stable strategies and game dynamics, *Mathematical Biosciences*, 40, pp. 145-156.

- TURNER (K.), 1991 — Environmentally sensitive aid, *in*: PEARCE (D.) ed., *Blueprint 2: Greening the World Economy*, London, Earthscan Publications Ltd., pp. 167-180.
- ZEEMAN (E.C.), 1980 — Population dynamics from game theory, *in*: NITECKI (Z.) et ROBINSON (C.) eds., *Global Theory of Dynamical Systems*, Lecture Notes in Mathematics, vol. 819, Berlin, Springer Verlag, pp. 471-497.