

## **L'ÉROSION DES TERRES AGRICOLES ET SA GESTION PRÉVENTIVE : UN CADRE D'ACTION COLLECTIVE ET INTERACTIVE**

**Bernard ELYAKIME\***

***Résumé** - L'érosion des terres agricoles touche de nombreuses régions. En France, le nord mais aussi le sud sont concernés. La gestion des problèmes liés à l'érosion est d'autant plus importante que la restructuration des parcelles, l'usage intensif de cultures céréalières et de techniques culturales mécanisées accroissent sensiblement le phénomène érosif. Une telle problématique renvoie tant à l'économie privée de l'exploitant agricole, qui doit adapter ses pratiques agricoles, qu'à l'économie publique, si l'on est en présence de dégâts hors du domaine privé de l'exploitant agricole et si un collectif d'agriculteurs est aidé dans la mise au point d'une action anti-érosive. Nous cherchons à prendre en compte dans ce travail une érosion interactive mettant en cause l'action individuelle de chaque agriculteur d'un même bassin versant. Pour cela, nous définissons un cadre institutionnel qui permet la gestion à la fois collective et interactive du type d'érosion par la prévention. Nous proposons alors un modèle de gestion d'actions anti-érosives collectives et interactives dans le cas simple et stylisé de deux agriculteurs, en tenant compte de leur diversité respective.*

**Mots-clés** - ÉROSION, PRÉVENTION ÉROSIVE, BIEN PUBLIC, GESTION DE LA PRÉVENTION.

**Classification du JEL** : Q24, R38.

---

\* INRA, ESR, BP 27, 31326 Castanet Cedex.

## INTRODUCTION

L'érosion hydrique est un processus physique d'arrachement, de transport et de dépôt de terre d'une parcelle, sous l'action de l'eau. Il existe plusieurs types d'érosion hydrique qui touche, chaque année, de nombreuses parcelles agricoles en France.

Sur les sols limoneux comme ceux du nord de la France, l'eau de ruissellement issue des pluies s'écoule de plus en plus vite et arrache de plus en plus de terre des parcelles agricoles. Des ravines se forment dans les parcelles agricoles et gênent ou empêchent le passage des tracteurs, des dégâts érosifs importants hors site agricole apparaissent. C'est l'érosion linéaire dite encore concentrée à laquelle nous nous intéressons.

Ainsi, en Seine Maritime, le Conseil Général cite un nombre de 445 communes touchées par des problèmes d'inondation et en partie d'érosion et donc de coulées boueuses. Cent dix-neuf communes ont ainsi distribué durant sept à quinze jours une eau non potable à soixante et onze mille habitants. L'Association Régionale pour l'Étude et l'Amélioration des Sols de Normandie cite des pertes de sol représentant un tonnage moyen de 6 à 10 tonnes de terre par hectare de bassin versant.

La région Nord Pas-de-Calais subit également l'érosion de ses terres agricoles et l'Association Nord-Nature cite plusieurs chiffres inquiétants sur quelques sites agricoles : un tiers des surfaces agricoles du bassin versant de l'Aa a été concerné en 1983, sur la zone de Tubersent en 1992 il est apparu six kilomètres de ravines avec plus de 1 300 mètres cubes de terre emportée.

Si dans la littérature économique sur l'érosion des terres agricoles, l'évaluation des politiques publiques anti-érosives est surtout nord-américaine, Govindasamy et Huffman (1993), Smith (1995) par exemple, ceci se comprend quand on connaît l'importance et l'ancienneté de ces questions aux États-Unis d'Amérique du Nord. Ces politiques concernent à la fois celle d'aide au retrait des terres (Conservation Reserve Program) et celle d'écoconditionnalité d'aides aux revenus agricoles moyennant une limitation du tonnage de terres érodées (Conservation Compliance Program). Ces deux programmes sont critiqués pour leur coût et leur faible efficacité en soulignant la nécessité de la prise en compte des coûts marginaux très variables de rétention de terre. D'autres travaux moins nombreux se centrent sur les effets de l'érosion des terres agricoles hors site agricole et sur la prévention érosive qu'il est alors possible de mener (Fox, Umali et Dickinson, 1995). Ces derniers auteurs retiennent alors la question du ciblage des actions anti-érosives c'est-à-dire la possibilité d'adapter les choix d'actions anti-érosives à l'extrême diversité des situations érosives. Cartier (1997 et 1999)

analyse la manière dont est pris en compte le risque de ruissellement érosif collectif en Pays de Caux. Il étudie les conditions sociales d'organisation des agriculteurs, des collectivités locales et publiques au niveau régional, de façon à mettre en évidence des glissements dans le rôle de l'État, comparativement à celui du marché, pour la gestion du risque érosif au niveau pertinent de micro-régions comme un bassin versant.

Cette dernière analyse révèle donc l'importance de l'intégration environnement-aménagement du territoire dont parle Lacour (1994) et pas seulement la production d'aménités par les agriculteurs comme le présentent Bonnieux et Rainelli (1994). Elle confirme aussi l'analyse des externalités positives agricoles en tant que bien collectif dont il est question chez Job (1994).

Si la gestion d'actions anti-érosives dans un but préventif, à laquelle nous nous intéressons, se mène sur chaque parcelle soumise à l'érosion de chaque agriculteur, il faut souligner la nécessité, dans le cas de l'érosion dite linéaire du nord de la France, d'une gestion collective que nous devons rechercher dans un cadre géographique global qui est le bassin versant. L'eau de ruissellement d'une parcelle provoque effectivement des dégâts érosifs sur une parcelle d'un autre propriétaire foncier du même bassin versant et des coulées de terre et d'eau dans le domaine non agricole, à l'exutoire du bassin versant, hors site agricole. Or la prévention érosive, menée à la fois par l'État français et la Communauté Economique Européenne, et qui est préconisée au travers des seules mesures agri-environnementales<sup>1</sup> de la politique agricole commune (PAC) ne prend pas complètement en compte cet aspect collectif et interactif essentiel, ni plus généralement la diversité des situations érosives (Klonsky et Jacquet, 1997). Par contre, les futurs contrats territoriaux semblent plus souples et mieux adaptés à la prévention d'une telle situation érosive.

L'analyse bibliographique révèle donc l'importance du problème du choix des solutions anti-érosives face à la diversité des situations érosives, face à l'importance des coûts ainsi que l'importance des conditions de la mise en œuvre des actions anti-érosives dans un cadre beaucoup plus vaste que celui du simple agriculteur. Plus fondamentalement, elle souligne la nature particulière d'une action anti-érosive interactive que nous prenons comme référence.

Ce travail se centre sur la mise au point d'une prévention érosive publique adaptée à une situation érosive interactive donnée, avec dégâts hors site agricole,

---

<sup>1</sup> Le programme agri-environnemental concerné par la lutte contre l'érosion s'intéresse à la protection des eaux et propose le retrait à long terme sur vingt années de terres arables ou la reconversion de terres arables en herbages extensifs. Ces mesures permettent aussi à un exploitant de présenter un plan de développement durable pour modifier ses pratiques au moins sur le plan de l'environnement. De même, les agriculteurs qui veulent adapter leurs exploitations à des conditions de biotopes rares ou qui veulent organiser et gérer l'espace dans des zones extensives, de déprise agricole, peuvent agir dans le cadre d'une opération locale agri-environnementale qui est la continuation de la procédure d'une opération groupée d'aménagement foncier-environnement.

sur le domaine public par exemple, qui soit pertinente sur le plan économique et anti-érosif. Il définit et justifie, dans un premier temps, un cadre institutionnel et économique approprié correspondant à la nature de l'action anti-érosive. C'est dans ce cadre que nous étudierons, dans un second temps, la gestion d'actions anti-érosives interactives pour éviter des dégâts hors site agricole. Un retour sur les hypothèses est effectué afin de bien préciser les limites du travail et son intérêt.

### **1. CADRE ORGANISATIONNEL POUR LA PRÉVENTION ÉROSIVE INTERACTIVE**

Si pour la recherche de dégâts moindres, en sortie de bassin versant et hors site agricole, il est nécessaire de considérer la diminution des flux d'eau et de terre à l'exutoire du bassin pour tous les agriculteurs, cette contrainte de la prévention anti-érosive est collective.

Or un cadre juridique adéquat pour la gestion de problèmes environnementaux collectifs par les agriculteurs existe déjà : c'est celui de la loi du 21 juin 1865 relative aux associations syndicales agricoles. Ces associations peuvent être libres, autorisées ou forcées<sup>2</sup>. Elles peuvent être foncières et prendre en charge un programme d'activités anti-érosives d'un collectif d'agriculteurs, propriétaires de leurs terres. Ce cadre n'existe cependant pas pour les fermiers et une formule juridique semble indispensable pour permettre leur participation<sup>3</sup> dans une association syndicale agricole de propriétaires d'un même bassin versant soumis à l'érosion.

Le regroupement d'exploitants agricoles ou d'autres agents économiques peut s'obtenir aussi dans le cadre d'un projet d'intérêt collectif d'entretien et de réhabilitation de l'espace rural soutenu par une aide du Fonds de gestion de l'espace rural. Le Fonds de gestion de l'espace rural a été institué en 1995 et permet de financer tout maître d'œuvre d'un tel projet.

Il existe de même le contrat territorial d'exploitation dans le cadre du prolongement des mesures environnementales de la politique agricole commune et du Fonds de gestion de l'espace rural. Si ce contrat<sup>4</sup> se met actuellement en place, on peut cependant remarquer qu'il s'appuie sur une démarche globale de

---

<sup>2</sup> Elles sont libres si une majorité d'agriculteurs souhaite se regrouper. L'administration peut cependant contraindre les agriculteurs concernés à se regrouper qu'il y ait eu majorité ou non en ce sens et si la situation l'impose.

<sup>3</sup> D'autant qu'un fermier peut en principe entreprendre librement des travaux d'améliorations culturales et d'améliorations foncières des terres qu'il loue.

<sup>4</sup> Le contrat est individuel et engage l'agriculteur pour cinq ans sur ses objectifs, moyennant une aide des pouvoirs publics, en tenant compte éventuellement de la gestion environnementale sur un ensemble géographique plus vaste que celui de la parcelle de l'exploitation agricole. La lutte anti-érosive s'inscrit donc naturellement dans cette perspective.

l'exploitation, en associant logique économique, territoriale, environnementale et donc collective.

On soulignera que des agriculteurs des Rougiers de Camarès se sont ainsi organisés sous forme d'association syndicale pastorale. Elle a pour objet l'organisation et la gestion de la lutte contre l'érosion du bassin versant du Riaudou qui a une surface de 170 000 hectares pour une dizaine d'exploitations agricoles spécialisées dans l'élevage ovin en vue de la fabrication du fromage Roquefort. Chaque agriculteur concerné et aidé par l'association, qui a obtenu des crédits pour agir dans ce sens, adapte sa pratique agricole à la situation de ses parcelles tout en tenant compte de son voisin et de ce qu'il va entreprendre sur ce problème. Celle-ci gère également les aspects collectifs anti-érosifs du bassin versant, comme les entretiens de fossés.

On citera également l'expérience en matière de lutte contre l'érosion sur les parcelles agricoles à la fois de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, du Conseil Général de Seine-Maritime et de l'Association Régionale pour l'Étude et l'Amélioration des Sols de Seine-Maritime. Cette dernière conseille, expertise, forme, informe et sensibilise les différents acteurs concernés tandis que chacun des deux premiers organismes agit contre l'érosion et propose des solutions pour regrouper les agriculteurs afin de définir collectivement les moyens de la lutte contre les coulées boueuses.

Le contrat de bassin du Conseil Général apporte assistance technique et financière aux communes confrontées aux coulées boueuses. Cette politique finance l'étude des aménagements, finance des postes d'animateurs-techniciens, favorise le conseil et contractualise les objectifs, les moyens et les aides tant aux particuliers qu'aux communes sur une durée de trois à cinq années.

Les contrats ruraux permettent une mobilisation des collectivités et de l'ensemble des usagers, que sont les agriculteurs, les industriels et artisans, sur un objectif de gestion de l'eau, y compris de ruissellement, à l'échelle d'un territoire cohérent et à l'intérieur d'une structure fédératrice. Cette dernière, qui peut être une association d'agriculteurs ou d'autres agents privés ou publics, sera l'attributaire des aides de l'Agence de l'Eau, animera sur le plan administratif, technique et juridique les actions nécessaires.

Les solutions préconisées et mises en œuvre, aidées financièrement de façon diverse, font donc travailler ensemble tous les agriculteurs et tous les autres acteurs économiques concernés du même bassin versant pour la réalisation du même objectif environnemental à l'intérieur d'un même groupement qui gèrera les aspects érosifs du bassin versant (Elyakime, 1999). Toute solution collective anti-érosive n'est cependant pas nécessairement la plus intéressante, d'autant qu'aucune règle de gestion des actions anti-érosives n'existe encore.

Si la coulée boueuse d'origine érosive semble alors relever en première approche d'une externalité négative d'un ou plusieurs agriculteurs, puisqu'elle engendre des dégâts hors site agricole, elle intervient néanmoins lors de la mise en œuvre de techniques de production agricole dont l'agriculteur n'est pas le seul responsable. La responsabilité de ces choix n'est pas seulement celle des agriculteurs mais bien aussi celle de toute la société. Il est alors difficile d'assimiler toutes les coulées boueuses d'origine érosive à une pollution non contrôlée comme il est utopique de penser qu'une taxation des agriculteurs responsables de ces coulées suffira à réduire une érosion complexe. Les agriculteurs ne peuvent pas en effet inventer seuls les techniques et pratiques agricoles anti-érosives nécessaires, d'autant que ces dernières doivent être souvent adaptées pratiquement à chaque bassin versant, tellement la complexité et la diversité érosive peuvent être grandes. Ces caractères vont rendre délicate la création d'une norme de production anti-érosive générale pour tout bassin versant. Ils impliquent aussi une difficile application d'un système d'aides directes et éco-conditionnelles aux agriculteurs pour leurs surfaces cultivées qu'il est question de substituer à des aides directes sans éco-conditionnalité<sup>5</sup>, dans le cadre de la politique agricole commune.

La coulée de terre dont l'origine érosive est complexe peut alors s'assimiler à un bien public indésirable et non à une externalité négative directement internalisable par l'agriculteur. Le résultat de la mise en œuvre d'une action anti-érosive correspond donc à un bien public désirable dont la quantité globale de terre retenue du fait de l'action anti-érosive s'impose à tous. Nous sommes dès lors dans une problématique d'économie publique pour la production d'un bien public par un ou plusieurs producteurs privés regroupés, en situation de non concurrence et en interrelation dans un acte de production qui leur est propre.

Nous supposons de plus, et dans un premier temps, que les agriculteurs concernés sont regroupés dans une structure qui a pour but de définir une solution collective, à partir du flux de sortie du bassin versant. L'action anti-érosive est supposée pouvoir s'imposer juridiquement à ses membres. Des aides éventuelles peuvent être définies et la vérification des travaux pour chaque agriculteur concerné sur la durée supposée connue de l'action anti-érosive peut être réalisée.

### **3. MODÉLISATION EN CAS D'ÉROSION INTERACTIVE**

Nous supposons donc deux parcelles agricoles en situation de dépendance érosive. La parcelle 1 amont envoie des flux d'eau boueuse concentrés sur la parcelle 2 aval, chacune ayant une surface d'un hectare. Une partie de ces flux

---

<sup>5</sup> Il s'agit des aides PAC aux agriculteurs pour leurs surfaces en céréales et oléo-protéagineux essentiellement et dont il serait question de les rendre conditionnelles à la réalisation d'objectifs environnementaux.

s'échappe sur le domaine public pour y générer des dégâts dont les agriculteurs peuvent être responsables<sup>6</sup>. Les émetteurs des divers flux d'eau boueuse sont donc connus ainsi que les interactions érosives.

Nous supposons alors une action  $\sigma_1$ , imposée par la structure de regroupement concernée et expérimentée sur la seule parcelle 1. Cette action retient une quantité d'eau boueuse  $d_1 = l_{\gamma_1}(\sigma_1)$ , grâce à un bassin de rétention d'eau<sup>7</sup>. La fonction  $l_{\gamma_1}(\cdot)$ , appelée fonction de réaction, est supposée strictement croissante et concave. Son inverse  $g(\cdot)$  donne la surface agricole stérilisée. Le coût de l'action, pour sa mise en place, l'entretien et le manque à gagner, s'en déduit et est donné par la fonction de coût  $h_{\gamma_1}(d_1)$  strictement croissante et convexe. L'indice  $\gamma_1$  représente la nature érosive initiale de la parcelle 1 compte tenu d'un régime moyen de pluie pour la période retenue. L'action et ses coûts correspondants sont paramétrés par l'indice  $\gamma_1$  car l'action est choisie selon la nature érosive initiale de la parcelle. Cette action est supposée durer une année afin de simplifier l'écriture du problème mais on peut la supposer s'étaler sur plusieurs années selon l'importance de l'action et la rotation agricole comme il est signalé plus loin.

Cette action permet une économie réalisée sur les départs d'eau boueuse moyens hors des champs et évités  $c_e k_e d_1$ . Le coefficient  $c_e$  est le gain unitaire du fait de la remise en état évitée du domaine public atteint par les dégâts. Le coefficient techniques  $k_e$ <sup>8</sup> donne le taux de flux boueux s'échappant de l'exutoire pour atteindre le domaine public. On appelle  $\Delta\mu$ , en francs par hectare, la variation positive de marge brute annuelle agricole du fait de l'action anti-érosive conduite. Cette variation est en réalité fonction croissante et concave de la quantité de terre ou d'eau retenue sur la parcelle par l'action anti-érosive.

Nous supposons également que l'agriculteur concerné reçoit une aide moyenne  $t$  pour l'aider à lutter contre l'érosion<sup>9</sup> et que le coût de l'aide est non négligeable. Nous supposons de plus que l'action anti-érosive de l'agriculteur sur sa parcelle ne modifie pas son assolement ni sa pratique agricole sur l'ensemble de son exploitation. Il peut cependant les adapter et stériliser une petite partie de sa surface agricole utile pour lutter contre l'érosion<sup>10</sup> sur sa ou ses parcelles érodées sans modifier de façon significative ses choix agricoles mais en tenant

<sup>6</sup> Leur responsabilité civile peut en effet être reconnue par le tribunal en cas de faute prouvée et d'existence d'un lien de cause à effet entre dégâts érosifs et travail de l'agriculteur sur ses terres.

<sup>7</sup> Ce type d'action se développe beaucoup dans le Pays de Caux, sous l'impulsion des organismes tels l'Agence de l'Eau ou le Conseil Général de Seine-Maritime.

<sup>8</sup> Ces coefficients sont en réalité des fonctions complexes non linéaires.

<sup>9</sup> Cette aide se justifie par le caractère de bien public de la rétention de terre.

<sup>10</sup> Il est possible de considérer que l'agriculteur garde toute sa surface agricole et adapte sa seule pratique agricole pour lutter contre l'érosion sur sa parcelle. La lutte anti-érosive se traduit alors dans le modèle par la seule fonction moyenne de coût en question.

compte d'un éventuel effet de marge du fait de son action anti-érosive. Nous négligeons la variation de gain du consommateur due à la variation de la surface agricole utile et nous n'envisageons pas dans l'immédiat d'action sur la parcelle aval. Nous cherchons alors la quantité d'action optimale dans ce cadre en considérant coûts et gains privés et public.

Le gain, net du coût de l'aide, de l'ensemble des consommateurs provient des coûts évités permis par l'action anti-ruissellement. Il s'écrit :

$$G_c = c_e k_e d_1 - (1 + \lambda)(t_1 + t_2)$$

Chaque agriculteur aura un gain équivalent différent qui s'écrit, en supposant négligeable<sup>11</sup> le gain de marge de l'agriculteur 1 du fait de son action mais en tenant compte de ce gain pour l'agriculteur 2 qui est pourtant supposé ne pas agir :

$$G_{a1} = t_1 - h_{\gamma 1}(d_1),$$

$$G_{a2} = t_2 + \Delta\mu_2(d_1).$$

Le gain total moyen  $G_w$  s'écrit en général :

$$G_w = c_e k_e d_1 - \lambda(t_1 + t_2) + \Delta\mu_2(d_1) - h_{\gamma 1}(d_1)$$

En maintenant les agriculteurs au niveau de gain d'avant l'action anti-érosive, nous avons les aides  $t_1 = h_{\gamma 1}(d_1)$  et  $t_2 = -\Delta\mu_2(d_1)$ .

Nous constatons alors que le transfert  $t_2$  est négatif contrairement à celui  $t_1$ . En effet l'agriculteur 1 est aidé dans son action anti-érosive coûteuse tandis que l'agriculteur 2, qui n'a aucune action propre, bénéficie d'un gain de marge du fait de l'action de l'agriculteur 1. L'agriculteur 2 reverse alors ce gain pour diminuer le coût de l'action de l'agriculteur 1, dans le cadre de notre hypothèse qui spécifie que chaque agriculteur reste au même niveau de marge avant et après l'action anti-érosive, dans une structure coopérative.

Le gain total social moyen à maximiser se réécrit selon les variables que nous cherchons<sup>12</sup> :

<sup>11</sup> A titre d'hypothèse. Il faudrait en tenir compte si ce gain de marge est réel.

<sup>12</sup> L'écriture du gain sur T années, en supposant une action variable différente chaque année donnant un résultat  $d_i$  à l'année  $i$  s'écrit :

$$\text{Max}_{d_i} \sum_{i=1}^T \{c_e k_e d_i(t) - (1 + \lambda)(h_{\gamma i}(d_i(t)) - \Delta\mu_2(d_i(t)))\} (1 + a)^{-i}.$$

$$G_w = c_e k_e d_1 - (1 + \lambda)(h_{\gamma_1}(d_1) - \Delta\mu_2(d_1)).$$

Sa maximisation<sup>13</sup> donne les valeurs optimales des variables, et donc l'action optimale  $\sigma_1$  par le biais de la fonction de réaction  $l_{\gamma_1}(\cdot)$ .

Nous pouvons envisager une action complémentaire de l'agriculteur 1 sur sa parcelle<sup>14</sup> qui induit un coût  $k_{\gamma_1}(q_1)$  pour une rétention de terre moyenne  $q_1$ . Nous considérons alors que cette action complémentaire implique une diminution du coût d'entretien de l'action initiale menée contre l'eau de ruissellement. Celle-ci se traduit par une fonction  $h_{\gamma_1}(d_1, q_1)$  telle que sa dérivée première par rapport à  $q_1$  soit négative et sa dérivée seconde, positive. Dans ces conditions, le gain social total à maximiser sous réserve qu'il reste concave au moins dans la zone d'intérêt du problème, s'écrit autrement :

$$G_w = c_e k_e d_1 + c_t k_t q_1 - (1 + \lambda)(h_{\gamma_1}(d_1, q_1) + k_{\gamma_1}(q_1) - \Delta\mu_2(d_1))$$

Il est cependant possible aussi de considérer une action anti-érosive spécifique de l'agriculteur 2 sur sa parcelle et réalisée en fonction de celle de l'agriculteur 1. Cette action coopérative génère une quantité moyenne  $q_2$  de terre non arrachée sur sa parcelle et une fonction de coût  $h_{\gamma_2}(q_2)$ . Nous ne la supposons pas sans conséquence sur la marge de l'agriculteur. Le gain de l'agriculteur change ainsi que le gain total social qui s'écrivent alors respectivement et compte tenu de la coopération entre agriculteurs :

$$G_{a2} = \Delta\mu_2(d_1, q_2) + t_2 - h_{\gamma_2}(q_2)$$

$$G_w = c_e k_e d_1 + c_t k_t q_2 - (1 + \lambda)(h_{\gamma_1}(d_1) + h_{\gamma_2}(q_2) - \Delta\mu_2(d_1, q_2)).$$

Dans ce cas, le gain de marge de l'agriculteur 2 permet de diminuer le coût de l'action anti-érosive de ce même agriculteur ou des deux agriculteurs et le transfert qu'il reçoit est  $t_2 = h_{\gamma_2}(q_2) - \Delta\mu_2(d_1, q_2)$ .

On remarquera qu'il est donc possible d'élargir la gamme des modèles d'interaction physique, celle économique restant la même par le biais de la marge<sup>15</sup>. La complication mathématique devient cependant vite importante et les

<sup>13</sup> Le gain total est en effet une fonction concave.

<sup>14</sup> Il s'agit d'un traitement sur la parcelle pour limiter les départs de terre. Son intérêt est d'éviter un envasement du bassin de rétention mis en place et donc de diminuer le coût d'entretien de l'action.

<sup>15</sup> Une autre forme générale du gain total social, sans tenir compte des dépendances de marge, peut s'écrire ainsi :  $c_t k_t q(q_1, q_2) - (1 + \lambda)(h_{\gamma_1}(q_1) + h_{\gamma_2}(q_2))$ . Il y a alors dépendance technique entre les deux parcelles, le flux total  $q(q_1, q_2)$  dépendant des flux partiels  $q_1$  et  $q_2$ , suite aux actions sur chaque parcelle. En supposant les bonnes propriétés mathématiques de concavité du gain total, il est possible de le maximiser pour trouver les divers flux de terre retenue.

signes des dérivées des différentes fonctions introduites ne seront connus que par des expérimentations à réaliser. Ces dépendances physiques n'en sont pas moins réelles et peuvent induire des aménagements de taille moindre, des pratiques et techniques culturales mieux adaptés à la réalité érosive. Face à une réalité complexe, seul un modèle physique, spatialisé, anti-érosif avec aménagement des parcelles et hypothèses sur les pratiques et techniques culturales, couplé au modèle économique, permettra la maximisation recherchée.

De plus l'agriculteur 2 peut être remplacé par un autre agent économique qui participe à la lutte anti-érosive. Nous soulignons également que retenir une gestion collective et coopérative autorise la recherche de la solution en considérant tous les facteurs influant sur l'érosion comme des variables d'action pour résoudre notre problème.

La gamme des gains obtenus par la lutte anti-érosive peut être élargie. En effet l'érosion peut aussi induire des dégâts privés, hors du champ de l'agriculteur, que nous n'avons pas considérés. Elle induit aussi une préservation du milieu écologique, une moindre pollution de l'eau de ruissellement et une préservation du paysage. Il s'agit d'avantages réels qui peuvent être pris en compte grâce à une valorisation de ces avantages environnementaux par le biais du surplus qu'en retirent les consommateurs et qui ne feront que croître le niveau de prévention contre les dégâts érosifs.

Lors de la maximisation, le modèle donne l'égalité du gain marginal et du coût marginal de rétention de terre et d'eau. On soulignera que la technique anti-érosive et son coût, y compris ceux de transaction, reflètent le choix organisationnel de la lutte anti-érosive. En conséquence, l'équilibre est calculé pour un choix technique et organisationnel des agriculteurs contre l'érosion.

On peut alors souligner à nouveau de manière simple l'importance de cet aspect organisationnel à partir de notre modèle en comparant les solutions précédentes proposées à celle où chaque agriculteur agirait selon son propre intérêt dans le même cadre organisationnel.

En ce cas, l'agriculteur 2 agit, puisqu'il y a intérêt<sup>16</sup>, et est supposé aidé pour maximiser le gain social total à partir du seul flux issu de sa parcelle. L'agriculteur 1 n'agira pas puisqu'il n'a rien à gagner par hypothèse. Le gain de l'agriculteur 2 s'écrit :

$$G_{a2} = \Delta\mu_2(d_2) + t_2 - h_{\gamma 2}(d_2)$$

Le gain total social devient :

---

<sup>16</sup> L'intérêt de l'agriculteur 2 est de préserver sa terre tandis que l'agriculteur 1 ne subit pas de dégâts par hypothèse.

$$G_w = c_e k_e d_2 - (1 + \lambda)(h_{\gamma_2}(d_2) - \Delta\mu_2(d_2))$$

Si l'écriture de cette solution collective non coopérative est simple, elle n'est pas facilement comparable à celles écrites précédemment car elle nécessite la connaissance des différentes fonctions de coût introduites, non identiques d'un cas à l'autre. Néanmoins le coût de l'action peut être élevé parce qu'aucune action anti-érosive n'est réalisée en amont et bien que le gain de marge obtenu vienne en déduction du coût de l'action. La comparaison doit donc se faire de façon systématique, d'autant que si ce cas ne semble pas très réaliste dans le cadre de nos hypothèses, il est possible qu'il soit avantageux de privilégier une organisation coopérative pour gérer certains flux physiques érosifs par rapport à d'autres afin d'atteindre la solution optimale en sortie de bassin versant. Tout dépend de la configuration physique réelle des flux érosifs du bassin versant.

En général, la comparaison entre différentes organisations, selon les flux retenus pour la recherche de la solution, n'est donc pas simple à écrire du fait notamment de la complexité des flux de terre et d'eau. Elle sera cependant à réaliser pour s'assurer de la pertinence de la solution organisationnelle retenue, par rapport au même critère de gain net total pour la société. Elle met en évidence l'importance du réseau physique des flux érosifs qu'il faut utiliser pour obtenir l'efficacité économique la plus grande possible à partir d'une organisation spatiale, en considérant l'organisation des agriculteurs comme un facteur de production.

#### 4. RETOUR SUR LES HYPOTHÈSES

Dans notre approche nous avons considéré la prévention selon la nature érosive de la parcelle. Le résultat d'une action anti-érosive est alors donné par une fonction représentative de l'action adaptée au milieu considéré, selon la méthode dose-effet de l'économie de l'environnement. L'analyse a été menée sur une année et en fonction de la valeur moyenne de la variable aléatoire retenue, sans perte de généralité et afin de simplifier l'écriture du modèle<sup>17</sup>. Les gains publics sont évalués simplement par leur valeur monétaire approchée grâce à un gain unitaire du fait de dégâts évités. Les actions anti-érosives retenues pour seulement deux agents ont été simplifiées au maximum de façon à éviter des hypothèses incertaines sur la nature des fonctions mathématiques introduites. La maximisation pour un aménagement des parcelles, pour un choix de techniques et pratiques culturales et une organisation des agriculteurs, donne le gain net total social et la quantité de terre retenue correspondante. En faisant varier ces paramètres, on pourra obtenir un nouveau gain net social maximum et donc la meilleure prévention érosive.

<sup>17</sup> L'action s'étale en réalité sur une durée fonction de sa nature, de la rotation culturale de l'agriculteur, comme nous en avons donné un exemple précédemment. Seule l'expérimentation de l'action et de sa gestion donneront cette durée.

La mise au point d'une façon de produire avec un minimum de dégâts érosifs peut alors être comprise comme une nouvelle activité d'entretien de l'espace rural que les exploitants agricoles occupent et pour laquelle ils sont rémunérés, au moins le temps d'intégrer dans le processus de production de l'agriculteur les pratiques et aménagements anti-érosifs<sup>18</sup>. L'aide aux agriculteurs se justifie également comme une aide publique à la mise en place d'une norme de production agricole anti-érosive qui est actuellement inexistante.

La solution retenue du regroupement des agriculteurs sous la contrainte d'une institution décentralisée ne donne cependant pas satisfaction complète sur les aspects informationnels. Si la forme organisationnelle décentralisée et gestionnaire de l'action collective permet en effet de fixer l'action idéale au cas retenu et de vérifier si l'agriculteur l'a effectivement réalisée, elle permet seulement de connaître au mieux les caractéristiques économiques de l'agriculteur nécessaires au calcul de l'aide.

La solution d'une organisation décentralisée des agriculteurs laisse la possibilité que ceux-ci prennent eux-mêmes l'initiative de se regrouper autour d'un même projet collectif de lutte anti-érosive. Un tel regroupement, déjà réalisé par des agriculteurs, semble efficace dans la mesure où l'accord volontaire sur une action collective conduit à la bonne technique anti-érosive pour la société. Cette solution correspond à une incitation qui n'est pas financière mais juridique et qui est aussi une conséquence de la perception de l'agriculteur sur son rôle et sa place, par rapport aux questions environnementales, dans le monde rural. Cette forme semble proche de celle que Torres (1995) signale et qui correspond à une régulation locale, contractuelle et patrimoniale du territoire. Elle correspond à une forme complexe de gouvernance territoriale et locale que Papy et Torre (1999) distinguent parmi d'autres plus simples.

Le choix de la meilleure solution pour la société, souhaitable quelle que soit la nature de la forme organisationnelle collective retenue, n'est pas garanti pour autant. Il ne l'est que par la volonté éventuelle des membres de la forme de regroupement des agriculteurs<sup>19</sup> ou par volonté institutionnelle que nous

---

<sup>18</sup> Cette intégration pourrait être favorisée par une reconversion de l'exploitant agricole vers des marchés plus porteurs que ceux des cultures standards, au travers d'un plan de développement durable. Le plan de développement durable est contenu dans les dispositions nationales des mesures agri-environnementales qui ont accompagné la réforme de la politique agricole commune de 1992. Ainsi, la production intégrée de céréales avec un minimum de produits pesticides et phytosanitaires va se développer. Un agriculteur qui vise un marché de produits agricoles standards ne pourra alors intégrer l'action anti-érosive qu'en générant plus de chiffres d'affaires par diminution des autres coûts ou par agrandissement. Dans tous les cas, l'aide publique ne sera pas éternelle car il sera possible de rémunérer ce service par le marché dès lors qu'une norme de production anti-érosive existera, d'autant que les agriculteurs pourraient avoir la possibilité d'amortir certaines de ces charges nouvelles.

<sup>19</sup> C'est en cela que la forme organisationnelle résultant d'un accord implicite entre agriculteurs

préconisations. En effet pourquoi n'existerait-il pas une organisation environnementale et territoriale ayant pour but la gestion d'un problème environnemental, sur un espace cohérent, avec tous les partenaires en cause et permettant de trouver la solution anti-érosive générant le gain net total social le plus grand ?

### CONCLUSION

Après avoir mis en évidence l'importance relative des méfaits de l'érosion des terres agricoles en France et après avoir retenu une forme d'érosion complexe, nous nous sommes centrés sur sa gestion préventive.

Le caractère interactif de l'érosion est essentiel et afin de le prendre en compte nous avons rappelé les solutions institutionnelles qui existent en France pour gérer cette particularité.

Ceci nous a fait dessiner un cadre socio-juridique dans lequel nous avons proposé une approche d'économie publique la plus réaliste possible qui a pour but de gérer la lutte anti-érosive d'agriculteurs d'un même ensemble géographique.

Cette approche reste cependant théorique tant que les diverses fonctions introduites ne sont pas suffisamment connues pour résoudre le problème posé. Elle permet néanmoins la définition des conditions pour la réalisation d'une norme anti-érosive dont la caractéristique économique est d'égaliser son gain marginal à son coût marginal.

### RÉFÉRENCES

- Affichard J. (sous la dir. de), Favereau O., Friedberg E., Gérard-Varet L.A., Lazzeri C., Segal J.P., Sorin S., Thévenot L. et Troper M., 1998, *Décentralisation des organisations et problèmes de coordination : les principaux cadres d'analyse*, L'Harmattan, 143 p.
- Auzet V., Guerrini M.C. et Muxart T., 1992, "L'agriculture et l'érosion des sols : importance en France de l'érosion liée aux pratiques agricoles", Actes du colloque 'L'agriculture et la gestion des ressources renouvelables', *Économie Rurale*, n° 208-209, p. 105-110.
- Boiffin J. et Papy F., 1988, "Prévision et maîtrise de l'érosion : influence des systèmes de cultures", *Perspectives Agricoles*, n° 22, p. 93-98.
- Boiffin J. et Stengel P., 1999, "Réapprendre le sol : nouvel enjeu pour l'agriculture et l'espace rural", *Déméter Economie et stratégies agricoles*

- 2000, Armand Colin, p. 147-211.
- Bonnieux F. et Rainelli P., 1994, "Les politiques, agri-environnementales, premières réflexions pour un éclairage théorique", *Revue d'Économie Régionale et Urbaine*, 4, p. 407-422.
- Boyer M. et Laffont J.J., 1998, "Toward a Political Theory of the Emergence of Environmental Incentive Regulation", Journées de l'AFSE, 'Économie de l'Environnement et des Ressources Naturelles', Toulouse, Mimeo, 28 p.
- Cartier S., 1997, "Quelle gestion collective face au risque ? Le cas du ruissellement érosif des terres agricoles en pays de Caux", Compte-rendu de thèse, 15 p.
- Cartier S., 1999, *Entre recours à l'État et recours au marché, principes de solidarité face au risque de ruissellement érosif en Pays de Caux*, Thèse de doctorat de Sociologie, Université Paris X Nanterre et INRA Systèmes Agraires et Développement.
- Chambre d'Agriculture de l'Aveyron, 1998, *Programme intégré de lutte contre l'érosion dans les Rougiers de Camarès*, 20 p.
- Conseil Général de Seine Maritime, 1998, *Gérer l'eau à l'échelle d'un bassin versant*, guide méthodologique, 50 p.
- Elyakime B., 1999, *Gestion d'actions anti-érosives : conditions et interprétations*, Collection Logiques juridiques, L'Harmattan, à paraître.
- Elyakime B. et Bruno J.F., 1998, "Rentabilité sociale et conditions économiques de l'usage d'actions anti-érosives, Miméo, INRA, Toulouse, 15 p.
- Guéris J., 1998, *Gestion agronomique des processus érosifs à l'échelle du bassin versant cultivé élémentaire en région de grande culture*, Compte-rendu à l'Académie d'Agriculture Française, 84, 6, p. 5-16.
- Jauneau J.C. et Roque O., 1999, "Quel mode de calcul pour les primes agri-environnementales ? de l'expérience des MAE aux questions soulevées par les CTE", *Courrier de l'environnement de l'INRA*, 36, p. 53-65.
- Job L., 1994, "Externalités agricoles et demande d'espaces récréatifs : essai d'évaluation des espaces ruraux et naturels", *Revue d'Économie Régionale et Urbaine*, 4, p. 651-664.
- Klonsky K. et Jacquet F., 1997, "Comparaison des mécanismes d'incitations aux agriculteurs français et américains, concernant la conservation des ressources naturelles", Communication au colloque de la Société Française d'Économie Rurale 'Les mesures agro-environnementales', Paris, 12 p.
- Lacour C., 1994, "Intégration environnement-aménagement : fondements théoriques", *Revue d'Économie Régionale et Urbaine*, 4, p. 537-556.

- Laffont J.J., 1991, *Économie de l'incertain et de l'information*, Economica, 306 p.
- Lahaye N., 1997, "Externalités, coordination et proximités", XLVI<sup>e</sup> congrès annuel de l'Association Française de Science Économique, Miméo, 14 p.
- Ludwig B. et Boiffin J., 1994, *Simulation of the Influence of Protection Measures of the Genesis of Ephemeral Gullies in Cultivated Catchments*, International Soil Tillage Research Organization, 13<sup>e</sup> conference, p. 1169-1174.
- Martin P. et Souchère V., 1999, "Prévenir les risques de ruissellement et d'érosion. Techniques culturales et modélisation spatiale", *FaçSADe*, n° 2, 4 p.
- Ménard C., 1990, *L'économie des organisations*, La Découverte, 128 p.
- Ministère de l'Environnement, Ministère de l'Agriculture, 1996, *Les coulées de boue liées à l'érosion des terres agricoles*, INRA-SESCPF Orléans, CNRS Meudon, ADEPRINA, Paris, version provisoire, 71 p.
- Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 1998, *Notes et annexes pour l'élaboration de contrat territorial d'exploitation*, 30 p.
- OCDE, 1991, *L'état de l'environnement*, 317 p.
- OCDE, 1994, *Public Policies for the Protection of Soil Resources*, OECD Environment Monographs, 89, Paris, 80 p.
- Papy F., Le Bissonais Y. et Guérif, J., 1996, "Recherches sur les processus physiques et la maîtrise de l'érosion hydrique à l'échelle d'un territoire agricole", AIP Valorisation et protection de la ressource en eau, INRA, 10 p.
- Papy F., Martin P. et Bruno J.F., 1996, "Comment réduire les risques d'érosion par les pratiques agricoles", Forum 'Sécheresse, pollution, inondation, érosion ; que fait la Recherche ?', Futuroscope-Poitiers, 12 p.
- Papy F. et Torre A., 1999, "Quelles organisations territoriales pour maîtriser collectivement production et fonctionnement écologiques ?", Deuxièmes Journées de la Proximité du LEREPS, Toulouse, 10 p, Mai.
- Pearce D.W., 1976, "The Limits of Cost Benefit Analysis as a Guide to Environmental Policy", *Kyklos*, 29, p. 97-112.
- Rallet A. et Torre A. (sous la dir. de), 1995, *Économie industrielle et économie spatiale*, Economica, 473 p.
- Roque O., 1998, *La gestion environnementale de l'espace, du secteur au territoire. Analyse de deux expériences dans une zone ardéchoise en déprise*, Thèse de Doctorat d'Economie Appliquée, Université Pierre Mendès France et CEMAGREF, 93 p.

Torres E., 1995, "Contrats et conventions de développement patrimonial : la régulation locale des rapports environnement-économie", *Revue d'Économie Régionale et Urbaine*, 1, p. 103-124.

**EROSION OF AGRICULTURAL LAND  
AND PREVENTIVE MANAGEMENT:  
A COLLECTIVE AND INTERACTIVE FRAMEWORK FOR ACTION**

*Abstract* - Soil erosion of agricultural land is a problematic issue in several regions. In France, both, the north and the south are examples in point. The management of erosion-related problems needs to be taken into account just as seriously as the re-structuring of plots the intensive use of cereal crops and mechanised farming techniques that are increasingly responsible for erosion processes. Such an approach calls for the recognition of both private economy of the farmer who needs to adapt the agricultural methods and that of public economy whenever damage is caused outside the farmer's private domain and if a group of farmers are collectively helped through an anti-erosive action. Hence, the objective is to take into account interactive erosion effecting individual action of every farmer from the same location. For this purpose an institutional framework is defined so as to enable both collective and interactive management of the type of erosion through prevention. Thus, it is best to propose a collective and interactive erosion-model of actions through a simple and stylised case of two farmers by considering their respective diversity.

**LA EROSIÓN DE LAS TIERRAS AGRÍCOLAS  
Y LA GESTIÓN PREVENTIVA DE LA MISMA :  
UN MARCO DE ACCIÓN COLECTIVA E INTERACTIVA**

*Resumen* - La erosión de las tierras agrícolas afecta a muchas regiones. En Francia, el problema toca el norte pero también el sur. La gestión de los problemas vinculados con la erosión es aún más importante ya que la reestructuración de las parcelas, el uso intensivo del cultivo de cereales y de técnicas de cultivo mecanizadas aumentan sensiblemente el fenómeno erosivo. Una problemática así se refiere tanto a la economía privada del cultivador, que tiene que adaptar sus métodos agrícolas como a la economía pública, en caso de daños fuera del dominio privado del cultivador y si hay un colectivo de agricultores que recibe ayuda para poner en marcha una acción contra la erosión. En este trabajo intentamos tomar en cuenta una erosión interactiva que acusa la acción individual de cada agricultor de una misma cuenca vertiente. Para esto, definimos un marco institucional que permite la gestión tanto colectiva como interactiva del tipo de erosión por la prevención. Proponemos entonces un modelo de gestión de acciones contra la erosión colectivas e

*interactivas en el caso sencillo y esquematizado de dos agricultores tomando en cuenta su respectiva diversidad.*