

**Théorie du contrôle de la pollution agricole
et efficacité des politiques de contrôle de la pollution.**

Le cas de la politique québécoise des élevages de bovidé.

**INRS - Eau
Rapport Scientifique No. 302
(préliminaire)**

Jean Louis Sasseville *
Yvon Maranda **
Éric Van Bochove **
Denis Couillard *

Sainte-Foy, décembre 1990

*** Professeur à l'INRS-Eau**

**** Étudiants au Doctorat à l'INRS-Eau**

Résumé

Ce rapport de recherche analyse la politique québécoise de contrôle de la pollution d'origine agricole, notamment de son application aux élevages des bovidés. Pour ce faire, on y aborde la problématique des choix technologiques au niveau de l'exploitant agricole et de l'agence de contrôle suivant la perspective des relations "coûts-efficacité". On y explore de plus la théorie du contrôle de la pollution agricole, en attachant une importance particulière au problème de la pollution résiduelle, c'est à dire au problème posé par les difficultés intrinsèques de correctement contrôler la pollution agricole, ceci entraînant, malgré l'affectation de ressources considérables au contrôle, qu'une partie des résidus des exploitations affecte la récupération complète des usages de l'eau. On y traite aussi de la complémentarité de la rationalité économique et de la rationalité politique dans les choix technologiques. On y considère de plus le concept administratif de la règle des "pollués-payeurs" que l'on juge applicable au cas particulier de la pollution agricole, concept délaissé dans ses assises théoriques par les administrations publiques, mais utilisé concrètement pour promouvoir les programmes de dépollution dans l'industrie agricole. Enfin, à partir de critères élaborés sur les notions d'efficacité générale et d'optimisation des choix technologiques basés sur les relations "coûts-efficacité", on procède à l'analyse de l'efficacité de la politique québécoise du contrôle de la pollution appliquée au cas des élevages de bovidés.

Table des matières

Résumé	i
Table des matières	ii
Introduction	1
Chapitre 1 Théorie du contrôle de la pollution agricole	4
Répartition des coûts des contrôles	5
Niveau de contrôle et affectation des ressources	14
Enlèvement des polluants ou réorganisation des productions	21
Chapitre 2 Les conditions d'efficacité de la politique de contrôle	27
Les conditions d'optimalité de la solution de contrôle	27
Le jeu des règles du "pollueur-payeur " et des "pollués-payeurs"	30
Chapitre 3 Discussion: L'efficacité de la politique	32
Chapitre 4 Conclusion	39
Bibliographie	42
Appendice 1	
Formalisation de la théorie: l'optimisation des relations coûts-efficacité.	
Appendice 2	
Gestion des fumiers et pollution de l'eau. Éléments de problématique.	

Introduction

Les niveaux de pollution résiduelle¹ déterminent dans une large mesure les niveaux de récupération des usages de la ressource. Leur réduction nécessite l'amélioration de l'efficacité de l'ensemble des systèmes de contrôle, mais, dans plusieurs bassins, c'est au niveau des sources de pollution diffuses qu'un contrôle accru apporte les plus grands gains en récupération des usages. Les sources de pollution diffuses prennent ainsi une importance particulière: sur certains bassins, l'efficacité de leur contrôle déterminera le niveau des bénéfices sociaux² escomptables de l'ensemble des programmes de contrôle.

Avec les progrès réalisés sur la compréhension des mécanismes de pollution et des méthodes de contrôle, on reconnaît généralement que les activités agricoles contribuent d'une façon significative aux pollutions diffuses (Duttweiler, D. W. et H.P. Nicholson, 1983). L'épandage inadéquat de pesticides, l'usage en surabondance des engrais chimiques, la manutention incorrecte des déjections animales et l'entretien mal planifié des sols engendrent en effet des pollutions qui ne sont que partiellement contrôlables. Les fumiers de bovin produits dans la province de Québec contribuant pour 63 % du volume total (25.000.000 m³/an) de fumier (Edmond, 1988), il faut penser que la

¹ Les pollutions résiduelles sont les dégradations du milieu résultant des sources de pollution qui échappent au contrôle, ou qui ne sont que partiellement contrôlées parce que difficiles ou impossibles à contrôler à l'intérieur de limites de coûts raisonnables. Elles proviennent de l'inefficacité intrinsèque des technologies adoptées pour le contrôle de la pollution urbaine, agricole et industrielle, de même que des sources de pollution ponctuelles ou diffuses non contrôlées tels les écoulements hydriques superficiels et souterrains redistribuant vers les eaux de surface et les eaux souterraines les substances amovibles (naturelles ou artificielles) avec lesquelles ils viennent en contact.

² Les notions de coûts sociaux et privés et de bénéfices sociaux et privés sont prises au sens de l'analyse politique attribué par Pigou (1920) et telles que synthétisées par Herber (1975). Les coûts et les bénéfices privés représentent les effets internes d'une action économique qui sont assujettis aux règles du marché et ainsi pris en compte dans le calcul rationnel de l'agent économique. De leur côté, les coûts et les bénéfices sociaux représentent ces effets internes privés additionnés des effets externes non assujettis au marché et par conséquent non considérés dans le calcul rationnel de l'agent. Les dommages à l'environnement sont des effets externes auxquels on réfère par les dommages sociaux.

manutention des déjections animales constitue un des verrous importants de la réduction des pollutions diffuses.

Certaines solutions de contrôle sont maintenant déployées pour modifier les facteurs polluo­gènes³. De manière générale, l'approche utilisée par l'agence de contrôle est d'offrir des subventions dans un cadre réglementaire ayant pour objectif de contraindre l'agriculteur à transformer les pratiques de manutention des fumiers. Cependant, en obligeant le producteur agricole à adopter certaines techniques ayant un pouvoir d'orientation sur le choix et l'organisation des facteurs de production (par exemple, la substitution des fertilisants chimiques par des fertilisants organiques moins performants), ou pouvant intervenir dans l'organisation de la production (par exemple, l'établissement de fenêtres d'utilisation des engrais organiques), ou encore, pouvant se répercuter à la hausse sur les coûts de production (par exemple, la restauration des sols compactés par les épandages ou l'entretien des équipements de contrôle et de valorisation), on risque d'augmenter les coûts marginaux de dépollution, élevant d'autant les niveaux escomptables de pollution résiduelle. De plus, l'utilisation de la subvention comme incitation au contrôle peut s'avérer moins performante qu'une taxe à la pollution, l'intérêt des agents économiques et des intervenants régionaux étant davantage tourné vers l'importation de bénéfices pécuniaires en région que vers la réduction de dommages au cours d'eaux. En faussant ainsi l'action des forces du marché dans le calcul des agents économiques conduisant à l'organisation des productions, l'approche pourrait ainsi s'avérer non-pareto admissible, c'est à dire incapable d'optimiser les productions agricoles en minimisant leurs externalités.

Est-ce que les pratiques actuelles de contrôle de la pollution agricole s'avéreront efficaces, c'est à dire pourront-elles optimalement

³ Dans le texte, en regard des exploitations agricoles, on référera aux facteurs sociaux, économiques et techniques responsables de la production des substances polluantes par l'expression les "facteurs polluo­gènes".

en arriver à réduire les pollutions résiduelles à des niveaux acceptables⁴ par la population?

Pour répondre à cette question, comme point de départ de ce rapport de recherche, on se propose d'esquisser les grands traits de la théorie du contrôle de la pollution agricole, notamment en regard des pollutions résiduelles. D'une part, on y fera ressortir les éléments de convergence et de complémentarité entre le fonctionnement du marché politique et du marché économique dans l'établissement des niveaux de contrôle et dans la répartition des charges en résultant. D'autre part, on mettra en relief les difficultés économiques et politiques d'établir la valeur des dommages et le niveau d'efficacité technique des stratégies de contrôle, l'un et l'autre étant nécessaires en théorie pour choisir la solution de contrôle la plus efficace (i.e. produisant un maximum de résultat) et de moindres coûts sociaux. Ceci permettra d'établir des conditions d'efficacité et de juger "ex ante" de l'efficacité de la politique.

⁴ L'acceptabilité d'un niveau de pollution est établie par le marché politique. Le niveau de pollution que l'on jugera acceptable sera celui qui correspond au niveau de pollution résiduelle n'entraînant plus d'attitudes ou de stratégies défensives de la part de la population. Ce niveau acceptable de pollution résiduelle est proposé sur le marché politique par voie législative ou réglementaire et donne naissance à des normes de rejets et d'utilisation, ainsi qu'à des standards de qualité.

1. Théorie du contrôle de la pollution agricole

La pollution agricole peut être définie comme la production de dommages sociaux résultant du comportement maximisateur d'intérêts des exploitants économiques agricoles dans le cours normal de leurs opérations de production. Ce comportement maximisateur d'intérêts se traduit au niveau de l'exploitant agricole par des choix résultant d'un calcul rationnel des coûts et des revenus rattachés à ses productions pour en maximiser les bénéfices ou encore, par une stratégie économique de minimisation des coûts de production, ceci lui permettant le maintien de sa compétitivité sur les marchés ou lui assurant la maximisation de sa productivité. À l'occasion, s'il se sent moralement ou légalement légitime de le faire, l'exploitant agricole choisira de transférer une partie de ses coûts à d'autres. En effet, outre les négociations sur les marchés permettant de minimiser le coût des facteurs de production, les plus évidentes stratégies pour minimiser les coûts de production sont de minimiser les coûts de gestion des opérations non rentables, de réutiliser les déchets comme substitut à certains facteurs de production et de se débarrasser des surplus avec un minimum de frais.

En l'absence de contrôles adéquats, l'exploitant agricole sera incité à transférer ses coûts de gestion des opérations non rentables (telle la manutention des fumiers) et à se débarrasser à moindres coûts de ses surplus. Ce faisant, il contribue à créer des dommages importants à la ressource eau. L'exploitant agricole ainsi avantagé dans sa production poursuit ce type de pratique jusqu'au moment où le revenu marginal qu'il en retire devient inférieur au coût marginal qu'il doit y consentir (dans la mesure où il lui est possible d'évaluer ce coût marginal), ou jusqu'à ce que la pression sociale l'amène à juger qu'il est plus avantageux de cesser cette pratique, ou encore, jusqu'à ce qu'un interdit formel vienne l'obliger à réajuster sa fonction d'utilité.

De là, on déduit que le problème à résoudre dans le contrôle de la pollution est, par l'intermédiaire d'un mode de régie, de donner une

valeur à l'eau en tant que ressource collective et de faire en sorte que les rapports entre acteurs socio-économiques en tiennent compte.

Répartition des coûts des contrôles

L'objectif implicite d'une politique de contrôle de la pollution de l'eau serait donc de régir les comportements pollueurs et les rapports sociaux en regard des dommages causés à la ressource eau. Cette régie nécessite la création de programmes de contrôle qui, tout en réduisant les dommages sociaux, engendrent des coûts publics (conception, application et surveillance des programmes) et des coûts privés (conception, mise en place et exploitation des technologies de contrôle), ces derniers incluant les coûts de transaction publics et privés.

Comment répartir les coûts sociaux occasionnés par ces programmes?

Dans le passé, l'absence de règles interdisant la création de dommages aux ressources collectives a favorisé les modes de production porteurs d'externalités négatives au détriment de modes de production sans externalités, ces derniers entraînant des coûts de production plus élevés et moins compétitifs. L'absence d'intervention gouvernementale pour corriger cet échec de marché a creusé l'écart entre le coût privé et le coût social des productions. Et, comme on le sait (Turvey, 1963), cet écart entre le coût privé et le coût social éloigne l'organisation sociale d'un optimal de bien-être: certains individus (les pollués) ont vu progressivement leur bien-être réduit au profit d'autres individus (les pollueurs), alors que les prix des produits sur le marché, en ne reflétant pas leur valeur réelle, ont engendré une allocation sous optimale des ressources à la production et à la consommation. La réduction des divergences entre le coût privé des productions et leurs coûts sociaux entraînerait, en principe, un rapprochement de l'optimum social correspondant à la plus grande efficacité économique⁵ (Davis et

⁵ Il existe, pour chaque niveau de production de biens privés et publics, une distribution optimale des modes de production de biens privés et d'affectation des ressources collectives, produisant un maximum de bien-être collectif par production de

Kamien, 1972; Baumol, 1972). Ceci peut être obtenu par une taxe pigouvienne⁶ ou tout autre instrument équivalent, capable d'optimiser les coûts marginaux des contrôles en regard de la minimisation des pollutions résiduelles.

Cependant, certaines activités économiques dont on souhaite réduire les externalités négatives peuvent engendrer des bénéfices sociaux (pécuniaires ou non pécuniaires) plus grands que les bénéfices privés. C'est le cas des productions agricoles destinées au marché intérieur: elles rendent ce dernier moins sensible aux fluctuations des marchés externes et des taux de change tout en réduisant les risques de conflits internes pouvant provenir des difficultés d'approvisionnement en aliments de base, de même qu'elles peuvent indirectement contribuer à une certaine indépendance dans la formulation des politiques intérieures. Ce "surplus d'apports collectif" est implicitement reconnu par les subventions importantes dont jouit le secteur des productions agro-alimentaires. Dans un tel cas, une subvention pigouvienne à la production peut s'avérer capable de redresser les écarts entre les bénéfices sociaux et les bénéfices privés, pouvant ainsi engendrer un déplacement de l'équilibre vers l'optimum de Pareto.

Rien ne s'oppose en principe à ce qu'une subvention à la production justifiée sur la base du surplus d'apport et de l'équité vienne compenser partiellement pour les coûts supplémentaires imposés aux producteurs agricoles par la politique de contrôle de la pollution.

Sur cette base, la répartition des coûts des programmes de contrôle de la pollution agricole peut se réaliser à l'aide de deux

bien-être pour chaque individu de la collectivité, distribution qu'il n'est plus possible de changer sans avantager un individu au détriment du bien-être d'un autre individu (Baumol et Oates, 1988; Herber, 1975; Dorfman et Dorfman, 1972).

⁶ La taxe (la subvention) pigouvienne est généralement comprise comme étant une taxe (une subvention) permettant de minimiser l'écart entre le coût privé et le coût social d'une activité économique, étant entendu que le niveau de taxe (de subvention) applicable à une activité économique productrice d'externalités est égal au dommage (bénéfice) marginal que cette dernière créerait si elle était ajusté à son niveau optimal (Baumol, 1972; Baumol et Oates, 1988).

règles fort simples, mais d'application difficile: celle du "pollueur-bénéficiaire-payeur" et celle des "pollués-bénéficiaires-payeurs"⁷.

On s'entend maintenant presque universellement pour interpréter la règle de répartition du "pollueur-(bénéficiaire)-payeur", règle à laquelle on réfère habituellement par l'expression le "principe pollueur-payeur" (ou "PPP"), comme signifiant l'internalisation à la fonction d'utilité du pollueur de la majorité ou de la totalité des dommages qu'il cause illégalement à l'environnement, et amenant les coûts de production des biens et services à refléter correctement le coût de l'ensemble des facteurs (y compris les facteurs considérés traditionnellement comme externes) intervenant dans les productions.⁸ Cette internalisation est réalisée plus ou moins parfaitement soit par un interdit de rejeter des substances polluantes dans le milieu et l'obligation de prendre en charge les coûts résultant de cet interdit et, le cas échéant, des coûts de la restauration des dommages dont il est responsable, soit par le biais d'une taxe pigouvienne, soit encore par l'acquisition de droits de pollution ou toutes autres méthodes

⁷ Certains auteurs emploient l'expression "pollueur-bénéficiaire-payeur" en se référant au principe du "bénéficiaire-payeur", c'est à dire celui qui tire le bénéfice de la consommation de la ressource et des dommages qu'il crée ce faisant sera celui qui doit en payer la restauration. Cependant, dans le cas de la pollution de l'eau, il y a deux groupes susceptibles d'être bénéficiaires: 1) ceux qui polluent et 2) ceux qui tirent un bénéfice de la qualité de l'eau. Dans le cas où les pollueurs ont utilisé un droit de polluer leur ayant été conféré par les pratiques juridico-administratives, et qu'on leur retire ce droit, les bénéficiaires seront ceux qui tireront des bénéfices de l'amélioration de la qualité de l'eau. Dans le cas où ce droit n'existe pas, ce sont les pollueurs qui tirent un bénéfice de la dégradation de la qualité de l'eau et qui doivent en assumer la totalité des coûts. D'autres supportent le principe que sont ceux qui ont la capacité de payer et qui sont plus riches que le pollueur qui devraient le faire: par exemple, si les utilisateurs en aval sont plus riches que le pollueur, il devrait en supporter le coût sous la forme d'une qualité d'eau réduite. (Johnson et Brown, 1976).

⁸ La règle du pollueur-payeur, du stricte point de vue de l'économie néo-classique, en tant que principe d'internalisation des coûts, peut à juste titre être considérée comme un principe d'efficacité économique. Ce principe d'efficacité n'est toutefois pas le seul principe d'allocation des coûts (par exemple, le principe d'équité): il signifie davantage que les coûts des externalités doivent être pris en compte au niveau du pollueur et à ce titre, il serait plus justement appelé le principe "pollueur-premier-payeur". Voilà pourquoi nous préférons référer au principe du pollueur payeur par l'expression "règle de répartition pollueur-payeur", favorisant ainsi la synthèse d'un système de règles de répartition équitable, et parfois dictés par des impératifs sociaux incontournables.

entraînant un effet similaire en regard des dommages sociaux dont il est responsable.

Quoiqu'il existe plusieurs critiques sur l'efficacité de la taxe pigouvienne dans le contrôle des externalités, notamment sur sa prétendue supériorité théorique à l'approche par subvention (Coase, 1960; Turvey, 1963), dans le cas général, il semble bien que la subvention ne pourrait pas efficacement se substituer à un ensemble optimisé de taxes (Baumol; 1972; Baumol et Oates; 1988). En pratique, cependant, la mise en forme d'un ensemble optimisé de taxes pigouviennes peut se révéler impossible. Dans un tel cadre, et c'est celui qui se présente aux agences de contrôle, l'argument de la supériorité de l'ensemble optimisé de taxes ne tient plus.

C'est probablement la valeur des fondements économiques du principe d'efficacité "pollueur-payeur", doublé des pressions sociales sur les gouvernements pour entreprendre la chasse aux pollueurs, qui ont entraîné de nombreuses mésestimations sur l'application du principe d'efficacité comme unique règle d'assise pour la répartition des coûts. À ce sujet, citons les travaux de Barde et Gerelli (1977) sur l'économie et les politiques d'environnement:

"En conclusion de ce qui précède, on peut dénoncer ici quelques erreurs et lieux communs qui ont la vie dure.

1) *Le PPP n'est pas un principe de responsabilité civile*: nous avons vu que l'identification du responsable ne constitue nullement le point central d'une politique de l'environnement. C'est au pouvoir public de déterminer le niveau d'intervention le plus efficace.

2) *Le PPP n'implique pas nécessairement la prise en charge des coûts par le pollueur*: on devrait parler en fait de "principe pollueur premier payeur.

3) *Le PPP n'est pas un principe d'optimisation* car il n'implique pas en soi une réduction de la pollution à un niveau optimal sans pour autant exclure cette possibilité.

4) *Le PPP n'est pas un principe d'internalisation totale.* Le pollueur ne doit internaliser que les coûts nécessaires à la mise en oeuvre des politiques décidées par les pouvoirs publics.

5) *Le PPP ne consiste pas exclusivement en une taxation des pollueurs.* Nombreux sont ceux qui croient que le PPP est une méthode de contrôle de la pollution au moyen de redevances de pollution. Le PPP peut être mis en oeuvre par une variété d'instruments et ne préjuge en soit d'aucune méthode particulière.

6) *Le PPP n'est pas un principe général d'internalisation des coûts d'environnement.* Les coûts d'environnement peuvent être internalisés au moyen de subventions forfaitaires ou de primes versées aux pollueurs, au prorata de la pollution retenue. [Certains] économistes pensent que de telles pratiques sont conformes au PPP en se référant aux coûts d'opportunité du pollueur, ...: en l'absence de subventions, le coût d'opportunité est égal au montant de subvention auquel le pollueur renonce pour chaque unité de pollution qu'il rejette dans l'environnement. À la marge, ces coûts sont identiques au point d'égalisation des coûts marginaux et des taux des redevances ou primes.

... Le PPP ne fait pas référence au coût d'opportunité et n'est en aucune manière conforme à l'octroi d'aides aux pollueurs quelles qu'en soit les modalités" (pages 142 et 143).

De plus, il est possible de déterminer des conditions dans lesquelles la réduction d'une externalité par une contribution directe de ceux qui la subisse s'avère Pareto-admissible. En effet, dans les cas où les pollueurs disposeraient de certains droits ("acquis") de pollution, on peut penser qu'il existe des situations où les pollués pourraient souhaiter se regrouper et négocier avec les pollueurs une

contribution visant la réduction des dommages qu'ils leur causent (Buchanan, 1969). Ceci serait d'autant plus vrai pour les exploitations agricoles produisant un surplus d'apport collectif.

C'est dans cette perspective que s'inscrit la règle de répartition que nous appelons ici la règle des "pollués-(bénéficiaires)-payeurs" et dont la rationalité mérite d'être approfondie pour le contrôle de la pollution agricole. En l'absence de congestion en regard des dommages causés aux individus par la pollution, c'est à dire que la perte de l'usage d'un pollué ne diminue en rien la perte de l'usage pour un autre pollué (c'est le cas de la pollution de l'eau sur un bassin), la déséconomie devient collective. Elle entraîne des difficultés majeures sinon une impossibilité de résoudre directement, de gré-à-gré ou par les tribunaux, les litiges entre les pollueurs et les pollués. La solution des problèmes de déséconomies collectives aboutit ainsi le plus souvent à la mise en place d'arrangements institutionnels responsabilisant les parties concernées par les litiges. Dans ce cas, le législateur introduit dans ces arrangements les règles de comportement qu'il juge les plus équitables et efficaces dans la solution des litiges. Les pollués renoncent ainsi à leurs recours vis-à-vis des pollueurs, mais obtiennent en retour la garantie qu'un agent intermédiaire sera doté du pouvoir de réduire les dommages qu'ils subissent.

À partir du moment où la collectivité se dote d'un droit interdisant le rejet de substances polluantes dans le milieu, le pollueur se retrouve en situation d'illégalité et en principe, il est responsable des coûts des dommages qu'il cause au milieu: dans ce cas, et dans le contexte exposé ci-haut, la règle du "pollueur-payeur" s'applique. Cependant, avant que cet interdit ne viennent imposer un nouveau comportement économique au pollueur, ce dernier utilisait légitimement l'environnement pour réduire ses coûts de production. Le choix des sites d'implantation de ses activités polluantes faisait d'ailleurs partie intégrante de son calcul économique, l'environnement devenant un avantage dans la compétitivité de l'exploitant économique. Le problème qui se pose ici est semblable à celui de la responsabilité en regard du coût social formulé par Coase (1960) et discuté sous divers

aspects par des auteurs tels Turvey (1963), Baumol (1972) ou Sproule-Jones et Richards (1984): est-ce que le pollueur doit être autorisé à créer un dommage aux pollués en les forçant à tolérer les pollutions ou à payer pour les réduire, ou encore, est-ce que les pollués doivent être autorisés à créer un dommage aux pollueurs en le forçant à restaurer ceux qu'ils ont engendrés ou à investir pour en réduire le niveau. Coase soutient qu'il est clairement préférable que l'intervention admissible pour corriger le litige soit celle par laquelle ce qui est gagné est plus grand que ce qui est perdu, indépendamment de la responsabilité dans le litige. Dans la suite de ce raisonnement, la réponse à la question précédente pourrait se formuler ainsi: il est préférable, dans le cas où les coûts de transaction sont nuls, de rechercher une solution négociée, pour laquelle 1) le coût social marginal de la réduction du dommage social créer par l'activité économique serait égal au bénéfice social marginal de la réduction des pollutions et 2) la contribution du pollueur serait établie sur la base de sa capacité de payer, celle-ci étant évaluée en regard du coût d'opportunité de ses dépenses d'investissement et d'exploitation pour réduire les externalités, alors que celle des pollués correspondrait à son consentement à payer, donc à la valeur d'usage qu'il attribue à la ressource restaurée. Dans le cas d'externalités collectives, on peut penser que le marché politique est en mesure d'arbitrer avec plus ou moins de précision ce partage des coûts entre pollueurs et pollués.

De leur côté, les pratiques européennes de contrôle ont mis en évidence que la subvention pouvait être considérée admissible sous la règle du "pollueur-payeur" aux conditions suivantes: 1) le secteur économique faisant l'objet de la politique de contrôle est en difficulté; 2) l'aide accordée est liée aux problèmes économiques spécifiques rencontrés dans la mise en oeuvre des programmes de protection de l'environnement tout en étant circonscrite à une période transitoire délimitée; 3) l'aide n'entraîne pas de distorsions dans les échanges et les investissements internationaux (OCDE, 1989).

Ainsi, en pratique, la règle des "pollués-payeurs" traduit la situation où il devient collectivement avantageux de subventionner un pollueur pour réduire sa pollution⁹.

Il est certain que l'application au cas des pollutions agricoles de la règle de répartition des coûts "pollués-payeurs" réduit l'efficacité du marché dans son pouvoir d'affectation, en ne permettant pas que s'établisse définitivement une vérité sur la valeur des biens produits, ou même en favorisant un coût de réduction de pollution artificiellement accru. Cependant, pour certains biens de grande utilité générale, dans les cas où la subvention engendre un bénéfice au moins équivalent à la taxation pigouvienne tout en produisant un rapprochement de l'optimum de bien-être en compensant pour le "surplus d'apport collectif", on peut juger qu'il est globalement plus efficace en termes de bien-être de maintenir artificiellement leur niveau de production ou leur prix à la consommation, d'autant plus qu'il s'agit là, vraisemblablement, d'une période transitoire entre un mode de production avec déséconomies externes et un autre plus efficace (voir à ce sujet Barde et Gerelli, 1977).

Voyons brièvement comment ces règles pourraient s'appliquer à la réduction des dommages collectifs résultant des pollutions d'origine agricole. Imaginons une situation où, sur un bassin, les pollutions résiduelles sont largement au dessus des niveaux acceptables pour les utilisateurs de la ressource, ces derniers exerçant de fortes pressions auprès des autorités gouvernementales pour les réduire à des niveaux beaucoup plus faibles. Posons aussi que les programmes de contrôle des pollutions urbaines et industrielles sont en bonne voie de réalisation

⁹ Baumol et Oates (1988) ont montré, dans le cas de deux nations, l'une pollutant l'autre, chacune ayant des droits souverains en matière de réglementation environnementale, que la règle du "pollueur-payeur" contribue peu en pratique à l'efficacité générale. Ils soutiennent que, dans ce cas, il n'est pas possible de compter sur le pays pollueur pour qu'il engage des coûts pour réduire ses pollutions sans que le pays en aval qui en bénéficierait y contribue de manière satisfaisante. Dans le cas d'une telle "impossibilité", plutôt que de subir sans recours des dommages, le pays qui est victime de la pollution et bénéficiaire de sa réduction, pourrait retirer des avantages de bien-être en contribuant au programme de contrôle du pays pollueur.

et que, dans ces deux cas, les technologies de contrôle sont déjà opérationnelles et les ressources déjà votées. Suivant la règle du "pollueur-payeur", dans le cas de dommages collectifs (plutôt que privés), il ne peut y avoir d'autres choix que les suivants (Coase, 1960; Baumol et Oates, 1988):

- 1) augmenter les contrôles sans dédommagement aux victimes et imposer aux agriculteurs les coûts sociaux leur étant rattachés, risquant ainsi de dépasser la capacité financière du marché des producteurs agricoles, réduisant ainsi leur productivité;

- 2) réduire les activités agricoles polluantes, privant ainsi les producteurs d'une partie de leurs revenus ou les amenant à envisager sans l'apprentissage requis d'autres formes de productions avec lesquels ils ne sont pas familiers, tout en incitant une hausse des prix à la consommation.

On voit qu'en s'imposant froidement une vérité sur la valeur des facteurs de production par l'application de la règle "pollueur-payeur", on peut se retrouver dans une situation qui, bien que préférable pour conférer au marché le pouvoir d'organiser efficacement les productions, peut s'avérer réduire le bien-être général obtenu des mécanismes de marché et de la production publique, par exemple: 1) en faisant augmenter rapidement les prix des denrées de base, ce qui diminuerait le pouvoir d'achat des consommateurs, 2) en réduisant les niveaux de production et la compétitivité des producteurs nationaux affectant ainsi les capacités d'autosuffisance, 3) en rendant difficile la réorganisation des productions pour les petits producteurs. En effet, rien ne dit qu'entre l'autosuffisance (la sécurité) alimentaire et la sécurité environnementale, le citoyen ne choisira pas l'autosuffisance alimentaire. Ainsi, la règle du "pollueur-payeur" peut, dans certains cas, s'avérer à elle seule incapable de produire une réorganisation efficace des productions. L'application dans ces cas de la règle de "pollués-(bénéficiaires)-payeurs" amène à envisager d'autres solutions, au moins temporairement plus efficaces en termes parétiens:

3) on peut, par divers moyens, persuader les victimes de tolérer temporairement des niveaux de pollution résiduelle plus élevés que souhaités, ce qui réduirait les exigences auprès des pollueurs et aboutirait à des conditions de marché artificiellement meilleures, tout en amenant progressivement les pollués à affecter une partie de leur revenu pour réduire les dommages résiduels;

4) ou l'on peut, à partir de revenus locaux et nationaux, subventionner les agriculteurs pour qu'ils réduisent leur production, augmentent les mesures de contrôle ou investissent dans de nouvelles productions moins polluantes, amenant ainsi les victimes des dommages à contribuer directement aux bénéfices qu'ils tireront des améliorations du milieu et du maintien, par exemple, de l'autosuffisance et de la qualité de l'approvisionnement alimentaire.

Niveau de contrôle et affectation des ressources

Comment établir le niveau de contrôle et le volume des ressources affectées au contrôle de la pollution?

Idéalement, on souhaiterait être capable d'en arriver rapidement à un "contrôle total" des rejets au milieu, c'est à dire d'en connaître la nature et d'en déterminer les cheminements et les accumulations dans le temps et dans l'espace, de façon à compenser pour toutes les externalités négatives, ou mieux encore, de favoriser l'apparition d'activités de production sans externalités négatives auxquelles on réfère maintenant par l'expression "activités à rejet zéro". Ceci est peut-être possible pour certaines sources de pollution industrielles ponctuelles, pour lesquelles on contrôle finement l'ensemble des procédés susceptibles de produire des résidus. Mais ce contrôle fin des procédés est irréaliste dans le cas des productions agricoles, et ce pour plusieurs raisons: en effet, 1) les productions et leurs

externalités sont déterminées par des facteurs sociaux, économiques, politiques, bio-géographiques et climatiques sur lesquels les exploitants économiques ne possèdent qu'un contrôle limité; 2) les exploitants économiques, qui sont nombreux et de petites dimensions, utilisent des technologies spécifiques aux types de production, souvent variables d'une région à l'autre; 3) ils doivent subir des contraintes de marché très difficiles; 4) et finalement, les problèmes de pollution engendrés par les exploitations agricoles sont multiformes et souvent concomitants (contamination de divers milieux - atmosphère, eaux de surfaces, eaux souterraines et sols - par les substances toxiques, par les bactéries, champignons et virus, par des charges organiques élevées, et par des particules organo-métalliques) en plus d'être polymorphes (diversité écologique et bio-géographique des lieux pollués) dans la façon dont ils se comparent d'un producteur à l'autre. Cette complexité interne aux productions agricoles limite considérablement la capacité de contrôle des effets externes et force l'acceptation d'un dommage résiduel à l'environnement pouvant être relativement élevé par rapport aux autres sources de production de polluants, les coûts sociaux du contrôle "total" (incluant la perte de bénéfices sociaux résultants des transformations des productions agricoles) risquant de largement dépasser les bénéfices escomptables de la récupération complète et universelle des usages de l'eau.

En pratique, l'établissement du volume des ressources au contrôle de la pollution repose plutôt sur la règle de l'équilibre entre les coûts et les bénéfices sociaux. On ne voudrait pas, en effet, affecter des ressources collectives et privées à des fonctions qui sont réductrices du bien-être général. Pour cela, il faut que les bénéfices escomptables des programmes de dépollution soit au moins du même ordre de grandeur que les coûts publics et privés qu'ils engendrent.

La façon admise de conceptualiser le problème du contrôle de la pollution sur un bassin est représentée à la **Figure 1**. Règle générale, on considère que le coût social marginal de dépollution (i.e. le coût de l'unité supplémentaire de pollution enlevée) s'élève avec le niveau de dépollution suivant une courbe asymptotique et tend vers

Coûts et bénéfices de la dépollution

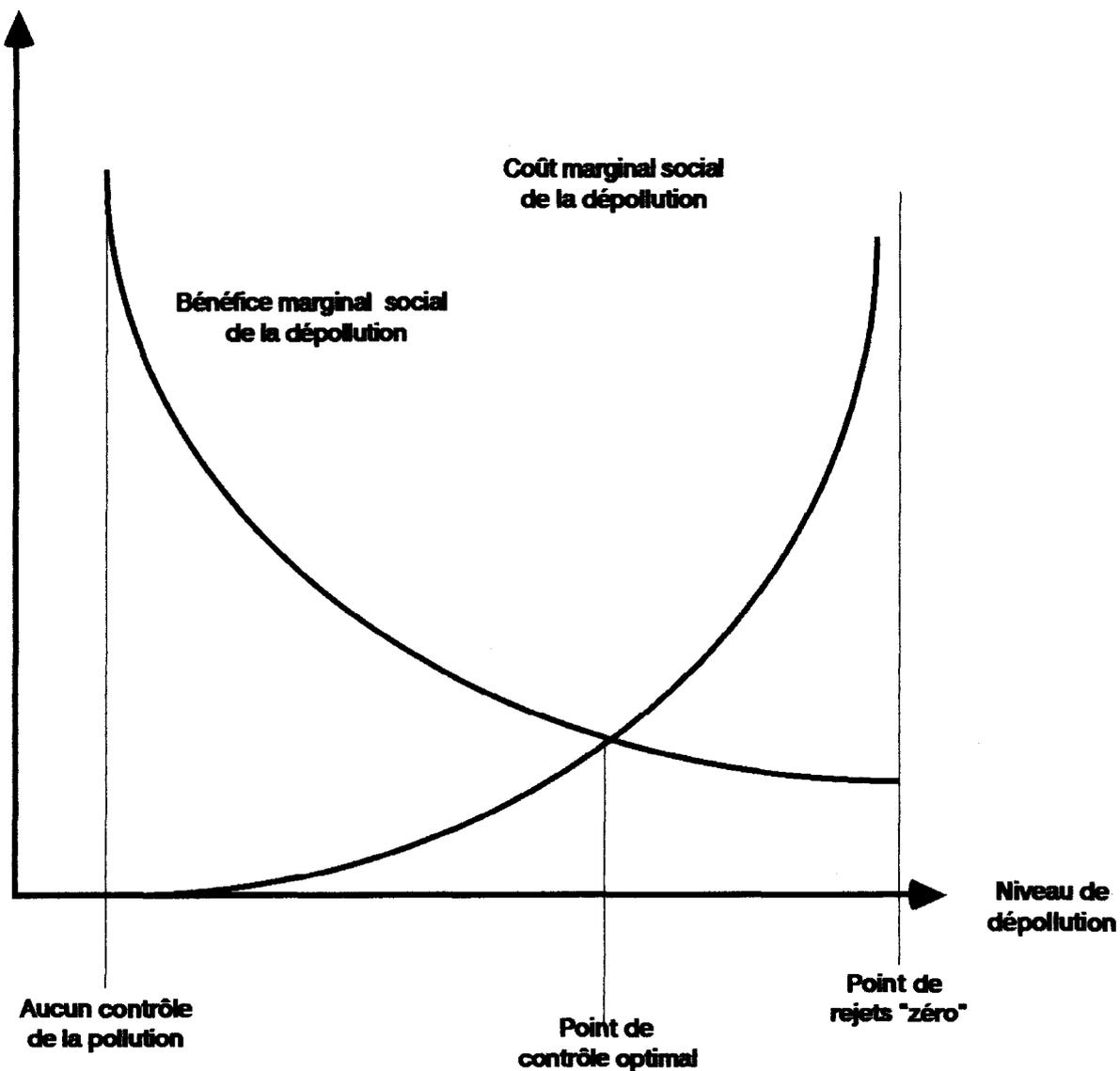


Figure 1. Représentation classique du point de contrôle optimal de la pollution en regard des coûts et bénéfices sociaux marginaux. Le point de contrôle optimal se situe au point de rencontre des courbes représentant le coût marginal et le bénéfice marginal de la dépollution. Ici, l'augmentation des coûts marginaux est volontairement exagérée pour mettre en évidence la complexité intrinsèque du contrôle de la pollution agricole et le peu d'espoir que l'on puisse rapidement, pour des considérations économiques et politiques, se déplacer vers le point de rejet "zéro".

l'infini au point de rejet zéro, alors que le bénéfice social marginal correspondant à l'unité supplémentaire de dépollution diminue asymptotiquement vers zéro avec l'augmentation du niveau de dépollution. Dans la conception des programmes de contrôle de la pollution, on juge se déplacer vers l'optimum dans la mesure où les coûts sociaux que l'on consentira au contrôle se rapprochent des bénéfices sociaux qui résulteront de la réduction des dommages occasionnés par la pollution. On dira que le programme de contrôle contribue de façon maximale à l'efficacité générale au point d'équilibre où le coût social marginal est égal au bénéfice social marginal.

Corollairement, le coût social de l'efficacité des programmes de dépollution croît avec le niveau d'efficacité (quantité de pollution enlevée sur un bassin par rapport à la quantité de pollution totale produite) auquel on désire opérer. La **Figure 2** esquisse hypothétiquement, pour un bassin, la croissance des coûts sociaux en regard de l'augmentation de l'efficacité des contrôles de la pollution pour les programmes de contrôle des pollutions urbaines et industrielles auxquels sont juxtaposés les coûts résultant de l'augmentation de l'efficacité du contrôle de la pollution d'origine agricole. Dans la phase de démarrage, on peut penser que le coût croît rapidement pour atteindre un premier domaine d'efficacité, cette rapide augmentation des coûts résultant des investissements de base pour les équipements de dépollution, de la mobilisation des effectifs d'opération et d'entretien et de la constitution d'un inventaire de produits entrant dans l'opération et l'entretien et de pièces de rechange pour les équipements. Par la suite, l'augmentation des coûts en regard de l'augmentation de l'efficacité devient beaucoup plus faible que dans la période de démarrage.

Ce faux "plateau de coûts" correspond au domaine opérationnel dans lequel, à moyen et à long terme, l'efficacité des contrôles augmentent, en conservant faible le coût marginal de dépollution: en effet, les programmes de surveillance, de suivi, d'information et d'apprentissage qui résultent des politiques de contrôle permettront, en travaillant à la marge, à partir des ressources déjà constituées, d'en arriver à une

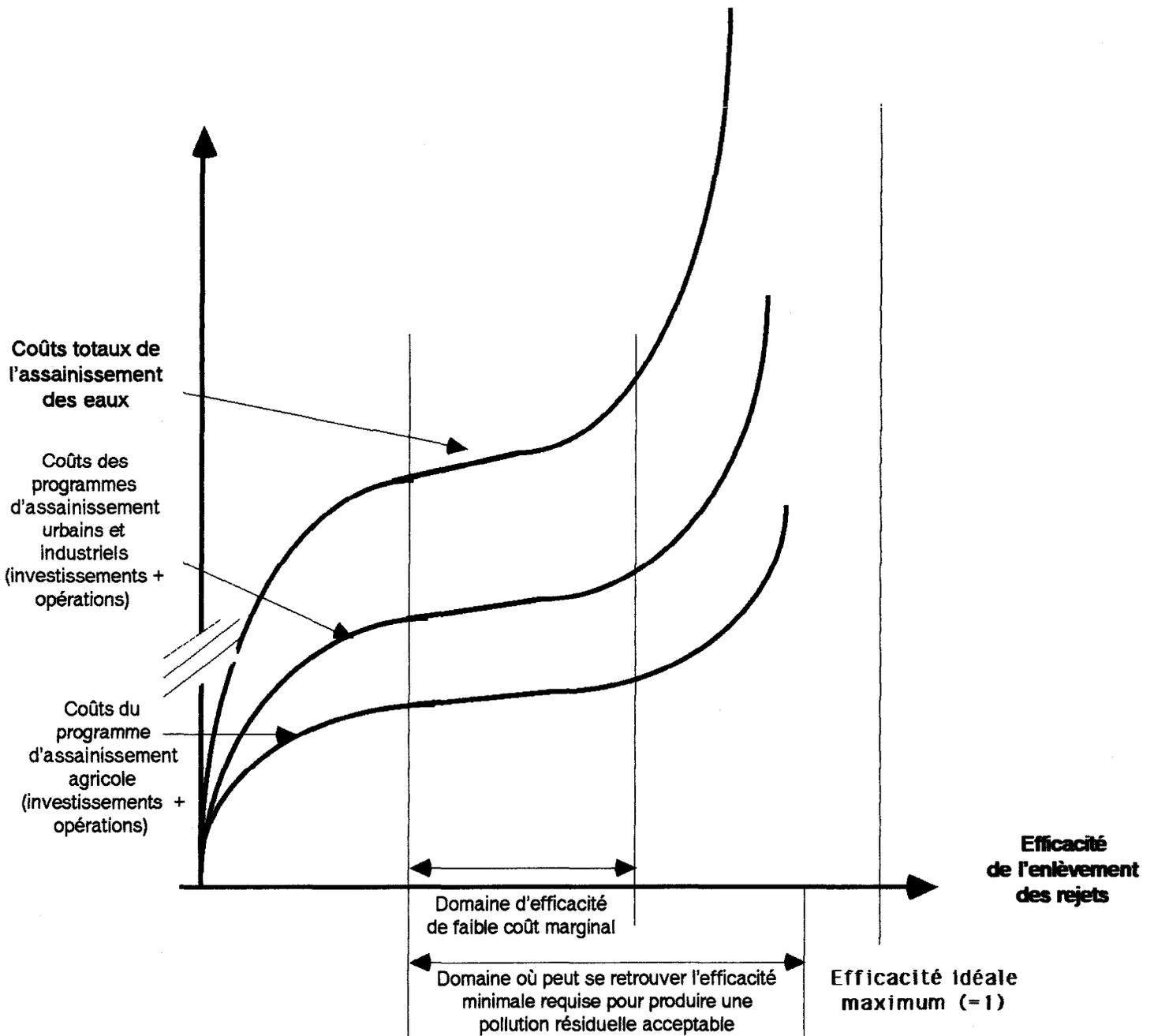


Figure 2. Représentation hypothétique des coûts d'opération et d'investissements (capital et intérêts) en regard de l'efficacité technique de l'enlèvement des substances polluantes pour les programmes d'assainissement industriels et urbains additionnés des coûts du programme d'assainissement agricole. Ces courbes sont volontairement exagérées pour faire ressortir qu'il existe théoriquement un domaine où le coût marginal de l'efficacité de la réduction des charges polluantes croît lentement, par rapport à un domaine où il croît rapidement, ceci étant conforme à la loi des rendements décroissant stipulant que plus on se rapproche de l'efficacité idéale (=1), plus le coût marginal de s'en rapprocher est élevé.

meilleure organisation des systèmes de production, de contrôle et d'enlèvement des substances polluantes¹⁰. Il arrive cependant un moment où il n'est plus possible de faire augmenter l'efficacité des programmes sans de nouveaux apports en capitaux et en ressources. Ceci, avec les difficultés socio-techniques de se rapprocher du contrôle total des substances polluantes, engendrent une augmentation rapide des coûts marginaux de la dépollution, rendant les réductions subséquentes de pollution plus coûteuses que les bénéfices qu'elles pourraient en pratique engendrer.

Il est difficile de déterminer le niveau de contrôle qu'il faudrait idéalement atteindre pour se rapprocher de l'optimum de Pareto et ainsi du niveau des ressources qu'il faudrait affecter à la dépollution sans la création d'un marché artificiel de droits d'usage de la ressource (par exemple, les droits de pollution)¹¹. Cette approche n'est cependant pas très populaire auprès des instances décisionnelles, pour plusieurs raisons bureaucratiques et politiques, allant de l'incertitude rattachée à l'opération d'un tel instrument de contrôle à la quasi-insurmontable difficulté politique de justifier auprès de l'électeur l'autorisation contre paiement d'activités jugées délinquantes. La détermination des niveaux de contrôle et, réciproquement, des niveaux de ressources devant être affectées au contrôle fait donc appel à une autre rationalité.

¹⁰ Notons ici que l'apprentissage des agents responsables du contrôle ainsi que celui des exploitants économiques et de leurs fournisseurs de biens et de services peuvent s'échelonner sur une longue période (par exemple de 5 à 15 ans) et qu'ainsi, les gains en efficacité en résultant se feront graduellement dans le temps. La politique de contrôle doit prévoir optimiser cette dynamique intrinsèque pour minimiser les coûts marginaux des gains en efficacité.

¹¹ Il est paradoxalement facile en pratique d'imaginer un système de contrôle qui établissent, pour chaque bassin, un équilibre optimal entre les coûts sociaux et les bénéfices sociaux. C'est Dales (1968) qui a été le premier à proposer un système de contrôle de la pollution de l'eau (applicable aussi, sous certaines conditions, à la pollution atmosphérique) basé sur l'échange sur le marché de droits de propriété en regard de l'usage des ressources environnementales. Ce marché de droits d'usage serait ouvert à tous les utilisateurs, y compris la population, et régirait de façon à rapidement faire apparaître un prix correspondant à la valeur véritablement attribuée aux biens d'environnement par les consommateurs, que ce soit les individus ou les institutions. Ce marché de "droits de pollution" aurait ainsi le pouvoir d'établir une vérité sur la valeur des usages et le niveau de pollution résiduelle permettant le plus grand rapprochement de l'optimum de bien-être.

C'est le *marché politique* qui se voit attribuer le rôle d'établir un *niveau de pollution résiduelle acceptable*. Ainsi, le niveau de pollution résiduelle acceptable est établi suivant une démarche complexe à l'issue de laquelle les autorités politiques décident de temps à autres d'affecter un certain volume de ressources à la réalisation des divers programmes de contrôle de la pollution, étant entendu que ces programmes devraient réduire les charges polluantes jusqu'à un niveau prédéterminé. Puisque nous sommes en *marché politique*, il convient d'établir que la récupération des usages de la ressource est le résultat escompté des programmes de contrôle de la pollution, et que cette récupération constitue le *bénéfice social* pouvant (et devant) être produit par ces programmes.

Or, en l'absence d'instruments de contrôle intégrés aux mécanismes de marché, vu le fonctionnement du *marché politique*, il semble bien qu'il faille accepter une certaine *inefficacité allocative intrinsèque*, principalement à cause des difficultés d'établir avec précision les niveaux des pollutions résiduelles acceptables. En effet, la récupération de plusieurs usages peut se satisfaire d'une plage de variation considérable de la qualité de l'eau; la baignade ou les prises d'eau potable, par exemple, peuvent sous certaines conditions être permises malgré un certain niveau de contamination bactériologique d'origine agricole. Selon les facteurs de politisation des enjeux environnementaux en présence, il est possible que le *marché politique* sur-réagisse ou sous-réagisse aux difficultés de récupération des usages, engendrant ainsi une affectation sous-optimale des ressources.

Dans le cas d'une sur-réaction du *marché politique*, c'est à dire dans le cas où les niveaux de pollution résiduelle perçus comme tolérables par la population sont faibles et que la population est organisée pour promouvoir son intolérance, on peut penser que les efforts de contrôle risqueront de s'intensifier considérablement. Or, le coût social marginal de ces efforts de contrôle supplémentaires risque d'être sensiblement plus grand que le *bénéfice social marginal* correspondant.

Dans le cas d'une sous-réaction du marché politique, c'est à dire dans le cas où, sur un bassin par exemple, les pollueurs sont organisés pour promouvoir leurs intérêts et qu'ils sont particulièrement hostiles aux programmes de contrôle envisagés par les autorités, alors que la population est plus ou moins préoccupée par les niveaux de pollution résiduelle, on peut s'attendre initialement à des efforts de contrôle sensiblement moins élevés. Toutefois, en favorisant l'établissement de zones de tolérance ou "des paradis de pollution", cette sous-réaction initiale du marché politique à la détermination des niveaux de pollution résiduelle risque d'aboutir à la création de foyers de conflits entre le contrôleur, les pollués et les pollueurs. Sous la pression des groupes d'intérêts supra-régionaux, ces conflits peuvent entraîner une réaction défensive des pollués, rendant difficile l'application de mesures de contrôle où les coûts seraient équilibrés aux bénéfices.

Ce raisonnement met en évidence qu'en bon fonctionnement, le marché politique aura tendance à surévaluer les niveaux de pollution résiduelle¹² à atteindre, ou du moins à sous-estimer les délais qu'il faudrait consentir pour les atteindre. Sachant cela, et tenue à l'efficacité, l'agence de contrôle doit non seulement minimiser les coûts sociaux marginaux des programmes de contrôle de façon à maximiser les résultats à l'intérieur d'une enveloppe de coût donnée, mais doit aussi voir à ce que s'organise la récupération des usages de façon à maximiser les bénéfices sociaux résultant de ces programmes.

Enlèvement des polluants ou réorganisation de la production?

Étant donné que l'on se situe en marché politique, on peut penser que le problème qui se pose au contrôleur de la pollution agricole est d'élaborer des programmes de contrôle qu'il espère capables de réduire les pollutions résiduelles à des niveaux acceptables dans son secteur

¹² La sur-réaction du marché politique s'apprécie, dans le contexte de l'article, par rapport aux comportements des groupes de pression et à l'orientation du vote en regard des pollutions résiduelles.

d'activité, d'en estimer les coûts et le bénéfices (privés et publics), et de les faire accepter par le gouvernement.

Une fois acceptés, ces programmes se voient pourvus de fonds. Ce sont ces ressources qui, pratiquement, détermineront les niveaux de pollution résiduelle. Manifestement, suivant ces hypothèses, une façon de concevoir le problème à résoudre pour le contrôle efficace de la pollution agricole sur un bassin, serait de trouver une solution qui, à un coût (social) déterminé, produit un niveau minimal de pollution résiduelle, ceci, bien entendu, en faisant en sortes que la solution générale de contrôle choisie se répercute le moins possible sur la productivité de l'exploitant économique.

Il est entendu que chaque exploitation agricole peut réduire les pollutions résiduelles en augmentant l'efficacité des méthodes d'enlèvement des polluants et en réduisant la contribution à la pollution des fonctions de production. La minimisation effective des coûts marginaux est possible dans la mesure où sont connues les relations coûts-efficacité permettant d'optimiser le choix des stratégies de contrôle tant au niveau de l'agence, qu'à celui de l'exploitation agricole. Bien que ces relations ne soient pas connues de l'exploitant agricole et de l'agence de contrôle (voir Appendice 1 pour la formalisation des relations coûts (sociaux) - efficacité et celle du positionnement de l'exploitant agricole en regard des coûts privés de l'efficacité des pratiques de contrôle), posons que ces fonctions "coûts-efficacité" ont une allure semblable aux courbes apparaissant à la **Figure 3**. La distinction faite ici est qu'il en coûterait moins d'amorcer les réductions des pollutions en transformant légèrement la *fonction de production* du producteur agricole avant de s'attaquer aux *techniques d'enlèvement* des polluants qui nécessitent des investissements de base et engendrent des coûts d'exploitation. On doit noter ici que la représentation retenue sur cette figure 3 ne tient pas compte que les changements réalisés par l'exploitant agricole dans la façon dont il produit pourraient être capables d'augmenter sa productivité; en pratique, par exemple, on sait que la substitution des engrais chimiques par les engrais organiques produits à l'intérieur de

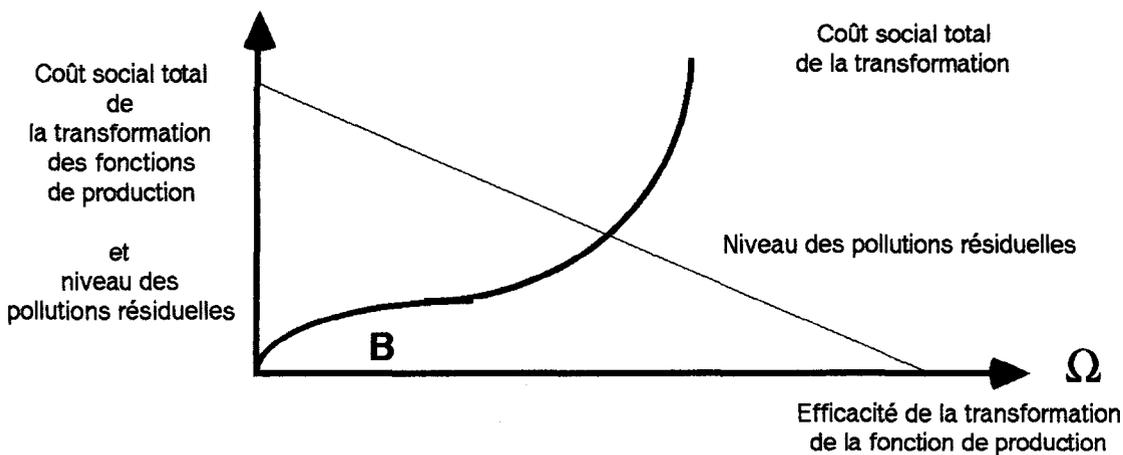
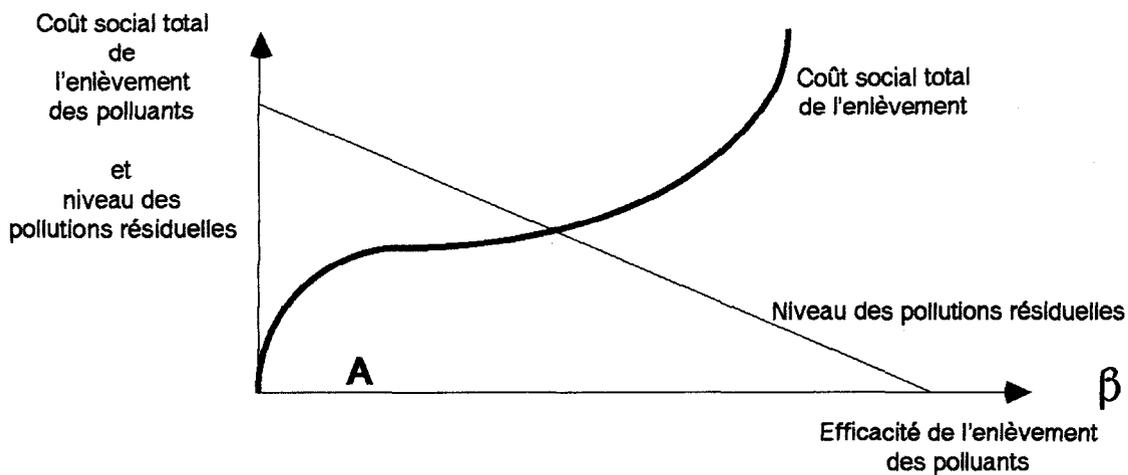


Figure 3. Représentation hypothétique du coût social de la réduction des pollutions et du niveau des pollutions résiduelles en regard A) de l'efficacité de l'enlèvement des polluants et B) de l'efficacité de la transformation de la fonction de production pour la réduction de la pollution. Cette représentation veut faire ressortir qu'il est plausible que le coût social marginal (net) de l'efficacité de la réduction des polluants soit plus faible, au moins jusqu'à un certain niveau, pour la transformation des fonctions de production que pour l'ajout de technique d'interception des polluants.

l'exploitation peut augmenter la productivité des facteurs, réduisant davantage le coût privé net de la réduction des charges polluantes. De même, on considère que les coûts attribuables aux pratiques d'enlèvement des charges polluantes (accumulation en réservoirs, enlèvement par lit végétal ou épandages) seront improductifs, dans le sens qu'ils contribueront à augmenter les coûts de production sans par ailleurs augmenter les rendements. La représentation de la figure 3 veut expliciter, comme on peut s'y attendre en pratique, tenant compte de la rationalité de l'exploitant économique, que toute réorganisation de la production au profit de la réduction des externalités engendre moins de coûts sociaux que l'ajout sans réorganisation de la fonction de production de techniques d'enlèvement des polluants, au moins jusqu'à un certain niveau de contrôle (voir Appendice 1 pour la formalisation de raisonnement).

Ceci entraîne que la politique de contrôle, pour parvenir à atteindre un niveau de pollution résiduelle minimal à l'intérieur d'un coût social donné, doit contenir des dispositions favorisant pour chaque exploitant l'optimisation de 1) la réduction des facteurs polluo-gènes avec 2) l'enlèvement des polluants.

La **Figure 4** est une illustration de la solution graphique de ce problème. Dans le choix d'affecter les ressources à l'une et l'autre des méthodes de contrôle destinées à minimiser les pollutions résiduelles, c'est à dire à l'enlèvement (ϵ) des polluants versus la réduction des facteurs polluo-gènes (Ω) par la transformation des pratiques, le contrôleur tentera de maintenir les coûts sociaux à l'intérieur d'une certaine zone prédéterminée. Il existe une infinité de solutions pour ϵ et Ω pouvant entrer dans cette zone de coûts sociaux, mais seulement une qui soit optimale. Ainsi, en exploitant simultanément l'enlèvement de polluants et la réduction des facteurs polluo-gènes, on arrive à produire une pollution résiduelle minimale, satisfaisant ainsi aux conditions d'efficacité imposées à la politique.

Est-ce que les pratiques de contrôle au Québec sont en mesure de maximiser la réduction de la pollution agricole à l'intérieur d'une

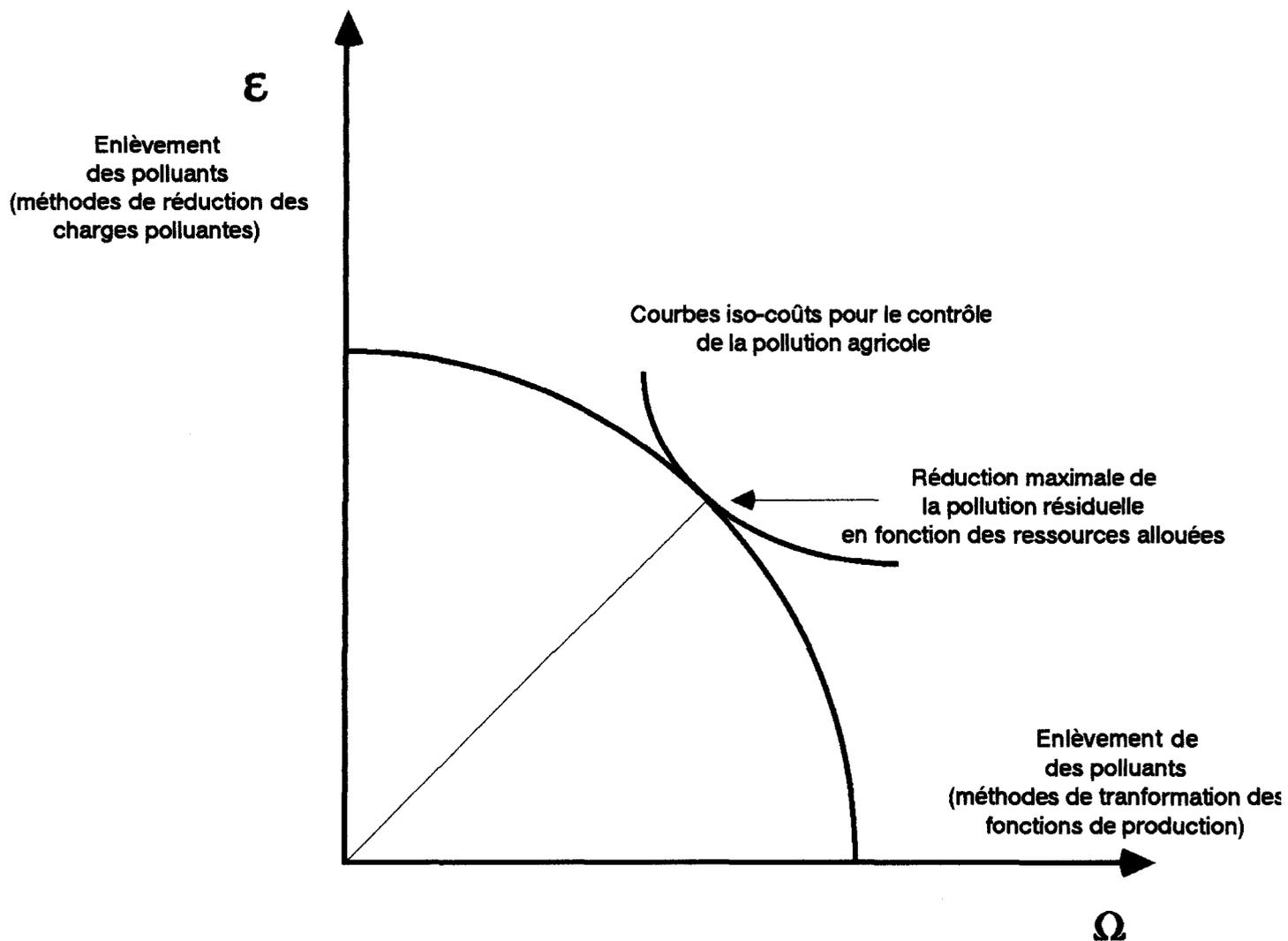


Figure 4. Optimisation de la réduction des charges polluantes provenant de la production laitière sur un bassin en regard des ressources consenties à chacune des méthodes de contrôle de la pollution. Il existe une infinité de solutions satisfaisant à la contrainte du coût. Mais il n'existe qu'une solution permettant la minimisation des pollutions résiduelles.

enveloppe de coûts sociaux déterminée par le marché politique, tout en maintenant sa capacité de réduire les pollutions résiduelles au rythme de l'augmentation des demandes sociales?

C'est ce que nous verrons au chapitre suivant...

2. Les conditions d'efficacité de la politique de contrôle

On a vu qu'en l'absence d'instruments de contrôle objectifs capables d'imposer une "vérité sur la valeur des dommages", c'est le marché politique qui devient déterminant dans l'établissement des niveaux de pollutions résiduelles et d'affectation des ressources au contrôle de la pollution. Cette situation entraîne une tendance à la sur-estimation des niveaux de contrôle à atteindre, avec l'apparition d'exigences de plus en plus grandes vis-à-vis de l'efficacité des mesures de réduction des déversements de polluants dans le milieu.

Bien que l'on ne connaisse pas a priori les solutions les plus efficaces, il est possible d'établir des conditions techniques devant être respectées dans l'application des programmes de contrôle, conditions qui permettront de se rapprocher d'une zone d'efficacité ou d'optimalité dans la répartition des ressources. Elles touchent principalement 1) la détermination des niveaux de contrôle et des ressources devant être affectées au contrôle et 2) l'application des règles du "pollueur-payeur" et des "pollués-payeurs" pour la répartition des coûts et des bénéfices.

Les conditions d'optimalité de la solution de contrôle

On a vu qu'il existe deux stratégies pouvant être retenues comme solution de contrôle: 1) l'enlèvement des polluants, i.e. la modification des taux de production des polluants par ajouts à la fonction de production de techniques d'interception et de disposition et 2) la réduction des niveaux de production des polluants, i.e. la réduction des taux de production par la modification de la fonction de production du producteur agricole de façon à produire moins de polluants tout en maintenant, voire en augmentant la productivité des facteurs.

Nous avons montré qu'il existe une *combinaison efficace de ces modes de contrôle*, c'est à dire une allocation permettant la réduction maximale des pollutions résiduelles à l'intérieur d'une zone de coûts

sociaux acceptables. Pour s'en assurer, la politique doit prévoir *optimiser les modes d'enlèvements de polluants et leur valorisation économique*. Ceci peut être assuré par *des dispositions* soutenant l'une et l'autre des stratégies qui laisseraient à *l'initiative du producteur et aux initiatives du marché le soin de satisfaire aux normes de contrôle* établies via le marché politique.

De plus, nous avons montré que la politique de contrôle doit *corriger pour la tendance à suréagir* du marché politique dans la détermination des niveaux de contrôle et dans l'affectation des ressources. Elle y parviendra en suivant une approche *minimisatrice des coûts sociaux* rattachés au programme de dépollution (tels les *effets indésirables* comme la dégradation des sols, la diminution de la productivité des exploitants agricoles, le déplacement de la pollution de l'eau vers la pollution de l'air, ...), et *maximisatrice des bénéfices sociaux* (la *récupération au moins sectorielle des usages* de la ressource, la substitution compétitive des engrais chimiques par les engrais organiques, etc..).

Par ailleurs, nous avons montré que dans le cas où les pollutions résiduelles sont élevées, les demandes de politiques se font plus pressantes et que l'arbitrage plus ou moins précis du marché politique est crucial pour établir la zone d'optimalité. Pour favoriser le fonctionnement du marché politique, la politique de contrôle doit de quelque manière *aménager les interactions entre le producteur agricole, ses fournisseurs de biens et de services, les pollués et les consommateurs*.

Nous avons argumenté qu'il existe une *dynamique d'apprentissage* qui résulte naturellement en des gains en efficacité. De plus, on a montré la nécessité de conserver pour l'avenir des possibilités d'ajustement des niveaux de contrôle face à de nouvelles demandes sociales pour réduire les niveaux de pollution résiduelle qui résulteront éventuellement de la diminution de la tolérance des pollués. Il s'agit ici d'optimiser le fonctionnement du marché politique dans l'ajustement des normes de contrôle aux développements des capacités économiques et techniques (savoir-. Suivant cette logique d'efficacité,

d'une part, les choix technologiques devraient se réaliser de façon à ce que les coûts sociaux marginaux de dépollution supplémentaire demeurent réalistes, équilibrés à l'environnement économique des productions agricoles et au développement des capacités techniques des exploitants économiques). D'autre part, la politique de contrôle devrait contenir des dispositions qui permettent le recours à des approches efficaces dans la valorisation économique des déchets agricoles de façon à permettre, au fil des progrès techniques, de réduire progressivement les pollutions résiduelles avec des gains équivalents de productivité (telle, par exemple, la dynamisation de techniques de compostage) ces réductions étant obtenues par calcul rationnel de l'exploitant économique.

Enfin, étant donné que les paramètres permettant d'affecter adéquatement les ressources ne sont pas connus a priori, pour que la politique soit "efficace", on peut poser que ses dispositions ne doivent pas nuire à la réorganisation des productions qui résultera de la nouvelle conjoncture (réorganisation des forces du marché dans le cadre du libre échange et du GATT, nouvelles politiques de gestion de l'offre et d'aide à la production pour l'exportation). La politique de contrôle doit ainsi s'appliquer dans le cadre d'un délai suffisant pour minimiser les coûts d'options à l'exploitant agricole et doit voir à ne pas imposer de coûts sociaux qui freineront les investissements productifs (par exemple, les coûts d'option résultant de l'implantation et de l'exploitation de structures permanentes mal adaptées empêchant le jeu des combinaisons optimales des facteurs de production, la substitution des facteurs ou la réorganisation de la production en regard du marché). Ceci à la condition bien entendu que ces investissements productifs contribuent ultérieurement à réduire les pollutions résiduelles; dans ce cadre, la politique doit être en mesure de contrôler les externalités pouvant résulter de toute réorganisation des productions.

Le jeu des règles du "pollueur-payeur" et des "pollués-payeurs"

Nous avons montré que l'approche pigouvienne à la correction des externalités s'avèrent la plus efficace, mais qu'en pratique, pour le contrôle de la pollution, sous certaines conditions, elle n'excluait pas formellement le recours concomitant à la subvention, notamment pour le secteur de l'agriculture.

Ainsi, on convient d'emblée de l'applicabilité de la règle du "pollueur-payeur" et de la règle des "pollués- (bénéficiaires)-payeurs".

Étant donné la supériorité de l'efficacité généralement admise de la règle du "pollueur-payeur"¹³, on doit en pratique s'interroger sur le niveau minimal acceptable de son application pour produire un déplacement vers l'efficacité. En fait, en l'absence d'une connaissance adéquate des relations coûts-efficacité (technique) de la politique de contrôle, il n'est pas possible d'établir la zone d'optimalité où les coûts sociaux égalent les bénéfices sociaux et, ainsi, la charge optimale à imposer à l'exploitant agricole; dans ces conditions, la charge minimale admissible nous apparaît celle qui 1) se refléterait sur les prix à la consommation (réorganisant au moins partiellement le marché en regard de la prise en compte de nouveaux coûts à la production) et 2) qui couvrirait la totalité des frais d'entretien et d'exploitation des technologies de contrôle (obéissant ainsi au principe pigouvien du redressement des externalités). La politique de contrôle contiendrait ainsi *des dispositions permettant qu'une partie significative des coûts de production reliés à la prise en charge des externalités se répercute sur le prix à la consommation, amenant le marché à refléter plus correctement les coûts de production dans le choix du consommateur et laisserait à la charge de l'exploitant au moins la totalité des frais d'exploitation et d'entretien.* De plus, pour s'assurer d'exclure les resquilleurs qui souhaiteraient augmenter

¹³ Baumol et Oates (1988) proposent à ce sujet: "The price-tax conditions necessary to sustain the Pareto optimality of a competitive market solution under the assumed convexity conditions are tantamount to the standard Pigouvian rules, with neither taxes imposed upon, nor compensation paid to, the victims of externalities (except possibly for lump-sum taxes or subsidies).

leur productivité au dépend des frais d'entretien et d'exploitation, la politique doit *favoriser la surveillance et l'application pénale de l'interdit de polluer.*

De son côté, la règle des "pollués-(bénéficiaires)-payeurs" correspond à la mise en place de *mesures d'aide réduisant le fardeau du pollueur et du consommateur* permettant d'adoucir les difficultés prévisibles en période de transition et de donner le temps requis à l'ajustement du marché et de la production. On s'assure ainsi de minimiser les risques de réduction du bien-être au sens parétien. Cette règle d'application s'impose d'autant plus pour les productions laitières et les élevages de bovidés que ce secteur de l'économie est soumis à d'intenses pressions des facteurs externes dans le cadre du GATT et de l'accord du libre échange. Il est entendu évidemment que ces *mesures d'aide doivent être capables de réduire les pollutions sans engendrer d'effets pervers* tel, par exemple, une réduction de la capacité concurrentielle du producteur agricole résultant de coûts improductifs supplémentaires comme la dégradation de la qualité physique de ses sols.

La question qui se pose est de savoir si la politique de contrôle est en mesure d'arbitrer l'application de ces deux règles de répartition des coûts dans le sens d'une plus grande efficacité. Selon la rationalité du contrôle présentée dans cet article, une façon d'y parvenir serait de s'assurer *d'optimiser la relation coûts-efficacité*, de façon à ce que l'on réduise au maximum les pollutions résiduelles à l'intérieur des enveloppes de coûts établies par le marché politique et *d'opérer des "tables de concertation" entre pollueurs et pollués pour la restauration des usages, cette restauration devant produire des bénéfices sociaux perçus comme équivalent aux coûts sociaux résultant de la politique.* Ainsi, la politique devrait prévoir des dispositions pour orienter (équitablement) les dépenses de contrôle vers la maximisation des bénéfices sociaux par l'intermédiaire de décisions négociées ou reflétant correctement le positionnement des pollueurs et des pollués.

3. Discussion : L'efficacité de la politique

Le Québec dispose depuis 1981 de plusieurs instruments de contrôle de la pollution par les fumiers. La Loi sur la qualité de l'environnement (Q-2, 1981) comporte un Règlement sur la prévention de la pollution des eaux par les établissements de production animale (Q-2,r.18) permettant à l'agence de contrôle de réduire les pertes de polluants vers le milieu, de même qu'un Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement (Q-2,r.9) qui autorise l'émission de permis d'exploitation à l'intérieur de normes de contrôle prédéterminées. Ces règlements sont assortis chacun d'une directive (n°016, n°038) qui contrôlent et évaluent la pollution de l'air, de l'eau et du sol par les productions animales (Éditeur officiel du Québec, 1987 et 1988).

Outre les interdits de la réglementation, la réduction des pollutions par les fumiers est dynamisée par un programme d'aide financière à l'amélioration de la gestion des fumiers, programme géré conjointement par le ministère de l'Environnement du Québec (M.E.N.V.I.Q.) et le ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation (M.A.P.A.Q.) en vue de réduire la pollution, encourager le traitement des eaux de laiterie de ferme, valoriser l'utilisation rationnelle des fumiers et des purins et encourager les épandages au printemps et pendant la saison de végétation.

Ce Programme d'aide à l'amélioration et à la gestion des fumiers est en vigueur depuis le 25 juillet 1988. Tel que modifié le 19 juin 1990, il comprend quatre volets principaux: 1) un volet d'assistance financière destiné aux producteurs agricoles exploitant des établissements d'élevage; 2) un volet de recherche et développement en matière de gestion des fumiers; 3) un volet de promotion et démonstration des bonnes pratiques agricoles reliées à la gestion des fumiers; 4) un volet gestion des surplus pour les zones de concentration d'élevage¹⁴. En ce qui concerne plus spécifiquement le volet d'aide financière du

¹⁴ Les volets 3 et 4 de la politique sont en phase préparatoire.

programme, il est issu de la volonté des ministères concernés d'encourager la mise en place de structures adéquates d'entreposage des fumures organiques et il comporte:

a) une aide financière maximale de 30 000 \$ par établissement et de 100 000 \$ par exploitation applicable aux remboursements partiels (de 60 à 70% selon le cas) des coûts de construction d'infrastructures, des coûts d'achats d'équipements spécialisés et des frais de consultation.

b) un crédit à l'investissement d'une valeur maximale de 30 000 \$ par exploitation s'étant dotée d'une structure d'entreposage fonctionnelle entre le 1er janvier 1972 et le 25 juillet 1988, sur la base de 60% de la valeur résiduelle de la structure amortie sur 20 ans (max. 50% de la valeur à neuf); ce crédit doit servir pour rendre étanches les structures d'une capacité d'entreposage de 250 jours, la partie non-utilisée pouvant être appliquée pour majorer jusqu'à un maximum de 90 % des dépenses admissibles le montant de l'aide offerte, ou pour subventionner l'achat d'équipement ou l'exécution de travaux ayant pour objet la qualité de l'environnement et la conservation des ressources.

On peut juger de l'efficacité de cette politique en mettant en relief la façon dont les conditions d'efficacité sont ou ne sont pas respectées dans la politique. Cet exercice permet de distinguer les facteurs de succès (S), c'est à dire les éléments de la politique conduisant à l'organisation optimale des modes de production (production maximale et internalisation maximale des déséconomies de ces productions) des facteurs d'incertitude (I) et d'échec (E), c'est à dire: 1) lorsqu'une condition n'est pas explicitement traduite en paramètres d'application de la politique, sans pour cela qu'une disposition contraire y apparaissent, cette absence de paramètres devient alors un facteur d'incertitude (I); 2) lorsqu'une disposition contraire à une condition d'efficacité apparaît dans la politique, on lui attribue le rôle de facteur d'échec (E) de la politique dans sa capacité de rapprocher l'organisation sociale de l'optimum de bien-être.

Les conditions d'efficacité et les façons dont les paramètres d'application de la politique la positionnent par rapport à ces condi-

tions sont synthétisées au Tableau 1. La présence de facteurs de succès ou d'échec dans la politique est jugée concrètement sur la base de la présence de paramètres dans la politique aptes à rapprocher (en zone d'optimalité) ou susceptibles d'éloigner (hors zone d'optimalité) les résultats du programme de contrôle de la "zone d'optimalité", c'est à dire de la zone où les coûts sociaux tendent à se rapprocher des bénéfices sociaux.

Le **Tableau 1** fait ressortir que la politique de contrôle comporte des facteurs de succès pour 6 des 15 conditions d'efficacité, alors qu'elle affiche des facteurs d'échecs pour 7 de ces conditions. Seules deux conditions d'efficacité ne se retrouvent ni confirmées, ni infirmées dans la politique, mettant en évidence que les autorités se sont nettement positionnées en regard de la plupart des paramètres critiques identifiés par la présente théorie du contrôle de la pollution agricole. Même à ce chapitre des facteurs d'incertitude correspondant aux conditions d'efficacité no. 5 et 10, certains volets de la politique non opérationnalisés se préoccupèrent éventuellement de réduire certains effets indésirables (conditions no. 5), alors que la politique prévoit une évaluation à mi-terme susceptible d'entraîner des modifications dans les délais d'application (conditions no. 10).

Les facteurs de succès attribuables aux conditions d'efficacité numéros 1, 7, 8, 13, 14 et 15 touchent essentiellement les dimensions du programme où le marché politique établit le niveau d'affectation des ressources en regard d'instruments de contrôle non-intégrés aux mécanismes de marché. Par exemple, au niveau de la condition no. 1 portant sur l'optimisation des modes d'enlèvement des polluants, la politique contient des dispositions qui devraient résulter à la réduction des facteurs polluo-gènes (i.e. en la réduction des productions de polluants) et, évidemment, à l'enlèvement d'une partie des charges polluantes. Bien qu'elle ne contienne pas de dispositions spécifiquement destinées à optimiser l'enlèvement des polluants avec la réduction du niveau de production de polluants, donc qu'elle ne soit pas à proprement parler destinée à l'optimisation des modes de réduction des pollutions résiduelles, on peut dire que les paramètres d'application de

Tableau 1. Tableau synoptique présentant la position de la politique de contrôle de la pollution en regard des conditions d'efficacité et le type de facteurs [succès (S), incertitude (I) et échec(E)] présents.

Conditions d'efficacité de la politique de contrôle	Position de la politique de contrôle de la pollution	Type de facteurs
1) Optimisation des modes d'enlèvement des polluants.	a) Paramètres de la politique: En zone d'optimalité. b) Justifications: Contribution à l'enlèvement des polluants (structures) ; présence de mesures pour la réduction des facteurs polluogènes.	S
2) Valorisation économique des sous-produits de l'activité agricole.	a) Hors zone d'optimalité. b) Incitatifs principaux à la mise en place d'infrastructures d'entreposage.	E
3) Recours à l'initiative de l'exploitant agricole dans le choix de ses technologies de contrôle.	a) Hors zone d'optimalité. b) Accessibilité au programme directement liée à des normes précises et fixes.	E
4) Utilisation des forces du marché pour la réduction des charges polluantes.	a) Hors zone d'optimalité. b) Réduction via des subventions.	E
5) Minimisation des effets indésirables comme la dégradation des sols, la diminution de la productivité des exploitants agricoles, le déplacement de la pollution de l'eau vers la pollution de l'air.	a) Hors zones d'optimalité. b) Importance mise sur les structures d'entreposage et non sur la modification des facteurs polluogènes; mais plusieurs mesures d'accompagnement dans les volets non encore activés du programme de contrôle contribuant à la réduction des facteurs polluogènes.	I
6) Aménagement des interactions entre le producteur agricole, ses fournisseurs de biens et de services, les pollués et les consommateurs en vue de déterminer les usages à récupérer, les niveaux de pollution résiduelle tolérables et l'orientation des dépenses publiques vers la récupération (au moins sectorielle) des usages orientée vers la maximisation des bénéfices sociaux.	a) Hors zones d'optimalité. b) Mécanismes d'interactions uniquement entre le producteur agricole et les ministères concernés; relations avec les fournisseurs en fonction des normes du programme.	E
7) Aménagement des dynamiques d'apprentissage pour favoriser le développement des capacités techniques de contrôle.	a) En zone d'optimalité. b) Volet non encore activé de "Promotion et Démonstration" des bonnes pratiques agricoles.	S

Tableau 1. Tableau synoptique présentant la position de la politique de contrôle de la pollution en regard des conditions d'efficacité et le type de facteurs (succès (S), incertitude (I) et échec(E)) présents.

Conditions d'efficacité de la politique de contrôle	Position de la politique de contrôle de la pollution	Type de facteurs
13) Recours éventuel à des approches efficaces dans la valorisation économique des sous-produits de l'activité agricole produisant des gains équivalents de productivité.	a) En zone d'optimalité. b) Volets "R et D" et gestion des surplus, ainsi que mesures d'accompagnement CQVB.	S
13) Connaissance des coûts d'option résultant de l'implantation et de l'exploitation de structures permanentes.	a) Hors zone d'optimalité. b) Normes et critères d'admissibilité au programme ne permettent pas de faire apparaître les coûts d'option.	E
10) Dispositions permettant des délais suffisant pour minimiser les coûts d'options à l'exploitant agricole.	a) Hors zone d'optimalité. b) Étant donné 9), correctifs éventuels après l'évaluation de mi-terme.	I
11) Contrôle des externalités pouvant résulter de toute réorganisation des productions.	a) Hors zone d'optimalité. b) Peu (ou pas) d'incitation pour la réorganisation des production, et pas de prise en compte de ses effets.	E
12) Dispositions permettant qu'une partie significative des coûts de production reliés à la prise en charge des externalités se répercute sur le prix à la consommation.	a) Hors zone d'optimalité. b) Absence de dispositions; secteur agricole largement subventionné d'où échec quant à la répercussion sur les prix à la consommation.	E
13) Totalité des frais d'exploitation et d'entretien à l'exploitant.	a) En zone d'optimalité. b) Crédit à l'investissement pour la réparation des structures existantes avant le début du programme.	S
14) Exclusion des resquilleurs par la surveillance et l'application pénale de l'interdit de polluer.	a) En zone d'optimalité. b) Règlement Q2., r.18, modification réglementaire à venir.	S
15) Accessibilité à des mesures d'aide capables de réduire les pollutions.	a) En zone d'optimalité. b) Normes d'accessibilité au programme et mesures d'accompagnement du M.A.P.A.Q. (programme de conservation des sols).	S

la politique satisfont de façon minimale aux conditions d'efficacité puisqu'ils agissent simultanément sur l'enlèvement des polluants et la réduction de la production des polluants et qu'ainsi, ils correspondent à des facteurs de succès.

Par ailleurs, les facteurs d'échec attribuables aux conditions d'efficacité numéros 2, 3, 4, 6, 9, 11 et 12 apparaissent résulter du fait que les instruments de contrôle utilisés en pratique ne sont pas des instruments obéissant aux mécanismes de marché. Par exemple, on retrouve dans la politique des dispositions contraires à la condition d'efficacité voulant que la politique de contrôle incite directement à la valorisation économique des sous-produits de l'activité agricole. En effet, ce sont surtout des incitations à la construction d'infrastructure de rétention des déjections animales qui sont susceptible d'orienter les comportements de l'exploitant agricole.

De façon générale, ces résultats font ressortir la divergence entre l'utilisation de la subvention dans un cadre réglementaire et l'utilisation des mécanismes de marché dans l'établissement des niveaux de contrôle des pollutions résultant de l'élevage de bovidés. L'incertitude attribuable à la condition d'efficacité no. 5 voulant que la politique s'attaque spécifiquement à réduire ses effet indésirables montre, notamment, qu'elle intervient dans la rationalité économique de l'exploitant en lui "imposant" une façon de faire sans pour cela spécifier, du moins dans les volets actifs de la politique, comment ce dernier peut corriger pour les effets indésirables telles les odeurs ou la compaction des sols (voir l'Appendice 2 pour une présentation des éléments de la problématique du contrôle de la pollution par les fumiers de bovidés).

Les facteurs d'échecs mis en évidence dans l'analyse touchent a) la présence de dispositions n'incitant pas à la valorisation économique des résidus d'élevage, b) la minimisation du recours à la liberté d'entreprendre de l'exploitant agricole en regard de normes de rejets, c) la contre-sollicitation des forces du marché pour la réduction des charges polluantes par l'usage de la seule subvention, d) la présence d'arrangements régissant les rapports pollueurs-contrôleurs dans un

d'une promotion économique de la valorisation des résidus d'élevage, 2) le non recours à la liberté de choix de l'exploitant pour la minimisation des coûts sociaux, 3) l'exclusion des forces du marché comme déterminant dans la politique de contrôle, 4) le non-souci pour les gains en productivité découlant de l'application de la politique, 5) la non-prise en compte des coûts d'option à l'exploitant agricole dans l'imposition des normes des contrôles, 6) la non-prise en compte que les taux d'enlèvement et la récupération des usages de la ressource devraient être établis par voie de négociations multipartites et 7) la non prise en compte des externalités négatives découlant de l'application de la politique, auront tendance à résulter en des niveaux de pollutions résiduelles inacceptables à la population.

4. Conclusion

La théorie développée dans ce rapport pour formuler les conditions d'efficacité de la politique de contrôle de la pollution agricole montre que les mécanismes d'affectation intégrés au marché politique peuvent, sous certaines conditions, notamment lorsque les relations coûts-efficacité ne sont pas connues, s'avérer des outils essentiels à la détermination des paramètres d'optimalité dans la production des coûts et des bénéfices sociaux résultant des programmes publics de dépollution des eaux.

Cependant, la présente analyse de la politique d'aide à l'amélioration de la gestion des fumiers fait ressortir que le marché politique, à titre de déterminant des niveaux de pollution résiduelles et de l'enveloppe de coûts sociaux consentis à la dépollution, est incapable à lui seul de rencontrer les conditions d'efficacité posées par la théorie de contrôle de la pollution, et ce en raison des éléments importants faisant partie de l'instrumentation de contrôle qu'il laisse en suspens et du refus de laisser apparaître une vérité sur la valeur des externalités résultant des productions agricoles (par exemple, l'incitation à la réorganisation de la fonction de production, la non-répercussion sur les prix à la consommation de la prise en charge des externalités, etc.).

Cet écart entre les conditions d'efficacité rencontrées par la politique et l'ensemble des conditions d'efficacité applicables à la réduction des pollutions d'origine agricole, que l'on a représenté dans la présente analyse par un ensemble de facteurs de succès, d'échec et d'incertitude, permet de prédire, *qu'en l'absence de correctifs appropriés*, la politique est susceptible d'engendrer des coûts sociaux importants sans toutefois qu'il en résulte une contre-partie suffisante de bénéfices sociaux.

Il appert ainsi que le niveau général de réduction des pollutions résiduelles sera sous-optimal, et vraisemblablement, que les facteurs d'échec de la politique, notamment ceux concernant 1) la non intégration

d'une promotion économique de la valorisation des résidus d'élevage, 2) le non recours à la liberté de choix de l'exploitant pour la minimisation des coûts sociaux, 3) l'exclusion des forces du marché comme déterminant dans la politique de contrôle, 4) le non-souci pour les gains en productivité découlant de l'application de la politique, 5) la non-prise en compte des coûts d'option à l'exploitant agricole dans l'imposition des normes des contrôles, 6) la non-prise en compte que les taux d'enlèvement et la récupération des usages de la ressources devraient être établis par voie de négociations multipartites et 7) la non prise en compte des externalités négatives découlant de l'application de la politique, auront tendance à résulter en des niveaux de pollutions résiduelles inacceptables à la population.

Bibliographie

- Barbera, A. J. et V. D. McConnell (1990)
"The Impact of Environmental Regulation on Industry Productivity: Direct and Indirect Effects. Journal of Environmental Economics and Management, 18: 50-65.
- Barde. J.P. et E. Gerelli (1977)
Économie et politique de l'environnement. Presse Universitaire de France. L'économiste.
- Baumol, W.J. (1972)
"On taxation and the control of externalities". The American Economic Review, 62: 307-332.
- Baumol, W.J. et W.E. Oates (1979)
Economics, Environmental Policy and the Quality of Life. Englewood Cliffs: Prentice Hall, Inc.
- Baumol, W.J. et W.E. Oates (1988)
The Theory of Environmental Policy. (Second Edition). Cambridge: Cambridge University Press.
- Buchanan, J.M. (1969)
"External Diseconomies Corrective Taxes and Market Structure", American Economic Review, March, 59: 174-177.
- Calabresi, G. (1968)
"Transaction Cost, Resource Allocation, and Liability Rules. A Comment". The Journal of Law and Economics, April.
- Coase, R.H. (1960)
"The Problem of Social Cost". The Journal of Law and Economics, oct. pp. 1-44.
- Crandall, R.W. (1983)
Controlling Industrial Pollution. The Economics and Politics of Clean Air. Washington, D.C.: The Brookings Institution.
- Dales, J.H. (1968)
Pollution, Property and Prices. Toronto: University of Toronto Press.
- Dales, J.H. (1968)
"Land, Water and Ownership". The Canadian Journal of Economics, november.
- Davis, O.A. et M.I. Kamien (1972)
"Externalities, Information, and Collective Action". In Economics of Environment. Selected Readings. Ed. R. Dorfman and N. Dorfman. New York: W.W. Norton and Company, Inc., pp. 69-99.
- Dorfman, r. et N.S. Dorfman (1972)
Economics of the Environment. Selected Reading. New York: W.W. Norton and Company inc., pp. XIIIV à XL.

- Dorfman, R. and H. D. Jacoby (1972)
"A Public-Decision Model Applied to a Local Pollution Problem". In Economics of Environment, Selected Readings. Ed. R. Dorfman and N. Dorfman. New York: W.W. Norton and Company, Inc., pp. 205-249.
- Dubé, A. et C. Boulanger, (1983)
Étude relative aux migrations d'éléments dans le sol autour des tas de fumier. Service de recherche en sols. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 58 p. + annexe.
- Duttweiler, D. W. et H.P. Nicholson (1983)
"Environmental Problems and Issues of Agricultural Nonpoint Source Pollution". In Agricultural Management and Water Quality. Eds. F.W. Schaller et G. W. Bailey. Ames: Iowa State University Press. pp. 1-16.
- Editeur officiel du Québec, (1990)
"Règlement sur la prévention de la pollution des eaux par les établissements de production animale (Q-2,r.18). 1981". Extrait des Règlements refondus du Québec, 20 p. (date de la dernière modification: 12 décembre 1990).
- Editeur officiel du Québec, (1988)
"Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement (Q-2,r.9). 1981". Extrait des Règlements refondus du Québec, 6 p. (date de la dernière modification : 7 juillet 1988).
- Edmond, C. (1988)
"Fumier et lisier, une richesse." Compte rendu du colloque: Vers une utilisation raisonnée des ressources. Université Laval, le 22 et 23 février.
- Herber, B.P. (1975)
Modern Public Finance. The Study of Public Sector Economics. Homewood, Illinois: Richard D. Irwin, Inc.
- Johnson, R.W. et G.M. Brown (1976)
Cleaning Up Europe's Waters. Economics, Management and Policies. University of Washington. New York: Praeger Publishers.
- M.A.P.A.Q., (1981)
Manuel de gestion agricole des fumiers. 227 p.
- M.E.N.V.I.Q., (1987)
"La pollution agricole au Québec: Problématique". État des connaissances et Stratégies d'Intervention. Dir. Ass. Agricole. Rapport interne, 87 p.
- M.E.N.V.I.Q., (1990)
Programme d'aide à l'amélioration et à la gestion des fumiers: juillet 1988, modifié en 1989 et en 1990. Ministère de l'environnement et Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.

- OCDE (1986)
L'OCDE et l'environnement. Paris.
- OCDE (1986)
Instruments économiques pour la protection de l'environnement.
Paris.
- Pigou, A.C. (1920)
The Economics of Welfare. London: Macmillan and Co.
- Seneca, J.J. et M.K. Taussig (1984)
Environmental Economics. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-
Hall, Inc.
- Sproule-Jones, M. et P.L. Richards (1984)
"Toward a Theory of the Regulated Environment". Canadian Public
Policy - Analyse de Politiques, X:3:305-315.
- Turvey, R. (1963)
"On divergence Between Social Cost and Private Cost". Economica,
August, 30: 309-313.
- Viatte, G. et F. Langier (1990)
La réforme agricole en chantier. L'Observateur de l'OCDE, août-
septembre: 4-8.

Appendice 1
Formalisation de la théorie:
l'optimisation des relations "coûts - efficacité"
1) par l'agence de contrôle
et 2) par l'exploitant agricole.

Formalisation de la théorie

Nous allons montrer ici 1) comment se pose au contrôleur le problème de minimiser les pollutions résiduelles (i.e. les pollutions non interceptées par les mesures de contrôle) à l'intérieur d'une enveloppe de coût social donné (coûts privés + coûts externes aux exploitations) (voir Herber 1975 pour le traitement détaillé du coût social et du coût privé et du positionnement du décideur public) et 2) comment se pose à l'exploitant agricole le problème de l'optimisation des relations coûts-efficacité.

1) Les relations coûts-efficacité vues du contrôleur

Soit $P_T = P_U + P_I + P_A$ la production totale annuelle de charges polluantes sur un bassin donné, P_U étant la production de charges polluantes d'origine urbaine, P_I la production d'origine industrielle et P_A la production d'origine agricole. Considérant que la production totale est égale à la somme des contributions de chaque fonction de production ($P_{X,m}$), i.e.

$$P_U = \sum_i P_{U,i}$$

$$P_I = \sum_j P_{I,j}$$

$$P_A = \sum_k P_{A,k}$$

Les pollutions résiduelles totales s'expriment ainsi: $P_{RT} = P_{RU} + P_{RI} + P_{RA}$, avec, pour chaque secteur d'activité (U: Urbain, I: Industriel et A: Agricole):

$$P_{RU} = \sum_i (1-\beta_{U,i}) P_{U,i}$$

$$P_{RI} = \sum_j (1-\beta_{I,j}) P_{I,j}$$

$$P_{RA} = \sum_k (1-\beta_{A,k}) P_{A,k}$$

où $\beta_{X,m}$ est l'efficacité des méthodes de contrôle agissant sur la fonction de production de polluants $P_{X,m}$. Pour chaque fonction de production de polluants $P_{X,m}$, l'efficacité est définie par le rapport entre le taux de réduction de la charge polluante et la charge polluante maximale produite en l'absence de contrôle.

Pour simplifier le problème, faisons l'hypothèse que, pour des raisons pratiques, l'administration du contrôle des pollutions qui est séparée en trois entités correspondant au trois secteurs socio-économiques (urbain, industriel ou agricole) opère de façon quasi indépendante, étant données la nature et les particularités socio-économiques des justiciables. Le problème de chaque entité de contrôle est de produire une pollution résiduelle acceptable " P_{accRX} ", suivant une approche de moindres coûts sociaux (coûts administratifs de mise en place et d'exploitation des mesures de contrôle, coûts en capital privé et public, coûts d'exploitation privés). Il est entendu que chacune peut réduire les pollutions résiduelles en augmentant l'efficacité $\beta_{X,m}$ des méthodes d'enlèvement des polluants et en réduisant la contribution à la pollution des fonctions de production $P_{X,m}$.

Étant donné que l'on se situe en marché politique, on peut penser que le problème qui se pose au contrôleur de la pollution agricole est d'élaborer des programmes de contrôle qu'il espère capables de réduire les pollutions résiduelles à des niveaux acceptables dans son secteur d'activité, d'en estimer les coûts et les bénéfices (privés et publics), et de les faire accepter par le gouvernement.

Une fois acceptés, ces programmes se voient pourvus de fonds. Ce sont ces ressources qui, pratiquement, détermineront les niveaux de pollution résiduelle. Manifestement, suivant ces hypothèses, une façon de concevoir le problème à résoudre pour le contrôle efficace de la pollution agricole sur un bassin, serait de trouver une solution qui, à un coût (social) déterminé, produit un niveau minimal de pollution résiduelle, ceci, bien entendu, en faisant en sortes que la solution générale de contrôle choisie se répercute le moins possible sur la productivité de l'exploitant économique.

Soit $B_{X,m}$ l'efficacité de l'enlèvement des polluants et $\Omega_{X,m}$ l'efficacité de la réduction de la charge polluante. De plus, soit $C_{eff_{X,m}}$ le coût social marginal de l'augmentation de l'efficacité $dB_{X,m}$ dans l'enlèvement des polluants et $C_{poll_{X,m}}$ le coût social marginal de l'augmentation de l'efficacité $d\Omega_{X,m}$ dans la transformation de la fonction de production du producteur agricole, l'une et l'autre réalisée en vue de réduire les charges polluantes. La transformation de la fonction de production de l'exploitant agricole réduit la pollution de la façon suivante:

$$P_{réduit} = P_{oX,m} = (1 - \Omega_{X,m}) P_{X,m}.$$

Nous obtenons:

$$\begin{aligned} P_{RA} &= \sum_k (1 - B_{A,k}) P_{oA,k} \\ &= \sum_k (1 - B_{A,k}) (1 - \Omega_{A,k}) P_{A,k} \end{aligned}$$

Le problème est de minimiser P_{RA} sous la contrainte d'un coût social établit par le marché politique. Ceci revient à maximiser les niveaux d'efficacité résultant de la combinaison de l'enlèvement des polluants et de la réduction de la production des charges polluantes en regard de cette enveloppe de coûts donnée. Il faut donc connaître les relations entre les niveaux d'efficacité réalisables et les coûts sociaux qu'ils engendreraient, de façon à trouver la meilleure combinaison possible de pratiques de contrôle.

Pour le contrôle de la pollution agricole, le coût social total est:

$$C_{totA} = \sum_k f_k C_{eff_{A,k}} dB_{A,k} + \sum_k f_k C_{poll_{A,k}} d\Omega_{A,k}$$

Pour poursuivre le raisonnement, on peut assumer qu'il existe une fonction particulière reliant l'efficacité de la réduction des polluants au niveau de chaque exploitation au coût social total du programme de contrôle, soit les relations "coûts (sociaux) marginaux - efficacité marginale" au niveau de chaque exploitation agricole:

$$C_{eff_{A,k}} = f(B_{A,k})$$

$$C_{poll_{A,k}} = f(\Omega_{A,k})$$

Ces fonctions coûts marginal-efficacité marginale ne sont pas connues.

On peut les traduire sous la forme de la relation générale "coûts (sociaux) - efficacité" suivante:

$$C_{totA} = \sum_k f_k f(B_{A,k}) dB_{A,k} + \sum_k f_k f(\Omega_{A,k}) d\Omega_{A,k}$$

2) Les relations coûts-efficacité vues de l'exploitant agricole

Si Q représente l'extrant d'une exploitation agricole et U représente la pollution qu'elle engendre, alors la fonction de production "f" d'une technologie à deux extrants et quatre intrants peut s'exprimer ainsi (Barbera et McConnell, 1990):

$$f(Q, U, K, L, E, M, t) = 0$$

où K , L , E et M représente le capital productif, le travail, l'énergie et les matières premières non-énergétiques, t étant le temps.

Si la pollution U n'était pas contrôlée de quelques manières, alors l'exploitant la considérerait comme un revenu pour produire davantage de biens et augmenter ses bénéfices. Mais les contrôles exigent que les exploitants se dotent d'équipements de réduction de la pollution et adoptent des pratiques conduisant à la réduction des charges polluantes. Il est possible de représenter la production des charges polluantes comme une fonction de la valeur du capital "A" des équipements de contrôle:

$$U = U(A, K, L, E, M, t)$$

Nous obtenons ainsi en combinant ces fonctions:

$$Q = Q(A, K, L, E, M, t)$$

L'exploitant agricole cherche à minimiser ses coûts de production "C" par diverses combinaisons d'intrants, ces coûts pouvant s'exprimer ainsi:

$$C = C(Q, P_K, P_L, P_E, P_M, t) + C_A$$

Où P_i est le prix sur le marché des intrants, et C_A le coût privé des équipements et des pratiques de contrôle.

La politique actuelle de contrôle permet de minimiser le coût privé d'acquisition des infrastructures, mais il faut penser que cette contribution publique ainsi que le programme de renforcement des mesures de contrôle entraîneront, en plus des coûts résiduels en capital, des coûts d'exploitation et d'entretien. Ainsi, il ne fait aucun doute que le souci premier de l'exploitant agricole sera soit de minimiser ses coûts privés de contrôle " C_A " sous la contrainte de critères minimum de performance imposés par l'agence de contrôle, soit en maximisant l'efficacité de l'enlèvement pour produire un coût minimal à un niveau d'efficacité imposé par la réglementation, soit en réorganisant sa fonction de production de façon à produire moins de résidus et ainsi moins de coûts de disposition. Ce faisant, son intérêt sera de maintenir au maximum l'écart entre les coûts sociaux du contrôle et les coûts privés (Turvey, 1963), ceci lui permettant de réduire d'autant ses coûts privés pour une même efficacité technique générale.

La connaissance des relations "coûts (privés) - efficacité" devient de prime importance pour juger de ses acquisitions en équipements de contrôle et pour réaliser des choix de pratiques de contrôle minimisant ses coûts de production.

Pour chaque stratégie de contrôle, le coût privé " $C_{A,i}$ " peut s'exprimer ainsi:

$$C_{A,i} = C(Q, P_{A,i}, P_{L',i}, P_{E',i}, P_{M',i}, t)$$

Où $P_{A,i}$, $P_{L',i}$, $P_{E',i}$, $P_{M',i}$, représente le prix net (le prix réel du facteur résultant de la pratique de contrôle - la réduction du coût

de la production que le facteur occasionne) du capital non-productif, le prix net de la main d'oeuvre nécessaire à la pratique de contrôle, le prix net de l'énergie utilisée pour le contrôle et le prix net des matières premières non-énergétiques nécessaires aux pratiques de contrôle. (Quant le "prix net" est négatif pour un facteur, alors il y a augmentation de productivité pour ce facteur).

Pour chaque stratégie de contrôle, la minimisation de $C_{A,j}$ revient à maximiser l'efficacité des pratiques de contrôle pour atteindre à moindres coûts privés les niveaux de réduction des charges polluantes exigés par l'agence de contrôle.

Ceci nécessite de connaître les relations "coûts (privés) - efficacité" pour chaque stratégie de contrôle réalistement envisageable.

Appendice 2
Gestion des fumiers et pollution de l'eau.
Éléments de problématique.

Gestion des fumiers et pollution de l'eau.

Éléments de problématique.

La rationalisation de la production agricole s'est faite au Québec au profit des grands établissements. En 1966, le Québec comptait 65 000 fermes, alors qu'en 1984 il y en avait 19 234 et en 1988 il n'en restait que 15.449¹. Ces quatre dernières années plus de la moitié des fermes produisant moins de 1000 hectolitres et 16,5 % des fermes produisant entre 1000 et 2000 hectolitres ont disparu, alors qu'il y a 13 % de fermes produisant de 2000 à 3000 hectolitres et 33 % produisant plus de 3000 hectolitres. Cette tendance paraît irréversible, d'autant plus que le marché agricole sera placé en situation de concurrence internationale dans le cadre du libre échange ou des accords du GATT. Le GREPA (le Groupe de recherche en économie et politiques agricoles de l'Université Laval) prévoit déjà la disparition du tiers de ses fermes laitières d'ici 1994.

La concentration animale résultant des efforts de minimisation des coûts de production a entraîné de nouveaux problèmes de gestion des déchets des élevages de bovins laitiers. Traditionnellement orientés vers la gestion du fumier solide, les producteurs sont tentés d'opter pour un mode de gestion liquide. La préférence des agriculteurs pour la gestion liquide des fumiers (fosses), plutôt que pour la gestion solide (plate-formes), semble s'expliquer par plusieurs facteurs :

1. les producteurs laitiers sont maintenant obligés de recycler les eaux de laiterie². Il y a donc avantage pour eux de les stocker dans la même fosse que le fumier, et par conséquent de gérer conjointement les deux déchets;

¹ GREPA. 1989. Groupe de recherche en économie et politiques agricoles. Université Laval.

² Règlement sur la prévention de la pollution des eaux par les établissements de production animale (Q-2,r.18). 1981. Extrait des Règlements refondus du Québec, Editeur officiel du Québec, 20 p. (date de la dernière modification : décembre 1990).

2. la plupart des producteurs laitiers n'ont pas de système de récupération des liquides provenant du tas de fumier entreposé sur une plate-forme. Ils sont maintenant obligés d'acquérir un tel système, ou pour éviter de le faire ils peuvent se convertir à la gestion liquide. Le liquide ne leur demandera aussi qu'un seul système d'épandage de fumier (citerne);

3. la gestion sous forme liquide revêt un caractère plus "moderne" par son côté technologique (homogénéisation, pompage, transport par citerne, et aspersion) que la gestion sous forme solide. Ceci, conjugué à une fosse d'une capacité d'entreposage de 300 jours, permet à l'agriculteur d'espérer disposer de la totalité de ses fumiers de l'année en une seule opération;

4. de plus, les producteurs semblent subir un certain lobby des entrepreneurs pour investir dans les structures d'entreposage liquide en béton³.

Ce mode de gestion amène dans une moindre mesure des problèmes analogues à la gestion des rejets d'élevages de porcs. En effet, la production de bovins dans la province de Québec est au premier rang des élevages et le volume total des fumiers produits est loin d'être négligeable: il contribue pour 63 % du volume total de fumier produit au Québec (25.000.000 m³/an)⁴.

En règle générale, les producteurs laitiers ayant des plate-formes d'entreposage de fumier solide ne possèdent pas de système d'entreposage qui retient la partie liquide de leur tas de fumier. Cette partie liquide représente environ 25% du volume total du fumier produit, et

³ Communication personnelle de M. Joncas, agronome régional, bureau de Charny. 1988.

⁴ Emond C. 1988. Fumier et lisier, une richesse. Compte rendu du colloque "Vers une utilisation raisonnée des ressources, tenu à l'université Laval. 22 et 23 février.

s'écoule presque entièrement dans les cours d'eau⁵. Des informations récentes du Ministère de l'Environnement⁶ indiquent que 80% des lieux d'entreposage du fumier ne sont pas conformes à la réglementation en vigueur, le purin se déversant directement ou indirectement dans un fossé de ferme. Finalement, une des études les plus complètes sur l'entreposage du fumier au Québec⁷ démontre la proximité entre les lieux d'entreposage et les rigoles, et l'existence d'un chemin préférentiel emprunté par l'écoulement du fumier vers la rigole. Les impacts des pratiques d'épandage du fumier solide sur l'environnement sont loin d'être négligeables, et constituent même la principale partie des pollutions diffuses. Examinons rapidement quelques facteurs qui favorisent les pollutions pour l'entreposage et l'épandage des fumiers.

L'entreposage

L'éleveur est obligé d'entreposer son fumier dans un énorme réservoir (fosse) pendant une période de 200 jours minimum, correspondant à la saison de gel où l'épandage est interdit (hiver), ou encore dans une fosse d'une capacité d'entreposage supérieure comprise entre 200 et 300 jours. Dans cette fosse viennent s'ajouter les eaux de laiterie et de lavage, mais surtout les eaux de précipitation. La différence entre le volume des précipitations et le volume d'évaporation est positive, de telle sorte qu'il y a augmentation du volume dans la fosse et dilution du fumier. Les fosses sont principalement construites en béton pour répondre aux normes du Ministère de l'environnement. Le béton est un matériau qui, dans certaines conditions, se détériore

⁵ Rapport du colloque sur les fumiers. 1982. Conseil des productions végétales du Québec. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Agdex 538, 83 p.

⁶ Ministère de l'Environnement du Québec. 1987b. La pollution agricole au Québec: Problématique, Etat des connaissances et Stratégies d'Intervention. Dir. Ass. Agricole. Rapport interne, 87 p.

⁷ Dubé, A. et Boulanger, C. 1983. Etude relative aux migrations d'éléments dans le sol autour des tas de fumier. Service de recherche en sols. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 58 p. + annexe.

assez rapidement sous l'effet chimique du fumier et des fluctuations thermiques. Les fosses perdent alors de leur étanchéité et les infiltrations de fumier dans le sol vont contaminer progressivement la nappe phréatique.

L'épandage

Les agriculteurs sont souvent dans une situation où ils doivent disposer d'une très grande quantité de fumier dans un laps de temps très court.

Lorsque la fosse à fumier a une capacité de 200 jours il arrive souvent au printemps qu'il y ait débordement de liquides, ce qui force l'agriculteur à épandre son fumier trop tôt dans la saison. Ceci entraîne la compaction des sols humides, la contamination de la nappe phréatique encore haute, le lessivage des nitrates par le drainage, et une perte importante des éléments nutritifs qui ne sont pas prélevés par les cultures. En plus de l'épandage printanier nuisible, l'agriculteur voudra effectuer un deuxième épandage le plus tard possible à l'automne pour éviter un débordement trop hâtif au printemps suivant. L'épandage automnal tardif aura lui-aussi un impact négatif sur l'environnement: en effet, puisqu'il n'y a pas de prélèvement des éléments nutritifs par la végétation, l'azote et le phosphore seront entraînés par le ruissellement à la fonte des neiges, ou dilués lors de l'immersion des terres sensibles à l'inondation, etc...

Lorsque la fosse a une capacité de 200 à 300 jours et que les animaux vont au pâturage l'été, le producteur étire le plus possible l'entreposage de son fumier pour tendre vers un seul épandage annuel, surtout s'il a 35 unités animales. Il étendra le fumier principalement au printemps. Lorsque les animaux sont à l'étable à l'année il y aura en général un épandage principal au printemps au moment du labour, un deuxième épandage lors de la première coupe

(foins), et finalement un épandage tard à l'automne après la récolte du maïs. Dans ce cas aussi la pollution de l'eau par le fumier (N et P) peut être causée par lixiviation ou encore par solubilisation ou mise en suspension lors du ruissellement.

La machinerie utilisée pour l'épandage de fumier de bovin liquide est souvent déficiente. Ce sont de grosses citernes montées sur des pneus à forte pression et munies de dispositifs d'aspersion du fumier. Lorsque l'épandage a lieu en période de végétation (période idéale), en post-levée, les particules aérosols de fumier liquide adhèrent aux feuilles, provoquant ainsi une diminution de la photosynthèse et du rendement tout en favorisant la perte d'ammonium par volatilisation.

Par ailleurs, la gestion liquide des fumiers entraîne des problèmes de dégradation des sols. En effet, en période d'entreposage, il se produit une dilution des déjections animales et de la litière par les eaux de précipitation, de laiterie, ou d'autres provenances. Ceci a pour effet d'augmenter dans de fortes proportions le volume du fumier à épandre dans des périodes critiques pour le sol, au moment des semis ou à l'automne, lorsque les champs sont humides. Il en résulte une compaction sérieuse du sol par de la machinerie lourde, peu adaptée, et coûteuse à opérer (pompes, gros tracteurs, réservoirs, etc...).

Un bonne gestion du fumier de bovin repose avant tout sur l'intégration des objectifs environnementaux et agronomiques, par exemple: (1) le transport économique et sans nuisances du fumier vers des fermes sans élevage qui pourraient en écouler le surplus; (2) l'épandage du fumier sans effets négatifs, comme le tassement du sol, ou la perturbation de l'activité biologique du sol, et sans encourir de nuisances environnementales, comme la lixiviation, et le ruissellement des fractions liquides ou solubles; (3) la maximisation de la productivité des facteurs par la bonne gestion du fumier (en 1981 au Québec, le fumier de 1,7 millions de bovins représentait un potentiel économique d'environ 230 millions de dollars).

Il existe des techniques de gestion des fumiers⁸ pouvant répondre à ces exigences. La gestion du fumier de bovin sous forme solide, par exemple, présente certains avantages, notamment par son compostage immédiatement à sa sortie de l'étable, dans un bâtiment fermé (pour réduire la dilution et les odeurs). On produit ainsi un compost dont les utilisations (l'entreposage, le transport, et l'épandage) entraînent peu de dommages à l'environnement et qui, par surcroît, s'avère un bon substitut pour les engrais chimiques. Plusieurs techniques de compostage pourraient être envisagées, soit par tas aérés (aération passive ou forcée) de petite taille, mais fonctionnant en continu dans un bâtiment de petites dimensions, ou encore sur le fumier stocké annuellement.

⁸ Le changement d'échelle de la problématique de gestion des fumiers entraîne aussi une évolution dans les préoccupations des spécialistes de l'agriculture et de l'environnement. En ce qui concerne la recherche agronomique, en 1980, le Ministère de l'agriculture des pêcheries et de l'alimentation (M.A.P.A.Q.) mettait sur pieds un comité *ad hoc* sur les fumiers. Ce comité a évalué différents projets de recherche et de développement, et a fait rapport aux autorités du Ministère des besoins de recherche en gestion des fumiers. Un autre groupe de travail, formé par le M.A.P.A.Q. en septembre 1981, assurait la continuité dans ce secteur. Son mandat était de faire le point au sujet des connaissances acquises sur les fumiers, mais aussi de préparer des outils de travail pour les agronomes et les spécialistes locaux et régionaux. Les résultats de ses travaux ont débouché sur la publication d'un "Manuel de gestion agricole des fumiers, en plus de la constatation que la gestion rationnelle des fumiers est très complexe, et qu'elle exige donc des recherches poussées pour en arriver à faire des recommandations précises et ponctuelles. (Manuel de gestion agricole des fumiers. 1981. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, 227 p.)