HAL open science

Paiements directs et protection des zones humides : les marais du Cotentin (France)

Francois Bonnieux, Jean-Paul Fouet, Pierre Rainelli, Dominique Vermersch

To cite this version:

Francois Bonnieux, Jean-Paul Fouet, Pierre Rainelli, Dominique Vermersch. Paiements directs et protection des zones humides : les marais du Cotentin (France). 7. Congrès : Transition to an integrated agricultural economy, Sep 1993, Stresa, Italie. 15 p. hal-01594046

HAL Id: hal-01594046

https://hal.science/hal-01594046v1

Submitted on 7 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
Station d'Economie et Sociologie Rurales
DOCUMENTATION
65, Rue de St Brieuc
35042 RENNES CEDEX
Tél. : 99.28.54.08 et 09

PAIEMENTS DIRECTS ET PROTECTION DES ZONES HUMIDES : L'EXEMPLE DU COTENTIN (FRANCE)

15445

F. BONNIEUX, J.P. FOUET, P. RAINELLI, D. VERMERSCH
(INRA, ECONOMIE, RENNES, FRANCE)

RESUME

Les zones humides situées dans la presqu'île du Cotentin fournissent de nombreux bénéfices. Leur flore et leur faune sont appréciées par des individus qui vivent très loin de cette région. Elles jouent un rôle majeur pour les oiseaux migrateurs et ont été reconnues au titre de la convention de Ramsar.

L'étendue et la qualité de ces zones humides ont diminué, aussi a-t-on mis en place une politique de protection. Un système de contrats fondé sur la directive européenne n°797/85 est utilisé pour inciter les agriculteurs à accepter des contraintes sur leurs pratiques : on offre à tous les agriculteurs les mêmes compensations en échange du respect de pratiques conçues pour protéger l'environnement.

Ce système a été mis en place en 1991 à titre expérimental pour cinq ans : 12,5 % des agriculteurs éligibles ont été enrôlés. Par rapport à l'agriculteur moyen de la région, ceux-ci sont plus jeunes et mieux formés et exploitent des superficies plus grandes. La perspective d'un revenu accru est la principale raison d'adhésion au système. Mais ces agriculteurs ont aussi une attitude de défense de l'environnement.

SUMMARY - DIRECT PAYMENTS FOR WETLAND PROTECTION : THE CASE OF THE COTENTIN (FRANCE)

A lot of benefits stem from wetlands located in the Contentin peninsula. The flora and fauna that these wetlands support is valued even by people living far away from this region. So, due to their major role for migratory birds these wetlands have been designated as a Ramsar site.

Both the physical extent of these wetlands and their quality have declined so policy changes designed to protect them have been implemented. A voluntary scheme which has its origin in EEC regulation n°797/85, is used to induce farmers to accept constraints on their operations : all farms are offered the same standard payments for accepting the same conditions designed to protect the environment.

The scheme was brought into operation in 1991, as a five year experimental policy : 12.5 % of eligible farmers were enrolled. In comparison with the average farmer in the area, entrants in the scheme are younger and more educated ; their holdings are greater. The prospect of increased income is the most important reason for joining the scheme. But it also appears that these farmers have an environmental friendly attitude.

INRA-ESR
REN FB 80

1- Introduction

Les zones humides font partie des écosystèmes les plus menacés par l'activité humaine, tant du point de vue de leur étendue, que de leur diversité. Par leur topographie ou leur situation à proximité du littoral ou le long des fleuves, ces espaces ont toujours été recherchés pour l'habitat, ou les installations industrielles. Mais l'essentiel des atteintes est imputable à l'agriculture. Ainsi, aux Etats-Unis, un tiers de ces espaces avait été détruit au milieu des années 50 et la moitié avait disparu au milieu des années 80 (OCDE, 1991). En France, on estime que depuis 100 ans, deux tiers des zones humides ont disparu (Diana, 1992). Actuellement, la surface drainée qui est une approximation des étendues asséchées, concerne 2,5 millions d'hectares soit 4,6 % du territoire national et en moyenne 12 500 hectares ont été drainés par an durant les années quatre-vingts.

Pendant longtemps, les politiques agricoles et d'aménagement se sont opposées à la politique de conservation des zones humides. Celles-ci n'ont pas intégré correctement les fonctions écologiques essentielles auxquelles elles participent : production de biomasse, lieu de reproduction de nombreuses espèces, épuration et stockage des eaux... (Turner, 1991). Aujourd'hui, les choses ont changé et les zones humides font l'objet d'une attention particulière des pouvoirs publics suivant en cela les scientifiques et les associations de protection de la nature.

Pour ce qui est des politiques agricoles, la réforme actuelle de la politique agricole commune prend mieux en compte la protection des ressources naturelles, même si elle répond en priorité à des questions de politique budgétaire européenne et de relations internationales dans le cadre du GATT. En effet, les mesures agri-environnementales qui amplifient certaines actions antérieures, peuvent être utilisées comme instrument de préservation des milieux naturels et en particulier des zones humides. C'est le cas des soutiens individualisés qui tiennent compte des services rendus par l'agriculteur au milieu naturel et des pertes de revenu entraînées par l'adoption de pratiques plus favorables à l'environnement. A l'inverse d'autres pays, la France n'a pas l'expérience d'une politique de protection fondée sur ces principes. Jusqu'ici, l'intervention publique est passée par des mesures réglementaires. Ainsi, l'utilisation des paiements directs pour favoriser la réduction des nuisances ou la production d'aménités est-elle tout à fait nouvelle.

Nous nous appuyons sur une expérience lancée pour protéger les marais du Cotentin. Des paiements directs sont proposés aux agriculteurs dans le cadre de contrats standards qui prévoient l'adoption de pratiques agricoles plus favorables à l'environnement. Dans un premier point nous montrons que cette politique de protection répond à un objectif de développement durable des marais. Puis nous présentons un cadre théorique pour analyser le comportement des agriculteurs face aux contrats. Enfin dans un troisième point nous nous appuyons sur les résultats d'une enquête pilote faite afin de mettre en évidence les facteurs explicatifs du choix d'un contrat.

2- Développement durable des marais du Cotentin

On distingue actuellement trois zones bien délimitées dans les marais du Cotentin (Vivier, 1992) :

- le "marais transformé" dont la flore est comparable à celle que l'on trouve dans les prairies du bocage du "haut-pays",

- le "marais banal", le plus important quantitativement, sur sol minéral ou tourbeux. La flore de ces zones est directement liée aux pratiques agricoles (fauche et pâturage),

- le "marais non exploité" que l'on trouve sur les sols exclusivement tourbeux.

Les deux premières zones ont subi de profondes transformations. L'agriculture y a façonné un paysage insolite de grande qualité, marqué par les haies dans le marais transformé et par l'open field dans le marais banal. A ces agréments du paysage, s'ajoute le patrimoine culturel constitué par un habitat traditionnel restauré et entretenu régulièrement. La troisième zone, celle du marais non-exploité, a peu subi de modifications.

Dans l'ensemble du marais, la diversité des communautés végétales est le résultat d'un équilibre entre les données naturelles et les pratiques agricoles. Cette diversité participe à la valeur écologique des marais. La mosaïque de biotopes humides rencontrés (prairies, landes, plans d'eau libres) est aussi extrêmement favorable à la nidification de plusieurs espèces. Il faut tout d'abord citer le râle des genêts qui est inscrit sur la liste rouge mondiale des oiseaux menacés du Conseil International pour la Protection des oiseaux. L'évaluation de sa population oscille entre 300 et 600 chanteurs. Parmi les autres espèces, citons la bécassine des marais, le busard cendré, la barge à queue noire et le canard pilet. De plus ces zones humides jouent un rôle important pour l'avifaune migratrice, puisqu'elles sont situées sur les lignes de migration des oiseaux d'eau (plongeons, grêles, hérons, canards...) venant d'Europe du Nord. On observe ainsi la présence régulière d'au moins 20 000 oiseaux d'eau en période de migration et d'hivernage. Enfin, ces marais hébergent plus de 1 % des effectifs totaux de six espèces. Pour la qualité, le nombre des espèces et la diversité des nicheurs, ces marais sont un des principaux sites ornithologiques français et sont inscrits au titre de la convention de Ramsar.

Ces zones humides jouent un rôle physique important dans la gestion de l'eau tant en quantité qu'en qualité. Elles interviennent comme tampon au moment des crues et stockent une ressource rare lorsqu'il y a des sécheresses. Elles assurent le recyclage des eaux de ruissellement et de percolation puisqu'elles constituent un piège fort efficace pour les nitrates et les pesticides. Les aquifères permettent d'approvisionner en eau potable la principale agglomération de la région. Le maintien d'un niveau d'étiage suffisant et une bonne qualité de l'eau expliquent enfin l'abondance des ressources piscicoles. Les principales espèces recensées sont le brochet, le sandre, le gardon, la tanche et la carpe, et il y a aussi des anguilles.

Les marais du Cotentin sont donc la source de bénéfices variés, qui pour la plupart ne relèvent pas de la sphère marchande. Il s'agit d'aménités liées à la contemplation du paysage ou à l'existence de biotopes particuliers. Si on se réfère à un cadre plus analytique, on trouve ici la plupart des composantes de ce que Pearce et Turner (1990) appellent la valeur économique totale.

L'usage direct des marais du Cotentin est avant tout d'ordre agricole. Les deux productions principales sont le lait et la viande bovine qui sont valorisés aux prix du marché, avec pour le lait la possibilité d'une prime de 0,24 FF/l lorsqu'il est produit en respectant le cahier des charges de l'agriculture biologique. La fourniture d'eau potable correspond à un usage hors du site des marais, dont la valeur est facile à appréhender. Mais pour produire ces biens, produits agricoles et eau potable, le patrimoine naturel constitué par les marais, n'est pas essentiel. On peut facilement substituer au capital naturel mis en oeuvre, d'autres éléments de capital naturel situés dans d'autres zones ainsi que du capital fabriqué pour obtenir ces biens. Ces possibilités de substitution sont

évidentes pour les produits agricoles. Pour la fourniture en eau potable, on peut mobiliser des ressources plus éloignées au prix d'investissements en infrastructures supplémentaires, ou encore recourir au recyclage des eaux usées.

Parmi les autres usages directs des marais, il faut citer la pêche, la chasse et la promenade sous différentes formes (de la simple sortie dominicale à la découverte du milieu, en passant par le circuit à cheval). Les deux premières activités sont assez développées puisque 10500 permis pour le gibier d'eau sont délivrés chaque année, qu'il y a 351 installations de tir à poste fixe et que l'on dénombre 3000 pêcheurs. Pour ces usages, l'actif naturel marais joue un rôle essentiel et les possibilités de substitution sont limitées. Certes on pourrait imaginer de transporter, les chasseurs, les pêcheurs et les promeneurs ailleurs, toutefois ceci n'est pas très réaliste. Mais le rôle irremplaçable des marais est encore plus évident lorsqu'on considère les usages contemplatifs. La perception de la beauté et de l'unicité du paysage correspond à une préoccupation sociale très présente dans la région qui justifie la conservation et la préservation.

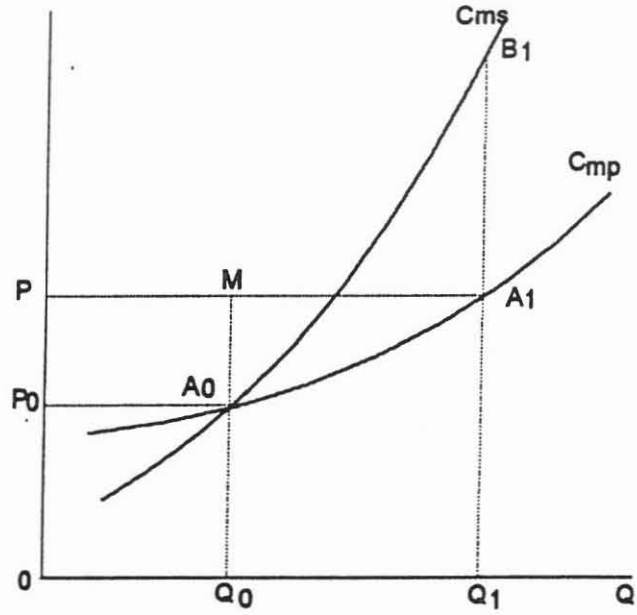
L'existence d'une flore diversifiée et d'une faune d'une grande richesse est source de valeur. Certes la destruction de certains éléments pourrait être compensée par la préservation et la restauration sur d'autres sites. Mais elle risquerait de provoquer des effets en chaîne avec des conséquences sur l'avifaune. Les impacts sur les oiseaux migrateurs se traduiraient alors par des pertes de valeur d'existence, subies au niveau international.

L'objectif de développement durable implique de satisfaire nos besoins présents sans compromettre la possibilité pour les futures générations de satisfaire leurs propres besoins. Or compte tenu de nos connaissances scientifiques, on ne sait pas fabriquer du capital substituable à l'actif naturel marais. On est donc conduit à préconiser une gestion de nature conservatoire. C'est bien l'incertitude quant à la réversibilité des changements des écosystèmes qui aboutit à préserver la valeur écologique des marais et par voie de conséquence la valeur esthétique liée au paysage, la valeur d'existence de la flore et surtout de l'avifaune.

La préservation du rôle fonctionnel des marais passe par le maintien de l'agriculture. On observe en effet, que l'abandon des pratiques agricoles conduit à une banalisation de la flore, notamment dans les tourbières qui évoluent vers le boisement. Cette banalisation a ensuite des effets sur la nidification et les migrations d'oiseaux. L'intensification a des effets analogues, avec au-delà de certains seuils une accumulation de polluants dans l'eau et les sédiments. Il y a donc un équilibre à trouver entre la déprise agricole et un système trop intensif.

On peut déterminer dans le cadre d'un modèle simplifié (Vermersch, 1992), le niveau d'intensification qui va permettre un développement durable des marais. Le niveau d'intensification est mesuré par un indicateur simple, la production Q par hectare sur le graphique 1. L'offre est représentée par la courbe de coût marginal privé C_{mp}. La deuxième courbe C_{ms} représente le coût marginal social, c'est donc la somme du coût marginal privé et des effets externes marginaux de l'agriculture.

On a vu que selon le niveau d'intensification l'agriculture produisait des effets externes tantôt positifs et tantôt négatifs. Ceci se traduit graphiquement par une courbe C_{ms} qui coupe C_{mp} au point A_o d'abscisse Q_o, par dessous. Si Q est inférieur à Q_o alors l'agriculture engendre des effets positifs sur l'environnement que l'on peut mesurer par l'aire située entre les courbes C_{mp} et C_{ms}. Au delà de Q_o, il y a apparition d'effets négatifs qui s'accroissent plus que proportionnellement et compensent donc très vite les effets positifs.



Graphique 1 - Intensification et développement durable

Le niveau des prix des produits résultant de la politique agricole commune a favorisé une intensification excessive. Les agriculteurs des marais du Cotentin sont confrontés à un prix P, qui les conduit à l'équilibre représenté par A_1 et à une production Q_1 par hectare. L'impact négatif sur l'environnement est mesuré par l'aire $A_0A_1B_1$. Peut-on améliorer la situation sur le plan collectif ? Il est facile de voir qu'une réduction marginale de la production conduit en général , à un équilibre préférable au sens de Pareto. En effet la diminution du surplus des producteurs est inférieure à la diminution des externalités négatives. Si les coûts de transaction sont peu élevés, on peut envisager un système de compensation de la société au profit des agriculteurs. Sur la base de cet argument, il est souhaitable de réduire la production jusqu'en Q_0 dès lors que l'aire $A_0A_1B_1$ est supérieure à l'aire A_0A_1M. La perte des producteurs peut être potentiellement compensée par la société. Dans ce cas le point A_0 correspond à un équilibre socialement plus efficace que le point A_1.

Il est intéressant maintenant de remarquer que si l'agriculture utilise un capital naturel unique (c'est-à-dire qu'on ne sait pas lui substituer d'autres catégories de capital) le point A_0 correspond à un développement durable. En effet si la production dépasse Q_0, l'avantage marginal social produit par l'agriculture devient négatif, ce qui altère le capital naturel transmis aux générations futures et l'objectif d'équité intergénérationnelle risque de ne pas être respecté.

L'introduction d'une taxe sur la production agricole, d'un montant unitaire égal à la différence entre P et P_0 permettrait d'atteindre l'objectif d'intensification compatible avec le développement durable du marais. Une telle politique constituerait cependant une application singulière du principe pollueur-payeur : les agriculteurs paieraient une redevance sur les nuisances, mais la société ne reconnaîtrait pas les aménités qu'ils génèrent. Dans un objectif d'équité compatible avec le développement durable, on est donc conduit à préconiser une politique qui combine la rémunération des externalités positives et la taxation des externalités négatives. Ces mesures peuvent s'analyser en termes de nouvelle répartition des droits à produire (Bromley et Hodge, 1991), puisque l'agriculteur ne peut intensifier qu'à condition de respecter l'objectif de développement durable. On peut aussi considérer qu'il n'y a pas de limitation du droit à produire ce qui

conduit à verser une compensation en échange d'une diminution du niveau d'intensification. Les paiements directs peuvent être justifiés à partir d'une redéfinition des droits de propriété. Jusqu'ici, les systèmes qui ont été instaurés reconnaissent aux agriculteurs un droit à produire sans limite et instituent des compensations (Whitby, 1989). Dans cette perspective la société rachète le droit à produire, mais ne rémunère pas pour autant la production du bien public que constituent les aménités. Mais les choses évoluent et l'on peut estimer que dans les prochaines années ces externalités positives seront prises en compte.

3- Paiements directs et comportement des agriculteurs

En introduisant les paiements directs pour gérer l'environnement, on vise une réduction des effets négatifs et un accroissement des effets positifs de l'agriculture. Dans les marais du Cotentin, les principaux objectifs portent sur la réduction de la pollution de l'eau par les nitrates, le maintien des haies sur le marais transformé et l'amélioration des conditions de nidification de certaines espèces rares. Il s'agit de proposer aux agriculteurs des incitations financières qui les conduisent à accepter des contraintes sur leur activité et à adopter des pratiques plus favorables à l'environnement.

Ce système fondé sur la libre adhésion des agriculteurs, se distingue du recours à diverses mesures réglementaires utilisées dans les marais du Cotentin pour protéger les zones les plus sensibles (constitution de réserves naturelles et de réserves de chasse, classement de sites pour protéger le paysage). On a aussi fait appel à l'achat public pour protéger 180 hectares de polders. Comme on le voit, la gestion de ces zones humides s'appuie sur un dispositif complexe qui combine des mesures complémentaires.

Dans le système de paiements directs, on propose des contrats identiques à tous les agriculteurs éligibles. Ce système se distingue donc de celui des contrats négociés individuellement et qui est assez largement utilisé au Royaume Uni. Comme le souligne Crabtree (1992) ces contrats individuels réservés à des zones limitées impliquent des coûts administratifs et des coûts de transaction élevés. Ces inconvénients apparaissent moins importants avec des contrats standards qui marquent donc une évolution des systèmes de contrats de gestion (Colman et al, 1992).

La mise en place des contrats standards se fait dans le cadre de l'article 21 du règlement communautaire n°2328/91 concernant l'amélioration de l'efficacité des structures de l'agriculture. Cet article reprend l'article 19 du règlement n°797/85 et est connu sous cette appellation.

Cette disposition permet d'instaurer dans les zones particulièrement sensibles du point de vue de l'environnement un dispositif d'aides aux agriculteurs qui acceptent volontairement et pour une durée minimale de cinq ans d'adopter des pratiques agricoles compatibles avec les exigences de l'environnement. A ce titre, ces exploitants peuvent bénéficier de primes annuelles à l'hectare couvrant tout ou partie des pertes de revenu ou des surcoûts résultant de l'adoption de ces nouvelles pratiques. La France a eu très peu recours à cette possibilité contrairement à l'Allemagne, les Pays-Bas, l'Italie et surtout le Royaume-Uni.

Pour la mise en oeuvre de cette possibilité la France s'appuie sur la formule administrative des OGAF (Opérations Groupées d'Aménagement Foncier) dans le but d'une plus grande efficacité des aides pour l'aménagement des zones défavorisées. Il s'agit d'interventions limitées dans l'espace et dans le temps, ce qui correspond bien à l'esprit de l'article 19 où l'on envisage des actions assez focalisées pour une durée

minimale de 5 ans. La nouvelle procédure a été expérimentée dans quatre types d'espaces :

- les secteurs de biotopes rares et sensibles, en priorité les zones humides, biotopes des oiseaux migrateurs ;
- les zones très extensifiées et à très faible densité agricole, où l'abandon progressif de certains territoires a pour conséquence des problèmes graves d'environnement, pouvant entraîner des risques naturels majeurs ;
- les zones gravement touchées par la pollution des eaux ;
- les secteurs forestiers menacés par les incendies.

La répartition des projets agréés par catégorie d'espaces (tableau 1) montre la prédominance des deux premiers types, qui représentent 86 % des surfaces concernées. Dans l'avenir, il a d'ailleurs été décidé de ne considérer que des projets concernant des biotopes rares ou la déprise agricole (Leuba et Simonet, 1992). Comme on le constate, la taille moyenne des projets est limitée (moins de 3000 hectares). La superficie du territoire concerné par ces opérations pourrait atteindre 125000 hectares dans l'avenir. Cette politique est donc réservée à des zones qui présentent des caractéristiques exceptionnelles.

Tableau 1 - Projets "Article 19" agréés au 25/03/92

	Nombre de projets	Surfaces (ha) concernées
Pollutions	2	2 500
Biotopes rares	14	37 417
Déprise	10	35 970
Incendies	4	9 200
Total	4	85 087

Source : Leuba et Simonet, 1992

Les paiements directs constituent un transfert de la collectivité au bénéfice des agriculteurs, qui est justifié par la réduction des nuisances et la production d'aménités. Un raisonnement en termes de transfert socialement optimal est intéressant sur le plan conceptuel (Whitby et Hanley, 1986) mais n'aboutit pas à une démarche opérationnelle. Il apparaît en effet difficile de quantifier la relation entre le montant du transfert et la valeur des externalités. La politique publique s'écarte donc d'emblée d'une approche de premier rang.

Les paiements sont conçus comme une compensation de perte de revenu ou de surcoûts effectifs dus à l'adoption de pratiques plus favorables à l'environnement. Il s'agit pour le décideur public de trouver le montant qui va faire basculer suffisamment d'agriculteurs et les conduire à modifier leurs pratiques. Ce transfert de revenu n'engendre que peu de distorsions dans l'allocation des ressources (OCDE, 1990). Toutefois, il va se capitaliser dans la rente foncière des zones éligibles. De plus, compte tenu de la diversité de l'agriculture, même dans une petite région, le prix fictif des contraintes imposées par un contrat varie d'une exploitation agricole à l'autre (Crabtree, 1992). Le contrat standard conduit donc à verser une prime supplémentaire à certains agriculteurs, puisqu'on leur donne plus que le montant minimum à partir duquel ils seraient prêts à changer leurs pratiques. On peut pour atténuer cet inconvénient proposer alors une gamme de contrats standards. Mais le gain en termes de coûts administratifs et

de coûts de transaction permis par les contrats standards est en partie compensé par le versement d'une surprime aux agriculteurs les plus efficaces (ceux qui ont les surcoûts les moins élevés).

Considérons le comportement d'un agriculteur noté i qui choisit de signer un contrat. Il est confronté à une gamme de K contrats. Un contrat particulier j lui assure un revenu supplémentaire R_{ij} . Un choix rationnel consiste à signer le contrat optimal k tel que :

$$R_{ik} = \max_j R_{ij} \qquad j = 1,\ldots,K. \tag{1}$$

Il retient donc le contrat qui donne le revenu supplémentaire le plus élevé. Le revenu supplémentaire se décompose en deux parties : d'une part la prime S_k associée au contrat et d'autre part une quantité C_{ik} spécifique du contrat et de l'agriculteur :

$$R_{ik} = S_k - C_{ik} \qquad k = 1,\ldots,K. \tag{2}$$

C_{ik} s'interprète comme le surcoût associé à l'adoption du contrat k. Il intègre donc la perte de revenu agricole attachée à l'adoption de nouvelles pratiques agricoles (diminution des doses d'engrais et du chargement en animaux, retard dans la date de fauche...) ainsi que la désutilité due à ce changement. On a donc une composante objective et des éléments plus subjectifs liés à la formation de l'agriculteur, à son information et à son comportement face au risque.

Le choix du contrat peut donc être représenté par un modèle polytomique ordonné. On introduit alors la variable de choix y_i :

$$y_i = k \tag{3}$$

si l'agriculteur i choisit le contrat k. On note ici que l'on pourrait raisonner sur un espace continu de choix.

L'information sur R_{ik} est privée et seul le choix du contrat est observable par le décideur public. On peut cependant spécifier un modèle économétrique si on a des informations sur les caractéristiques socio-économiques des agriculteurs expliquant leur comportement. En nous inspirant de la théorie de l'utilité aléatoire (Mc Fadden, 1974) écrivons que le revenu supplémentaire se décompose en une partie déterministe m_{ik} et une partie aléatoire e_{ik}.

$$R_{ik} = m_{ik} + e_{ik} \qquad k = 1,\ldots,K, \tag{4}$$

et on spécifie un modèle multinomial :

$$\Pr ob(y_i = k) = \Pr ob(R_{ik} > R_{ij}; j \neq k). \tag{5}$$

Si les perturbations sont indépendantes et équidistribuées, on peut écrire que :

$$\begin{aligned}\Pr ob(y_i = k) &= \Pr ob(m_{ik} + e_{ik} > m_{ij} + e_{ij}; j \neq k)\\ &= \Pr ob(m_{ij} + e_{ik} - m_{ik} < e_{ik}; j \neq k)\\ &= \prod_{j \neq k} \int_{-\infty}^{+\infty} F(e + m_{ij} - m_{ik}) f(e) de\end{aligned} \tag{6}$$

où f est la densité et F la fonction de répartition des perturbations.
Sous l'hypothèse d'une loi de Gompertz, c'est-à-dire $F(e) = \exp[-\exp(-e)]$, alors on a (Gouriéroux, 1989) :

$$p_{ik} = prob(y_i = k) = \frac{\exp m_{ik}}{\sum_k \exp m_{ik}} \tag{7}$$

et comme $\sum_k p_{ik} = 1 \qquad k = 1..., K.$ (8)

il faut normaliser les paramètres pour que le modèle soit identifiable. On pose donc, en normalisant par rapport à la première modalité (k=1) :

$$Log(\frac{p_{ik}}{p_{i1}}) = m_{ik} - m_{i1} = a_k + \sum_l b_l x_{il} \tag{9}$$

où les variables x_{il} (l=1,...,L) décrivent les caractéristiques socioéconomiques de l'agriculteur i. La règle de normalisation retenue, suppose que a_1=0. Le modèle permet donc d'étudier proportionnellement les choix entre la modalité k et la modalité 1, ces choix n'étant pas affectés par les autres modalités.

4- Mise en oeuvre des paiements directs dans les marais du Cotentin

La recherche d'un développement durable des zones humides du Cotentin a conduit à la création d'un parc naturel régional des marais du Cotentin et du Bessin en mai 1991. En plus des 25000 hectares de zones humides, il englobe 95000 hectares de bocage, ce qui correspond partiellement à cinq bassins versants.

L'OGAF a été circonscrite aux 8000 hectares de marais présentant le plus grand intérêt écologique (diversité floristique et possibilités de nidification de l'avifaune migratrice). Au total environ 1000 agriculteurs sont éligibles au titre de l'article 21. Mais compte tenu de la nouveauté des mesures agri-environnementales et de moyens financiers limités, le programme a démarré lentement. Dans un premier temps, automne 1991 et hiver 1991-1992, seulement 126 contrats ont été signés pour une durée de 5 ans. Le coût de l'opération s'élève à 1,8 MF dont les deux-tiers consacrés aux paiements directs. Le reste relève de l'animation, de l'administration et du suivi scientifique. Il s'agit de crédits d'origine essentiellement nationale (Ministère de l'Agriculture et Ministère de l'Environnement) et la part du FEOGA (moins de 5 %) ne concerne que l'animation et l'édition de documents. Une seconde campagne de contrats est prévue en 1993. Globalement les contrats proposés visent à promouvoir des techniques d'élevage extensives qui évitent à la fois l'abandon des parcelles les moins productives et une trop forte pression sur ces milieux fragiles. Ils combinent donc des contraintes sur la fertilisation et le chargement en animaux ainsi que des mesures spécifiques pour favoriser les conditions d'accueil et de reproduction du râle des genêts. On a offert le choix entre quatre contrats standards, avec la possibilité de les combiner.

Le contrat de base, avec une indemnité de 350 FF/an, prévoit que l'agriculteur maintient la prairie naturelle en l'état ne la fauchant qu'après le 15 juillet. Le maintien en l'état signifie qu'il n'y a ni drainage, ni creusement de nouveaux fossés. D'autre part, l'apport d'engrais minéraux est limité (N<30, P<15 et K<15) et l'épandage de produits

phytosanitaires ou d'engrais calciques est prohibé. Tout ceci avec un chargement de 0,7 à 1 unité de gros bétail (UGB) par hectare a pour objectif de favoriser une flore diversifiée et le développement de jeunes oiseaux nicheurs. Pour favoriser l'envol de ces oiseaux au moment de la fauche, il est demandé de commencer par le centre des parcelles. Si l'agriculteur accepte de faucher après le 25 juillet et s'interdit tout épandage d'engrais, ce qui permet de mieux protéger la flore des sols humides l'indemnité s'élève à 550 FF. Le report de la fauche après le 15 août et l'acceptation de charger les parcelles de 0,7 à 1 UGB/ha en moyenne par jour permet l'obtention dans les zones où se trouve le râle des genêts d'une somme de 850 FF. Enfin dans ces mêmes zones sachant que le râle des genêts attend septembre pour migrer vers l'Afrique, les mêmes contraintes en chargement avec fauche seulement un an sur deux, ouvrent la possibilité de bénéficier de 1100 FF.

Les agriculteurs ont choisi les contrats les moins contraignants qui donnent par conséquent accès aux indemnités par hectare les plus faibles (tableau 2). Aucun n'a opté pour le contrat avec indemnité de 850 F et 5 seulement ont choisi le contrat à 1100 F par hectare. On note que 19 ont préféré combiner le contrat à 350 F et celui à 550 F, ce qui revient à retarder la date de fauche après le 25 juillet sur une partie seulement des superficies de marais.

Tableau 2 - Répartition des contrats selon l'indemnité par hectare

	Nombre	
Indemnité (FF/ha)	Population	Echantillon
350	34	24
350-550	19	14
550	68	44
855	0	0
1100	5	5
	126	87

Une enquête pilote auprès de 88 des 126 agriculteurs ayant signé un contrat a été réalisée en vue d'étudier le comportement des exploitants face à cette démarche qui est très nouvelle en France. On a donc un taux de sondage de 69 %, tous les agriculteurs qui ont signé un contrat à 1100 F ont été interrogés. Pour les autres le taux oscille autour de 70 % selon la catégorie de contrat (tableau 2).

Dans un premier temps, nous montrons que les agriculteurs qui ont signé un contrat se distinguent nettement de l'ensemble des agriculteurs de la région. Puis dans un deuxième temps, nous estimons le modèle logit multinomial de choix du contrat.

Tableau 3 - Caractéristiques des exploitations selon le contrat

Indemnité (FF/ha)	SAU (ha)	Superficie (ha)		cheptel (UGB)
		marais	maïs	
350	56	17	9	86
350-550	53	21	6	68
550	46	13	7	66
1100	33	12	ns	50
Total échantillon	49	15	7	71
Marché	18		2	24

ns : non significatif

En premier lieu, il convient de souligner que les exploitants qui ont signé des contrats mettent en oeuvre des surfaces 2,7 fois plus importantes que la moyenne du département de la Manche. Les petites exploitations sont relativement peu nombreuses dans l'échantillon (les moins de 10 hectares représentent 3 % des effectifs contre 41 % dans la Manche) et les grandes sont très représentées (38 % et 5 % respectivement). Enfin dans l'échantillon, 31 % des terres se trouvent en marais ce qui indique très clairement l'importance des pratiques agricoles sur ce milieu fragile.

Pour ce qui est cultures dans le Haut-Pays, il faut noter l'importance du maïs, qui couvre plus du cinquième de la SAU hors marais soit 7 hectares par exploitation pour une moyenne départementale de 2 hectares. Les céréales occupent moins de 8 %, et le reste est représenté par les surfaces toujours en herbe. Le cheptel est important puisqu'il atteint 71 UGB par exploitation, trois fois plus que la moyenne départementale. Au total, le chargement des animaux de l'échantillon est légèrement supérieur à la moyenne départementale (1,4 UGB/ha contre 1,3 UGB/ha). Presque toutes les exploitations ont des vaches laitières et des génisses, seules 10 % en sont dépourvues. Ces dernières sont de taille exiguë. A l'inverse, les plus grandes unités concentrent les bovins à l'engrais.

La répartition des exploitations selon le chiffre d'affaires confirme que les exploitations de l'échantillon sont relativement grandes : 56 % dépassent 300 000 FF de chiffre d'affaires contre 29 % dans la Manche et 38 % se situent au-dessus de 500 000 FF contre 11 %. Il est intéressant de noter des différences significatives de taille des exploitations selon le contrat signé. Quel que soit le critère retenu (SAU, UGB ou chiffre d'affaires) on remarque que les contrats les moins contraignants concernent les plus grandes exploitations.

Les agriculteurs de l'échantillon sont plus jeunes en moyenne que ceux de la Manche (47 ans et 52 ans). On a dans l'échantillon une sur-représentation de la classe d'âge 35-44 ans (31 % contre 17 % pour la Manche) et une sous-représentation des plus de 60 ans (5 % contre 29 %). De plus, les signataires de contrat sont mieux formés puisque 47 % d'entre eux ont suivi une formation au moins égale au brevet d'enseignement professionnel agricole alors que le chiffre correspondant est inférieur à 25 % pour la Manche. On a aussi un écart dans le même sens lorsque l'on considère la formation permanente puisqu'elle a concerné 31 % des agriculteurs de l'échantillon et 6 % seulement de ceux de la Manche.

On a donc affaire à des agriculteurs plus jeunes et mieux formés que la moyenne de la région. De plus, ils apparaissent plus dynamiques comme le montre une adhésion plus fréquente à des organismes de vulgarisation et d'entraide : centre de gestion, contrôle laitier, coopérative d'utilisation de matériel agricole, groupe de vulgarisation agricole. Par exemple, 63 % des exploitants de l'échantillon adhèrent à un centre de gestion alors qu'il n'y en a que 13 % pour l'ensemble de la Manche. Pour ces critères (âge, formation, dynamisme) on constate de légères différences selon les contrats signés. Les agriculteurs qui ont opté pour les contrats à 350 FF/ha et à 550 FF/ha sont un peu plus jeunes, mieux formés et plus dynamiques (davantage d'adhésions à des organismes) que les autres .

Les considérations financières dans le choix des contrats viennent au premier rang des motivations (87 %) de même que l'allégement du travail qui résulte des systèmes plus extensifs (83 %). Mais le changement de pratiques requis par les contrats est un frein à la signature. Aussi les agriculteurs qui fertilisaient le marais ont de préférence choisi le contrat le moins contraignant : 79 % de ceux qui ont opté pour le contrat à 350 FF ont déclaré qu'ils fertilisaient le marais alors que 41 % des autres seulement ont déclaré le faire auparavant.

La sensibilité environnementale des agriculteurs est réelle puisque les deux-tiers estiment que ces contrats permettent de conserver les anciennes pratiques et de protéger les marais. Ces résultats concernant les motivations environnementales des contractants sont confirmés par les réponses des exploitants qui utilisent des parcelles de marais communal. Outre l'aspect productif ils y voient pour les trois-quarts un milieu intéressant pour la pêche-chasse, pour la nidification des oiseaux, et aussi dans la même proportion, pour la qualité des paysages.

Interrogés sur leur perception du bocage et sur leur comportement face aux haies, les agriculteurs estiment à 62 % qu'il n'y a pas eu de dégradation dans leur commune. On constate que près d'un quart ont des projets de replantation de haies, soit un peu plus que ceux qui envisagent d'abattre des arbres. Les encouragements techniques à la replantation, plans gratuits, conseils, apparaissent plus efficaces ou aussi efficaces que les aides financières.

En ce qui concerne leurs pratiques agricoles, lorsqu'on met l'accent sur les inconvénients environnementaux de la culture du maïs, on constate l'existence d'une certaine marge de manoeuvre. Au lieu de nourrir les vaches à partir du maïs ensilage, les éleveurs sont prêts, dans la proportion de 28 % à changer en utilisant de l'ensilage d'herbe complémenté par des concentrés. Dans des proportions comparables (30 %), ils seraient prêts à passer un contrat limitant la culture du maïs. La somme moyenne qu'il conviendrait de fournir en échange s'élève à 2777 FF/ha.

On a pu identifier les obstacles au changement d'itinéraire technique, obstacles assez forts chez 40 % des éleveurs. Ils tiennent essentiellement aux facilités de conduite de l'élevage et à la productivité en unités fourragères de cette culture. On retrouve à peu près la même attitude face à l'agriculture biologique dont l'intérêt écologique est reconnu, alors que les avantages économiques sont jugés insuffisants. Toutefois, les freins à son développement sont mal identifiés puisque sur ce type de question le taux de non réponses dépasse 60 %. Pour ceux ayant accepté de répondre quant à l'efficacité d'une aide en vue de la reconversion vers l'agriculture biologique on arrive à un montant moyen nécessaire d'environ 2000 FF/ha. Le dernier élément à souligner est l'ouverture vers l'agro-tourisme puisqu'un agriculteur sur cinq souhaite un gîte rural ou une chambre d'hôte. Plus de la moitié seraient intéressés par la mise en place de circuits de découverte de la région.

La perception de l'environnement diffère selon le contrat signé. Certes les différences ne sont pas considérables, mais on peut isoler les agriculteurs qui ont signé le contrat à 350 FF/ha. En effet dans 75 % des cas ils l'ont fait pour changer de pratiques et protéger le marais, alors que le chiffre correspondant est de 57 % pour les autres. Il faut être prudent dans l'interprétation de cette différence puisque le contrat à 350 FF/ha concerne dans l'ensemble des exploitations plus intensives. Mais d'autres critères conduisent à isoler cette catégorie d'agriculteurs. Leur sensibilité écologique apparaît plus grande comme le montre leur meilleure information sur l'intérêt du marais. Son intérêt pour la pêche et la chasse est connu de 83 % d'entre eux, son rôle pour l'épuration des eaux de 70 % et son paysage apprécié par 96 % de ceux qui ont signé un contrat à 350 FF/ha. Les chiffres correspondants ne valent que 68 %, 56 % et 67 % pour le reste de l'échantillon.

Tableau 4 - Estimation du modèle de choix de contrat

	1	2	3	4	5	6	7
Effets fixes (a_k)							
contrat 2 : a_2	- 1,80	- 1,87	-1,83	- 1,84	- 2,43	- 2,49	- 2,62
	(3,7)	(3,7)	(3,7)	(3,7)	(4,3)	(4,4)	(4,4)
contrat 3 : a_3	- 1,06	- 1,12	- 1,06	- 1,05	- 1,62	- 1,64	- 1,77
	(2,3)	(2,3)	(2,2)	(2,2)	(3,1)	(3,0)	(3,2)
contrat 4 : a_4	2,04	1,98	2,14	2,20	1,65	1,74	1,64
	(3,5)	(3,4)	(3,6)	(3,7)	(2,8)	(2,9)	(2,7)
Covariables (b_l)							
taille de l'exploitation	0,0165	0,0144	0,0246	0,0232	0,0150	0,0240	0,0206
	(2,0)	(1,4)	(2,4)	(2,4)	(1,9)	(2,4)	(2,1)
niveau de formation			- 0,8893	- 1,0781		- 0,9709	- 1,1456
			(1,8)	(2,1)		(1,9)	(2,1)
frein au chargement					1,2443	1,2876	1,2577
					(2,8)	(2,9)	(2,8)
dynamisme		0,0836		0,8890			0,1959
		(0,4)		(1,5)			(0,9)
- 2 Log vraisemblance	195,772	195,573	192,164	189,949	187,133	183,056	182,162
chi carré des covariables	4,378	4,577	7,986	10,201	13,017	15,094	17,988
qualité des prédictions (%)	61	61	62	64	68	700	71

t asymptotique entre parenthèses. contrat 1 : 350 FF/ha, contrat 2 : 350-550 FF/ha, contrat 3 : 550 FF/ha, contrat 4 : 1100 FF/ha.

L'estimation du modèle logit multinomial permet de préciser les points précédents, puisqu'elle confirme bien que le choix d'un contrat résulte d'une décision spécifique (tableau 4). On a retenu les quatre variables explicatives (covariables) suivantes :

- taille de l'exploitation mesurée par la SAU en hectares,
- niveau de formation mesurée par une variable dichotomique (0 si la formation suivie est inférieure au niveau du brevet élémentaire professionnel agricole, 1 sinon),
- frein au chargement, mesuré par une variable dichotomique (0 si l'agriculteur fertilisait les marais, 1 sinon),
- dynamisme, mesuré par une variable égale au nombre d'organismes auxquels adhère l'agriculteur.

L'estimation des sept spécifications retenues du modèle montre l'existence d'effets fixes. Cela signifie, que toutes choses égales par ailleurs, les probabilités de choix des contrats sont spécifiques aux différents contrats. Pour tester l'influence simultanée des covariables, on a fait un test du rapport de vraisemblance, le nombre de degrés de liberté étant égal au nombre de covariables. Les covariables introduites dans les quatre premières spécifications ont une influence significative sur les probabilités de choix au seuil de 95 %. Pour les trois dernières spécifications, le niveau de confiance dépasse 99 %.

La taille de l'exploitation et le frein au chargement sont les deux principales variables qui influencent le choix des contrats. Le niveau de formation et le dynamisme interviennent aussi, mais la valeur des coefficients est moins robuste à la spécification du modèle. Notons ici que nous n'avons pas pu montrer d'influence ni de l'âge, ni du mode d'utilisation du sol (mesuré par la perte de la superficie consacrée au maïs, ou en marais).

Il s'agit certes de résultats préliminaires, mais la qualité du modèle est satisfaisante, puisque selon les spécifications il permet de prédire correctement le choix du contrat dans une proportion qui va de 61 % à 71 %.

6- Conclusion

Les zones humides sont des espaces naturels menacés qui assurent de multiples fonctions : forte production de biomasse, épuration et stockage de l'eau, paysage unique, diversité floristique, alimentation et reproduction de la faune. De plus, les marais du Cotentin jouent un rôle essentiel pour l'avifaune migratrice, qui justifie leur inscription au titre de la convention de Ramsar. Jusqu'ici, les politiques publiques n'ont pas tenu correctement compte des bénéfices non-marchands fournis par ces biens. La pression de l'agriculture remet en cause l'existence même de ce patrimoine naturel.

Mais la préservation du rôle fonctionnel des marais passe par le maintien de l'agriculture. Ainsi, la recherche d'un objectif de développement durable conduit-elle à préconiser une gestion de nature conservatoire fondée sur une extensification de l'agriculture. L'équité justifie le versement d'une compensation en échange d'une diminution du niveau d'intensification. Les paiements directs prévus par les contrats standards mis en place dans le cadre de l'article 21 prennent la forme de primes annuelles à l'hectare. Elles visent à couvrir tout ou partie des pertes de revenu ou des surcoûts résultant de l'adoption de pratiques agricoles plus favorables à l'environnement. Dans cette perspective la société ne rémunère donc pas la production d'aménités par l'agriculture.

La France est entrée dans une phase expérimentale d'application des mesures agri-environnementales qui accompagnent la réforme de la politique agricole commune. Malgré les limites de l'enquête pilote, le travail réalisé dans les marais du Cotentin révèle un certain nombre de problèmes qu'il faudra résoudre avant de généraliser cette expérience. Tout d'abord, les zones éligibles sont limitées puisqu'il s'agit d'espaces particulièrement sensibles du point de vue de l'environnement. Dans le Cotentin, elles ne concernent donc qu'une partie des bassins versants. Cela met en évidence le risque que l'extensification sur les espaces les plus fragiles ne s'accompagne d'une intensification sur le Haut-Pays. La politique de protection mise en oeuvre produirait alors des effets pervers pires que le mal auquel elle tente de remédier. L'action publique doit porter sur l'ensemble des bassins versants. Une voie envisagée est d'étendre le système de contrat au Haut-Pays.

Lorsqu'on met en place un système de protection de l'environnement fondé sur la libre adhésion des agriculteurs, on n'est pas assuré qu'ils seront suffisamment nombreux à s'enrôler pour que les objectifs soient atteints. C'est pourquoi, les associations de protection de la nature ont tendance à préférer la réglementation. Jusqu'ici dans les marais du Cotentin les agriculteurs qui ont signé des contrats se distinguent nettement de la moyenne. Ils sont plus jeunes, mieux formés, plus dynamiques et exploitent des superficies plus importantes. On peut penser qu'au prix d'un effort supplémentaire d'information d'autres agriculteurs vont rejoindre ce système. A l'issue de la première campagne de contrats 12,5 % des agriculteurs éligibles avaient été enrôlés.

Il semble cependant que l'on ait sous-estimé le coût en termes d'efforts et de formation des changements de pratiques agricoles. Ceci est très clair lorsqu'on interroge les agriculteurs sur l'abandon du maïs ensilage et son remplacement par d'autres techniques. A cet égard les contrats ne sont pas assez incitatifs, mais l'augmentation des primes à l'hectare se heurte à une contrainte budgétaire. Aussi peut-on préconiser une

démarche par étapes, qui dans un premier temps privilégierait les contrats les moins contraignants. L'estimation du modèle de choix de contrat a montré qu'il y avait ici une population cible, que l'on peut amener à s'engager dans un processus de cette nature. Ceci suppose que l'on puisse ajuster les contrats, selon les résultats obtenus et nécessite donc beaucoup plus de souplesse dans l'application des mesures agri-environnementales.

7- Bibliographie

Agreste. (1991). Irrigation et drainage en France. *Etudes* n°3.

Bromley, D.W. Hodge, I. (1990). Private property rights and presumptive property entitlements : reconsidering the premises of rural policy. *European Review of Agricultural Economics*, 17 : 197-214.

Colman, D., Crabtree, B., Froud, J., O'Caroll, L. (1992). Comparative effectiveness of conservation mechanisms. *University of Manchester, Department of Agricultural Economics.*

Crabtree, B. (1992). Effectiveness of standard payments for environnemental protection and enhancement. *30th EAAE Seminar, Chateau-d'Oex, Switzerland.*

Diana, O. (1992). La protection et la gestion des zones humides. *Aménagement et Nature*, n°105 : 24-26.

Gouriéroux, A. (1989). *Econométrie des variables qualitatives.* Paris : Economica, 2è édition.

Leuba, M., Simonet, E. (1992). L'article 19 et la dynamique de l'environnement. *Aménagement et Nature* n°105 : 28-29.

Mc Fadden, D. (1974). Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. in *Frontiers in econometrics*, ed. Zarembka, D., : 105-142, New-York. Academic Press.

OCDE. (1990). *Reforming agricultural policies.* Paris : OCDE.

OCDE. (1991). *L'état de l'environnement.* Paris : OCDE.

Pearce, D.W., Turner, R.K. (1990). *Economics of natural resources and the environment.* Hemel Hempstead : Harvester, Wheatsheaf.

Turner, K. (1991). Sustainable wetlands : an economic perspective. in *Wetlands : market and intervention failures*, ed. K. Turner, T., Jones : 1-38. London : Earthscan Publications Limited.

Vermersch, D. (1992). Internalisation efficiente et agriculture durable. *Economie Rurale*, n°208-209, p.144-148.

Vivier, M. (1992). *De la diversité des usages à la monoproduction fourragère : le cas des marais de l'isthme du Cotentin.* Multigraphie, INRA.

Whitby, M. (1989). Environnemental application of article 19 of EC. directive 797/85 in the UK. in *Economic aspects of environmental regulation in agriculture*, ed. Dubgaard, A., Nielsen, A. Kiel : Wissenschaftsverlag Vauk.

Whitby, M., Hanley, N. (1986). Problems of agricultural externalities : a conceptual model with implications for research. *Journal of Agricultural Economics*, 37 : 1-11.

TB

stresa 1993 EAAE EUROPEAN ASSOCIATION OF AGRICULTURAL ECONOMISTS VII CONGRESS

VIIth EAAE Congress

Stresa Italy

6th - 10th September 1993

Contributed Papers

Volume G

AGRICULTURE AND THE ENVIRONMENT

TABLE OF CONTENTS

Page

Theme G : AGRICULTURE AND THE ENVIRONMENT

Zekri S. (Tunisia), Herruzo A.C. (Spain)
Complementary instruments to EEC nitrogen policy on non-sensitive areas : a case study in Southern Spain. 1

Giesen G.W.J., Berentsen P.B.M., Leneman H. (The Netherlands)
Costs of reducing nitrogen and phosphorus emission on livestock farms in the Netherlands. 11

Nehring R., Somwaru A., Kellogg R. (USA)
Modelling corn production and residual nitrogen: with a groundwater vulnerability index for nitrogen. 25

Vadnal, K. (Slovenia)
Environmental consideration of agricultural policy making - case study of Slovene agriculture. 54

Scheele, M. (Germany)
Spatial effects of environmental strategies and implications for the allocation of political competence in the European Community. 65

Baltussen W.H.M., de Hoop D.W., van Os J. (The Netherlands)
Economic instruments in agricultural policies to attain environmental goals. 79

Slangen L.H.G. (The Netherlands)
The economic aspects of environmental cooperatives for farmer. 93

Bonnieux F., Fouet J.P., Rainelli P., Vermersch D. (France)
Paiements directs et protection des zones humides : l'exemple du Cotentin (France). 111

Huang C.H. (Taiwan)
The rationale of excessive pesticide uses : hypothesis testing and implications. 126

Thijssen G.J. (The Netherlands)
The failure of the pigouvian tax system : the case of Dutch pig farms. 138

van der Veen M., Dijk J. (The Netherlands)
The nutrient flow model for Dutch agriculture: a new tool for environmental policy evaluation. 150