

EVALUATION ECONOMIQUE DE LA DEGRADATION DU SOL EN TUNISIE. CAS D'ETUDE: LE SOUS-BASSIN VERSANT DE L'OUED M'SILAH

MOHAMED SALAH BACHTA - ANOUAR BEN MIMOUN (*)

Il est communément admis que la conservation des ressources naturelles constitue de nos jours une composante principale de toute politique de développement agricole et économique.

Ce choix étant imposé par les données objectives actuelles qui caractérisent l'activité économique d'une manière générale et l'activité agricole en particulier.

En effet, dans ce contexte de mondialisation de l'économie et d'augmentation de la demande en produits agricoles et agroalimentaires, les secteurs agricoles sont appelés à réaliser des taux de croissance soutenus et compatibles avec le développement du reste de l'économie. Toutefois, les dotations en ressources naturelles surtout en eau et sol, ressources constituant le support naturel de l'activité agricole, sont généralement limitées et sont confrontées à des problèmes de dégradation et de déperdition. Dans les pays développés l'intensification des systèmes de production par une utilisation accrue des fertilisants, des produits chimiques et des différents intrants à usage agricole menace la qualité des nappes et des cours d'eau. Dans les pays en développement, la problématique des ressources naturelles est plutôt posée en termes d'une mise en culture des sols peu protectrice de ces ressources. Les faibles productivités des facteurs enregistrées par ces systèmes de production ne font qu'accentuer leur précarité. En effet, les revenus assurés par ces types d'agriculture sont relativement

bas et obligent les agriculteurs à procéder à une captation de la nature et ce, par une réduction des avances aux cultures, notamment les apports de fumure. La pratique de ces agricultures se traduit par une fragilisation des sols et par l'augmentation de leur vulnérabilité à l'érosion.

Dans ces conditions, la durabilité de l'activité agricole passe par la conception d'un modèle de production agricole garantissant un compromis acceptable entre une augmentation recherchée des productivités des facteurs et un souci de protection de l'environnement et de sa préservation pour les générations futures. Il s'agit d'un modèle de développement agricole qui soit protecteur de l'environnement et économiquement et socialement fondé (Hazell, 1998). Les Pouvoirs Publics ont pris conscience de la né-

cessité de réaliser un tel compromis. C'est ainsi que les politiques agricoles conçues et mises en œuvre par ceux-ci cherchent à concilier ces deux préoccupations. Les exigences de croissance et de sécurité alimentaire, principaux objectifs recherchés par les politiques agricoles, ont cédé progressivement la place à des considérations moins productivistes et plus protectrices de l'environnement et qui prennent en compte, de plus en plus, les effets de l'activité agricole sur son environnement.

Toutefois, l'acceptation du point de vue économique de la protection de l'environnement et des ressources naturelles est actuellement au centre des débats sur les politiques de développement agricole, "Les convergences et les préoccupations universelles pour la protection de l'environnement et des ressources

ABSTRACT

This paper discusses the application of two methods to estimate the economic value of soil degradation. The first one deals with a direct valuation by the means of the Contingent Valuation Method, given the specificity of soil degradation as a non market good which needs a hypothetical technique to be evaluated. The second one has been conducted for protected and degraded soils via a differential of productivities estimated from a production function.

Empirical results show an acceptable convergence between both methods. To appreciate the convergence degree for economic and environmental considerations of anti-erosive developments, a comparison of the soil degradation value has been made at average cost of anti-erosive development. The comparison shows a difference between estimated value and the average cost. This difference may be considered as an explanation of the private agent reticence towards the soil protection activity.

RÉSUMÉ

Deux méthodes ont été développées dans le cadre de ce papier pour estimer la valeur économique de la dégradation du sol. La première approximation consiste à une évaluation directe par la Méthode d'Évaluation Contingente, étant donnée le caractère de la dégradation du sol en tant que bien non marchand dont l'évaluation requiert une technique hypothétique. La deuxième approximation est faite par un différentiel de productivités de sols dégradés et protégés. Ces productivités ont été déduites de l'estimation d'une fonction de production.

Les résultats empiriques ont montré une convergence acceptable entre les deux méthodes. Pour une appréciation du degré de convergence des considérations économiques et environnementales des aménagements anti-érosifs, une comparaison de la valeur de la dégradation du sol au coût moyen d'aménagement de lutte anti-érosif a été conduite. Cette comparaison a révélé une différence entre la valeur estimée et le coût moyen. Par ailleurs, cette différence peut être avancée en tant que élément explicatif d'une réticence de l'agent privé vis-à-vis de l'activité de protection du sol.

(*) Respectivement maître de conférences et ingénieur principal à l'Institut National Agronomique de Tunisie.

naturelles en vue de les rendre plus durables, sont suivies généralement d'une divergence au sujet du prix à payer ou du coût à envisager pour réaliser cette protection" (Louhichi *et al.*, 1999). Pour les pays pauvres, la protection de l'environnement est supportée, dans la majorité des cas, par les Pouvoirs Publics. Les conséquences budgétaires d'une telle politique sont évidentes et difficiles à supporter.

En Tunisie, la dégradation des sols est un véritable handicap pour la croissance agricole. Cette dégradation semble être la résultante de plusieurs facteurs. En plus des facteurs climatiques et topographiques de prédisposition, il s'avère que l'activité humaine contribue à l'amplification de ce problème. Ceci par une exploitation peu protectrice à laquelle s'ajoutent des problèmes relatifs à l'organisation de l'accès au facteur terre et les formes de gestion de l'unité de production agricole (Bachta, 1998). Par ailleurs, la plupart des systèmes de cultures en Tunisie, à l'exception de certains cas particuliers (oasis, sericulture et maraîchage familial, ne couvrant que moins de 5% des superficies cultivées), sont des formes d'exploitation agricole des sols peu protectrices (M'Hiri 1998). Il est évident que la mise en culture des sols dans le cadre de pareils systèmes aboutit à la diminution de la fertilité des sols et contribue à leur dégradation physique.

On estime que l'érosion, sous toutes ses formes, menace environ 3 millions d'hectares dont 1,5 millions d'hectares sont affectés par une érosion forte à moyenne (MAT⁽¹⁾, 1993). On estime également que 1,1 million d'hectares sont cultivés sur des sols sensibles à l'érosion. La perte annuelle de la productivité des sols engendrée par l'érosion peut atteindre 1 à 2% de la production agricole (MAT, 1997-a).

Dans son œuvre de développement économique et social, la Tunisie accorde une place de choix à la conservation de ses ressources naturelles. La composante conservation des eaux et du sol (CES) a bénéficié d'une attention particulière qui s'est manifestée par des dépenses publiques qui n'ont cessé d'augmenter. La lutte contre la dégradation des ressources naturelles est conçue dans le cadre de trois stratégies nationales dont une concerne la CES. La grande partie des coûts inhérents aux différentes actions de CES est encore supportée par les Pouvoirs Publics, malgré la volonté d'impliquer les agriculteurs bénéficiaires dans la réalisations, l'entretien et la sauvegarde de ces actions. Les dépenses allouées à la réalisation des aménagements anti-érosifs sont passées de 2 MDT⁽²⁾ en 1979 à 20 MDT en 1988 puis à 24 MDT en 1991. Pour la décennie 1990-2000, les réalisations des programmes de la CES ont nécessité une enveloppe de 562 MDT (MAT, 1997-b). Ces investissements sont décidés le plus souvent sur des considérations de nature purement technique. La dimension économique de

ces décisions telle que la détermination d'un niveau de coût économiquement optimal de lutte contre la dégradation des sols est le plus souvent omise.

En somme, la lutte anti-érosive menée par la Tunisie se caractérise par un effort public important de financement décidé sur des bases techniques. Les tentatives d'impliquer les agriculteurs dans le financement de ces programmes n'ont pas encore abouti. Ces efforts sont loin d'endiguer la totalité du problème de la dégradation des ressources naturelles et d'assurer la stabilité de leur potentiel.

Mais la Tunisie peut-elle se permettre de consommer davantage de son budget nécessairement limité pour faire face aux différents problèmes menaçant ses ressources naturelles? Est-il toujours intéressant, sous des considérations purement économiques, de payer pour une action anti-érosive afin d'atténuer l'effet d'un certain niveau de dégradation observé?

Dans le but d'apporter des éléments de réponse aux questions qui viennent d'être posées, le présent papier cherche à évaluer la valeur économique de la dégradation du sol. Il vise plus particulièrement le développement d'indicateurs de valeur pour la dégradation du sol. Ces indicateurs seront comparés au coût moyen des aménagements conçus pour protéger les terres de culture. Cette comparaison permettra d'apprécier le degré de convergence des considérations économiques et environnementales des aménagements CES mis en oeuvre.

Le reste du texte va être organisé en trois sections. Une première section consacrée au cadrage conceptuel et à la méthodologie préconisée pour répondre à l'objectif du travail. Une deuxième est réservée à la présentation du cadre d'application et des résultats pertinents. Ces deux sections seront assorties d'une conclusion générale.

CADRE CONCEPTUEL ET MÉTHODOLOGIE

Dans cette section, il sera procédé, dans un premier, à un essai de formulation du problème de l'évaluation économique de la dégradation des sols en tant qu'un bien non marchand. Dans un deuxième, les techniques utilisées pour réussir une telle évaluation seront présentées.

En Tunisie, les études dans le domaine de la CES se limitent à la quantification physique de cette dégradation et dans certains cas aux évaluations économiques et financières de certaines actions d'aménagements et de conservation de ces deux ressources. Des études spécialisées pour l'appréciation de la valeur économique de la dégradation du sol sont peu nombreuses. L'évaluation économique de la dégrada-

(1) MAT: Ministère de l'Agriculture Tunisien.

(2) MDT million de dinar tunisien.

tion est un problème aussi bien méthodologique que conceptuel. Le fait d'attribuer à la dégradation du sol une valeur monétaire est souvent une tâche délicate qui demande un travail d'évaluation hors marché ou un recours à des prix reconstitués (valeur d'option, prix hédonistes, coût d'opportunité, etc...). D'une manière générale, les méthodes permettant cette évaluation peuvent être cernées en deux catégories:

- Les méthodes directes: souvent des méthodes d'évaluation hypothétique tel que la méthode des coûts de déplacement, la méthode d'évaluation contingente, etc...
- Les méthodes indirectes: la méthode des prix hédonistes, la programmation mathématique⁽³⁾, etc...

L'évaluation économique de la dégradation du sol

L'évaluation économique de la dégradation du sol trouve sa justification au moins à ces deux niveaux d'analyse:

- L'élaboration d'indicateur de valeur sous forme de prix pour la dégradation du sol aide les investisseurs aussi bien publics que privés pour juger de l'opportunité économique de leur réalisations dans le domaine de conservation de la ressource sol⁽⁴⁾. Il s'agit de comparer dans un cadre d'analyse coûts/bénéfices; la valeur de la dégradation au coût d'une éventuelle réalisation dans le domaine de CES.

- A l'échelle d'une exploitation agricole, la dotation en ressource sol est considérée comme un facteur fixe. La dépréciation et l'épuisement de ce facteur sont des véritables coûts qui ne sont pas pris en compte dans tout calcul de rentabilité effectué à ce niveau. Dans le cas où l'on considère cette dégradation comme une externalité de production, l'élaboration d'indicateur de valeur permettra de "l'internaliser" pour une meilleure allocation de la ressource sol à des fins productifs.

Typiquement un problème de gestion des ressources à l'échelle d'une exploitation agricole enveloppe deux aspects à la fois:

- L'usage d'un stock des ressources disponibles (immobilisations, capital foncier).
- Le flux des autres inputs.

Au cours de son allocation, ce stock subit un épuisement et une dépréciation. Son renouvellement demeure une étape nécessaire pour la durabilité de l'activité de production. La dégradation du sol est en fait un exemple d'épuisement et de dépréciation. Deybe (1994) parle du sol comme une ressource qui par certains côtés offre les caractéristiques d'une ressource épuisable.

Ce qui est proposé dans le cadre d'une analyse dynamique inter-temporelle d'exploitation et de conservation des ressources naturelles se résume à intégrer aux différents coûts d'exploitation une deuxième catégorie de coût relatif à l'épuisement et à la dépréciation des actifs naturels (Neher, 1995). Ce coût est défini comme un changement de la valeur du capital. Il est connu pour certains actifs marchands: c'est l'exemple de l'amortissement du matériel agricole qui traduit un amoindrissement de la valeur de l'actif immobilisé résultant d'un usage qui cause cette dépréciation. Pour d'autres actifs, en l'occurrence la terre dans une exploitation agricole, la valeur de la dépréciation demeure difficile à évaluer. Un marché permettant une évaluation de la dépréciation d'une terre agricole est pratiquement inexistant, d'autant plus qu'un marché de l'actif lui-même est quasi-absent ou mal structuré dans plusieurs cas.

La dégradation du sol fait partie de la catégorie des biens et des services qui ne sont pas évalués au niveau du marché. Les effets de cette dégradation en tant qu'une externalité sont au nombre de deux au moins:

- L'allocation de la ressource terre, demeure non optimale et l'économie de marché est inefficace dans la mesure où cette externalité provoque une divergence entre le coût privé et le coût social de la production de tout produit agricole nécessitant la mobilisation de la ressource terre.

Le prix d'échange de la terre peut ne pas traduire sa valeur économique réelle étant donné le caractère sporadique de son marché.

Techniques d'estimation de la valeur économique de la dégradation des sols

La dégradation du sol dans le cadre de ce travail a été évaluée selon deux techniques différentes: la première est directe et consiste en l'application de la méthode d'évaluation contingente en tant que technique d'évaluation hypothétique des biens et des services non marchands. La deuxième est indirecte faisant référence à la théorie de production et cherche à approximer la dégradation par un différentiel de productivités de sols dégradés et protégés. Les résultats issus des deux techniques font l'objet d'une comparaison.

Evaluation de la dégradation par la méthode d'évaluation contingente

L'idée est d'établir, avec des agriculteurs concernés par le problème de dégradation de leur sol, un marché contingent dont le bien à évaluer est la dégradation. La disposition des agriculteurs à payer⁽⁵⁾ (DAP) pour protéger leurs terres est une estimation de la valeur monétaire de la dégradation du sol. La méthode d'évaluation contingente est employée pour obtenir

⁽³⁾ Pour plus de détail voir Louhichi *et al.*, 1999.

⁽⁴⁾ Voir B. Desaignes et P. Point (1993).

⁽⁵⁾ Dans d'autres littératures on parle de Consentement.

de l'information sur cette disposition à payer. C'est une technique de révélation directe des préférences individuelles dans le cas de biens et de services non marchands. Elle permet des évaluations en terme monétaire de ce type de biens et de services dans un cadre de marché fictif (hypothétique, contingent).

L'évaluation contingente, devrait se faire sous l'hypothèse fondamentale stipulant que face à un éventuel changement du bien-être, le comportement d'un agent peut se manifester par:

- sa disposition à payer (DAP) pour obtenir un gain (ou éviter une perte) de bien-être,
- sa disposition à recevoir comme compensation à une perte de bien-être.

La mise en œuvre d'une évaluation contingente requiert un certain nombre de conditions (Garrabe, 1994):

- L'enquêté doit être familiarisé avec le bien dont on veut déterminer sa valeur.
- Il doit avoir déjà eu l'occasion de faire des choix impliquant ce bien.
- L'incertitude de la situation proposée à l'évaluation, doit être minimale.
- Il convient de ne mesurer que la DAP.
- Il est nécessaire de soumettre à l'enquêté des informations sur la nature, la situation, les effets d'un projet et sur les biens dont on veut mesurer la valeur. Le protocole de l'évaluation contingente doit aboutir à une révélation de la DAP (éventuellement de la DAR). Trois phases complémentaires sont indispensables pour la mise en œuvre de ce protocole. Elles sont:

1. Phase de préparation: cette phase consiste à la définition du bien à évaluer, au choix de la zone cible et de la population à contacter et à l'élaboration des scénarios de l'évaluation.

2. Phase d'entretien: l'entretien avec les enquêtés doit renfermer au moins:

- Une description détaillée du bien ou du service à évaluer.
- Des questions relatives aux caractéristiques de l'enquêté.
- Des questions permettant à l'enquêté de proposer une évaluation.

Les méthodes les plus connues pour établir un contact avec la population cible sont des entretiens directs par enquêtes de terrain ou par correspondance postale. Une certaine préférence pour la première a été mise en évidence par plusieurs travaux (Grappey, 1999).

La révélation de la valeur d'une DAP, éventuellement une DAR, au cours des entretiens avec les enquêtés peut être assurée par plusieurs techniques. Les plus recommandées sont les suivantes:

- La technique de la "question ouverte": elle consiste à demander directement à l'enquêté de situer son

DAP ou DAR.

- La technique du "jeu d'enchères": l'enquêteur doit suggérer une valeur de départ de façon arbitraire et qui peut être fondée sur des connaissances préalables. L'enquêté doit indiquer s'il est d'accord de payer ce prix. S'il est disposé à payer un prix supérieur, l'enquêteur lui propose un nouveau prix, et ainsi un processus itératif s'engage jusqu'à ce que l'enquêté refuse une nouvelle augmentation du prix. La dernière valeur constituera sa disposition maximale à payer. La procédure inverse, c'est à dire l'enchère descendante permet de mesurer la disposition minimale à recevoir (Garrabe, 1994). Remarquons que cette technique n'est pas valable si on procède à des correspondances postales.

- La technique de "choix dichotomique/à prendre ou à laisser": une série de prix prédéterminés est présentée à l'enquêté. Il lui est demandé s'il accepte ou non l'un de ces prix. L'enquêté répond par oui ou par non et quelque soit sa réponse il n'y a pas d'itération⁽⁶⁾.

Dans le cas du présent travail l'entretien direct et la technique du "jeu d'enchères" ont été adoptés: au cours des enquêtes, des valeurs monétaires ont été suggérées progressivement à l'enquêté qui devrait répondre par oui ou par non. La dernière valeur, après laquelle l'agriculteur refuse une augmentation, a été retenue comme sa DAP.

3. Phase de traitement: c'est l'étape qui devrait dégager la valeur de la DAP ou la DAR. Elle nécessite un traitement particulier du biais, des non-réponses et des réponses nulles.

A partir des données collectées (par questionnaire), il est possible d'obtenir de l'information sur la moyenne et la médiane de la DAP. Dans le cas d'une homogénéité de l'échantillon enquêté la moyenne est suffisante.

Comme prolongement de l'exercice de l'évaluation, l'explication de la formation de cette DAP, au sein d'une population donnée, peut faire l'objet d'un travail économétrique. Ceci dans le but d'identifier les caractéristiques pouvant affecter la DAP. Il s'agit, par exemple, d'estimer empiriquement l'équation suivante:

$$DAP = DAP(R, Q, E, S, A)$$

Où R est le revenu de l'enquêté, Q est la quantité du bien objet de l'évaluation, E est un indicateur de qualité de ce bien, S représente les variables d'ordre social (âge de l'enquêté, niveau d'instruction,...) et A représente d'autres variables susceptibles d'intervenir pour l'explication de la variation de la DAP.

Les formes fonctionnelles ainsi que les procédures d'estimation diffèrent d'un cas d'étude à un autre et

⁽⁶⁾ Voir Bowker *et al.*, 1988 et Berrens *et al.*, 1997.

selon la technique utilisée. Si le format du questionnaire est de type "question ouverte" ou "jeu d'enchères", on pourrait se limiter à la forme linéaire, logarithmique ou semi-logarithmique associée à la technique des moindres carrés ordinaires. Les modèles Tobit sont utilisés dans ce cas de figure et lorsqu'on veut prendre en compte les DAP nulles⁽⁷⁾.

Comme toutes les autres méthodes d'évaluation hypothétique, la méthode d'évaluation contingente présente certaines limites dont les principales sont, suivant Amigues *et al.*, (1996):

- L'apparition du comportement de "resquilleur".
- Les difficultés dans certains cas de déterminer une valeur de départ à proposer lors de l'entretien.
- Le niveau de revenu peut orienter la disposition à payer ou à recevoir. Ce qui explique en partie la convergence entre la DAP et la DAR. Carson (1997) à avancer que la divergence entre DAP et DAR est devenue une norme et non pas une exception.

Le protocole proposé peut avoir des effets sur la valeur de la DAP révélée dont les plus connus sont:

- Effet de stratégie (effet de resquilleur) qu'un enquêté peut développer pour révéler une fausse valeur de DAP dans le but de ne pas supporter les charges financières que sa réponse peut autoriser. La DAP dans ce cas est sous estimée.
- Effet de complaisance qu'une personne exprime pour se conformer aux attentes de l'enquêteur.

Ces différents effets peuvent donc biaiser la valeur de la DAP estimée. Hurlé et Pérez y Pérez (1999) classent ces biais en deux catégories:

- Les biais non-instrumentaux: décomposés en biais de stratégie et biais hypothétique. Le premier est dû aux caractéristiques du bien à évaluer (c'est l'exemple des biens environnementaux qui présentent souvent un statut de bien public). Le deuxième est dû à l'utilisation d'un marché hypothétique où rien ne garantit que le comportement de l'individu à travers ce marché est le même que dans un marché réel.

- Les biais instrumentaux: causés par le manque de précision lors de l'exercice de l'évaluation contingente.

Conscients de l'importance des limites de cette méthode, nous avons décidé d'approcher la valeur économique de la dégradation du sol par une autre méthode indirecte et d'apprécier la convergence des résultats obtenus.

Evaluation de la dégradation du sol à travers la fonction de production

L'adoption de cette approche part de l'hypothèse qui

⁽⁷⁾ Les correspondances entre techniques d'estimation et la nature de la variable traduisant la DAP sont discutées par Hanneman (1994) et Mc Fadden(1994).

veut que pour deux zones identiques sur les plans climatique, pédologique, techniques de production et d'orientation culturelle, mais différentes en ce qui concerne la protection de leurs sols, les productivités du facteur terre soient différentes.

Cette approche requiert alors l'estimation d'une fonction de production dans au moins, deux zones pour mesurer la différence de productivités du facteur terre. L'approche économétrique demeure une solution adéquate pour le travail empirique.

Généralement, pour qu'un modèle représentant une fonction de production soit faisable sa construction doit impliquer un compromis entre deux types d'ajustement nécessaires (Heady et Dillon, 1972):

- D'une part, les variables considérées dans le modèle sont déterminées par la nature et la disponibilité de l'information.

- D'autre part, la représentation fonctionnelle est choisie pour être manipulable sur le plan statistique (en terme d'estimation et de test). La forme algébrique correcte n'est jamais connue au préalable, elle est tributaire de la connaissance du processus de production et aussi des fondements théoriques permettant de garantir l'existence des propriétés requises.

Dans le cadre du présent travail, les facteurs conventionnels suivants ont été retenus: le capital immobilisé (K) à l'exception du facteur terre, le travail (L), la mécanisation (M) et l'ensemble des autres facteurs variables de production agrégés (S). La variable endogène (Y) est une production agricole agrégée (céréaliculture et arboriculture fruitière). Toutes les variables ont été divisées par la surface agricole utile (T) donnant lieu à une unité de mesure de DT/hectare. La terre n'a pas été retenue comme variable à part entière pour des raisons de manque d'information sur les prix de la terre dans la zone d'étude. En ce qui concerne la structure algébrique, la fonction de production est représentée par un modèle linéaire, soit:

$$\frac{Y}{T} = \alpha_0 + \alpha_k \frac{K}{T} + \alpha_l \frac{L}{T} + \alpha_m \frac{M}{T} + \alpha_s \frac{S}{T} \mu$$

pour la zone à sol non dégradé (1)

$$\frac{Y}{T} = \beta_0 + \beta_k \frac{K}{T} + \beta_l \frac{L}{T} + \beta_m \frac{M}{T} + \beta_s \frac{S}{T} v$$

pour la zone à sol dégradé (2)

Où les α_i , et les β_i sont les paramètres à estimer, μ et v sont deux résidus aléatoires.

Il n'est pas évident de trouver suffisamment d'information en terme physique à propos de la dégradation du sol. L'élaboration d'un indicateur quantitatif demandera donc d'énormes efforts de la part des spécialistes. Pour capter l'effet de la dégradation du sol sur les productivités moyennes de la terre et étant

donné les difficultés de caractériser quantitativement cette dégradation, une variable dummy (d) a dû être introduite comme régresseur dans l'équation (1). L'insertion de cette variable muette permet d'estimer les deux modèles sous la forme d'une seule régression.

Cette variable muette (d) prendra la valeur 1 (d=1) si le sol est dégradé et la valeur zéro (d=0) si le sol est protégé⁽⁸⁾. L'équation du modèle inter zones peut s'écrire de la manière suivante:

$$\frac{Y}{T} = \alpha_0 + d(\beta_0 - \alpha_0) + \alpha_k \frac{K}{T} + d(\beta_k - \alpha_k) \frac{K}{T} + \alpha_l \frac{L}{T} + d(\beta_l - \alpha_l) \frac{L}{T} + \alpha_m \frac{M}{T} + d(\beta_m - \alpha_m) \frac{M}{T} + \alpha_s \frac{S}{T} + d(\beta_s - \alpha_s) \frac{S}{T} + \varepsilon \quad (3)$$

Où ε est un résidu aléatoire.

Si d=1, (3) est la même que (2), si d=0, l'équation (3) est la même que (1).

Conformément à l'hypothèse de départ que nous avons avancée, la valeur économique de la dégradation est déduite par la différence entre les constantes des deux modèles (1) et (2), soit le coefficient $(\beta_0 - \alpha_0)$ associé à la variable muette d dans le modèle (3) à estimer.

CADRE D'APPLICATION ET RÉSULTATS

Zone d'étude et collecte des données

La région d'étude choisie connaît des processus érosifs des sols relativement anciens. Elle doit aussi avoir fait l'objet de tentatives d'endiguement de ces processus. Ces caractéristiques garantissent d'une part, l'existence de zones traitées et bien conservées et d'autres dégradées et d'autre part, une certaine connaissance de la dégradation des sols et de ses conséquences par les agriculteurs. Elle doit également présenter une certaine homogénéité sur le plan climatique, édaphique, technique et au niveau des systèmes de cultures pratiqués.

La région de El Ala-Haffouz du gouvernorat de Kairouan (Tunisie Centrale) constitue l'une des régions de la Tunisie où le processus érosif est le plus avancé et où les tentatives d'endiguement de ce fléau sont les plus anciennes. Le premier projet de CES que cette zone a connu, a été mis en œuvre au début des années soixante (CNEA⁽⁹⁾, 1988). La région a connu depuis la succession d'autres aménagements de CES. Les derniers dataient de la fin des années quatre-vingt et début des années quatre-vingt dix.

Le sous-bassin versant de l'Oued M'Silah de la délégation de Haffouz a été retenu comme zone d'étude. Des enquêtes auprès de 83 agriculteurs y ont été conduites. Les enquêtés appartiennent à trois communautés différentes de ce sous-bassin versant. Il s'agissent de:

– La communauté de Aouadid et Ouled Mansour (22

agriculteurs enquêtés): les terres de cette communauté ont vu l'installation des techniques anti-érosifs (banquettes manuelles) au cours des années soixante et certaines plantations d'acacia et de cactus. Actuellement les banquettes sont totalement dégradées. Les terres sont de nouveau menacées par une érosion hydrique remarquable sur le terrain.

– La communauté de Ouled Aissaoui (34 agriculteurs enquêtés): la lutte contre l'érosion dans cette communauté est relativement récente. Elle a fait l'objet d'un terrassement mécanique dans le début des années quatre vingt dix. Les aménagements ne couvrent qu'une partie des agriculteurs de cette communauté.

– La communauté Ababsa et Henchir Ben Hammouda (27 agriculteurs enquêtés): dans ce cas il s'agit d'un aménagement intégré (terrassement mécanique consolidé par une plantation d'acacia et de cactus) mis en œuvre vers la fin des années quatre vingt et le début des années quatre vingt dix.

L'information collectée auprès des enquêtés se rapporte essentiellement au système de culture, à l'appareil de production de l'exploitation (il s'agit d'un inventaire sur les facteurs de production fixes, les facteurs de production variables et les produits obtenus) et aux aménagements anti-érosifs ainsi que de l'expérience de l'agriculteur vécue en matière de CES.

Un protocole d'évaluation contingente est également proposé. Ce protocole commence par une description détaillée du problème de la dégradation du sol et ses effets à courte et longue période.

Par la suite trois scénarios ont été proposés à chaque agriculteur enquêté, pour obtenir:

- Sa disposition à payer pour lutter contre la dégradation d'un hectare de terre dans les conditions financières actuelles.

- Sa disposition à payer pour lutter contre la dégradation d'un hectare de terre si les conditions financières s'améliorent.

- Sa disposition à payer pour lutter contre la dégradation d'un hectare de terre dans le cadre d'un projet d'aménagement anti-érosif mené par un organisme spécialisé et où l'agriculteur supporte la moitié des charges des actions de CES qui vont être installées sur son exploitation.

Tout l'exercice de l'évaluation contingente a été conduit en supposant que l'agriculteur citera sa disposition à payer en fonction d'un certain nombre de variables d'ordre social et économique (notamment sa capacité financière), en fonction de l'état de son sol et en fonction de son expérience antérieure dans

⁽⁸⁾ On suppose que les sols de la zone traitée par des aménagements CES ne soient pas dégradés et inversement.

⁽⁹⁾ CNEA: Centre National d'Etudes Agricoles.

le domaine de CES.

Une DAP moyenne par zone a été calculée. La valeur économique de la dégradation selon cette deuxième méthode d'évaluation est obtenue par la différence entre les deux DAP moyennes des deux zones.

Résultats

Résultats de l'évaluation contingente

Détermination de la DAP. Le tableau suivant illustre les DAP moyennes calculées pour chacune des deux zones ainsi que la différence (Δ .DAP) pour

	Zone	DAP en Dinars	Δ DAP
DAP du Scénario 1	Dégradée	15,62	31,25
	Non dégradée	46,87	
DAP du Scénario 2	Dégradée	81,25	96,87
	Non dégradée	178,12	
DAP du Scénario 3	Dégradée	68,75	15,63
	Non dégradée	53,12	

les trois scénarios proposés. Pour les deux premiers scénarios, la DAP est inversement proportionnelle au niveau de la dégradation. En d'autres termes, les agriculteurs de la zone dégradée ont disposition à payer plus faible. Cette attitude serait-elle expliquée par un manque de sensibilisation aux problèmes érosifs, par la faiblesse des rendements attendus de la protection de sols très dégradés ou aussi par le manque de moyens financiers.

En prenant en compte les résultats des autres scénarios la disposition à payer serait davantage expliquée par les possibilités financières des enquêtés. En effet, en passant du scénario 1 au scénario 2 qui suppose une amélioration de la situation financière observée durant le premier, nous pouvons relever une augmentation de la DAP. Comparée à la DAP du scénario 1, celle du scénario 3 enregistre une augmentation. L'agriculteur s'engage mieux dans le cadre des projets collectifs même si ses capacités financières restent limitées. Par contre, il acceptera d'entreprendre individuellement des aménagements anti-érosifs si les contraintes financières sont levées, ce qui explique la diminution de la DAP du scénario 3 par rapport au scénario 2.

Etude de corrélation de la DAP et d'autres caractéristiques de l'exploitation. Comme il a été annoncé au niveau de la section 2, il est question ici d'examiner la dépendance de la DAP de certaines variables caractérisant l'exploitation agricole à travers le calcul de coefficients de corrélation entre cette DAP et ces variables. L'identification de la nature de ces

dernières est basée sur la connaissance du terrain mais aussi sur l'analyse de la bibliographie relative à des études empiriques. Les variables sociales sont souvent avancées pour expliquer la réaction des agriculteurs vis-à-vis de l'activité de CES. Parmi ces variables, les plus citées sont la taille de la famille, l'âge de l'agriculteur, le revenu du ménage.

Les résultats de ce calcul montrent une corrélation relativement faible mais statistiquement significative entre la DAP et le revenu interprété ici comme une proxy des possibilités financières des agriculteurs.

Le scénario 3, en plus de sa caractéristique comme marché contingent, permet aussi de tester la réaction des agriculteurs vis-à-vis de l'activité CES entreprise dans le cadre de projets collectifs. Il convient de noter ici la réaction favorable des agriculteurs quant à la collaboration avec des organismes spécialisés dans le domaine de la CES (corrélation DAP/E significative

	Age	TF	N	T	E	R
DAP Scénario 1	-0.48*	-0.12*	0.20	0.39**	0.03	0.42**
DAP Scénario 2	-0.17	-0.12	0.14	0.52**	0.11	0.36**
DAP Scénario 3	-0.21*	-0.06	0.29**	0.14	0.38**	0.42**

*Corrélation significative à 10%. **Corrélation significative à 5%.
Age: c'est l'âge de l'agriculteur, T: taille de la famille, N: niveau d'instruction, T: surface agricole, E: augmentation du rendement suite à une expérience antérieure en CES, R: le revenu.

pour ce troisième scénario). L'enquête a révélé que 87% des agriculteurs répondaient "oui" pour payer une somme de 50 D/ha dans le cadre d'un éventuel projet de CES. 46% de ces derniers sont prêts à doubler ce montant.

En ce qui concerne les variables sociales, la taille de la famille pour le premier scénario est négativement corrélée avec la DAP. En effet, compte tenu des capacités financières des agriculteurs de la région étudiée relativement limitées, un nombre plus grand de personnes par ménage augmentera les dépenses pour la subsistance et réduira par voie de conséquence toute constitution d'épargne à investir dans la CES. En cas d'une amélioration du revenu de l'agriculteur, la taille de la famille peut ne pas jouer le rôle d'obstacle à l'investissement en matière de lutte contre la dégradation du sol. La taille de la famille n'explique plus la formation de la DAP, c'est le cas du second scénario.

Par ailleurs, on constate une corrélation entre la DAP et l'âge des agriculteurs. Une telle relation pourrait être due à:

- Une mauvaise perception du problème de dégradation du sol.
- La nature du troisième scénario elle-même. En effet ce scénario suppose que l'agriculteur devrait partici-

per à un projet de CES. Les impacts de ce projet sont à percevoir à long terme, horizon de planification qui peut ne pas correspondre à ceux de cette catégorie d'agriculteurs.

Pour le facteur terre, on s'attendait bien à ce que l'augmentation de la provision en ce facteur entraînerait une augmentation de la DAP, hypothèse validée par les deux premiers scénarios. Il y a lieu de noter le cas particulier du troisième scénario selon lequel l'agriculteur s'engagera dans des projets collectifs de CES indépendamment de la superficie de sa terre. Néanmoins, il n'est pas exclu que les valeurs moyennes de DAP calculées cachent des disparités intra-zones. Etant donné les faibles tailles des échantillons utilisées, des essais de classifications (typologie) n'ont pas pu être menés afin de capter le maximum de différence des DAP intra-zones.

Résultats de l'évaluation indirecte: estimation du modèle économétrique

Le modèle représentant la fonction de production a été estimé par la technique des moindres carrés ordinaires (MCO).

Etant donné que l'échantillon renferme deux groupes, un groupe par zone, ayant des tailles différentes, il a été procédé à la pondération des variables par la racine carrée du nombre d'observation retenu pour chaque groupe.

En vue de déceler une éventuelle multicollinéarité⁽¹⁰⁾ entre les variables explicatives, l'estimation de la matrice de corrélation entre les divers régresseurs a été effectuée. L'examen de cette matrice révèle l'existence d'une certaine multicollinéarité entre les variables travail (L), mécanisation (M) et facteurs variables de production (S). Le remplacement des variables M et S par une variable G agrégeant les deux premières et l'élimination du facteur travail de l'équation à estimer a permis de réduire le risque de multicollinéarité à des niveaux acceptables.

Les résultats définitifs de l'estimation économétrique figurent dans le tableau suivant (tab. 3). La valeur économique de la dégradation du sol comme nous l'avons déjà indiqué, est déduite par la différence ($\beta_0 - \alpha_0$), soit le coefficient estimé de la variable muette d. D'après le **tableau 3**, cette valeur (en terme de valeur absolue) est de 34,45 DT/hectare.

En comparant les deux méthodes développées pour estimer la valeur économique de la dégradation du sol, la convergence demeure acceptable notamment pour les scénarios 1 et 3 alors qu'avec le deuxième scénario, la valeur déduite par la méthode d'évaluation contingent dépasse largement celle déterminée par le modèle économétrique⁽¹¹⁾.

CONCLUSION

Le présent travail s'est fixé comme objectif d'élaborer

Tableau 3 Résultats de l'estimation de la fonction de production.

Variables	Constante	K	G	d
Coefficient estimé	38.01	3.41	19.63	-34.45
Test t de Student	2.23	2.42	9.91	-2.39
Coefficient de détermination ajusté			0.70	
Nombre d'observations			49	

des indicateurs de valeur économique de la dégradation du sol. Deux méthodes ont été développées à cet effet:

– une méthode directe: la dégradation du sol peut être mesurée à travers un marché contingent où l'effort est consacré sur la révélation de la disposition à payer des agriculteurs pour lutter contre la dégradation de leur sol,

– une méthode indirecte: en utilisant une conception économétrique estimant une fonction de production dans deux zones, l'une à sol dégradé, l'autre à sol protégé par des aménagements de CES.

Les résultats de l'évaluation de la dégradation issus des deux approches donnent dans deux cas sur trois des valeurs voisines et se révèlent d'une convergence assez acceptable.

Une telle évaluation constitue de l'information permettant d'orienter les efforts futurs de conservation du potentiel édaphique dans les deux zones étudiées.

Le coût par hectare des aménagements CES varie selon la nature de l'aménagement envisagé. Il est de 430 DT/hectare pour un terrassement manuel, de 400 DT/ha pour un terrassement mécanique et de 210 DT/ha pour la consolidation des aménagements (MAT, 1996).

La valeur de l'annuité calculée à un taux d'intérêt de 7% et une durée de 7 ans pour les terrassements mécaniques est de 75 DT/hectare. Celle avec le même taux d'intérêt et pour une durée de 10 ans pour les terrassements consolidés est de 85 DT/hectare. Sur la base de ces indications et en comparaison avec la valeur économique de la dégradation du sol estimée (30 à 35 DT/hectare) on peut constater alors une divergence entre le coût et le rendement de l'investissement consenti⁽¹²⁾.

Cette divergence doit être interprétée avec prudence. Cette divergence peut nous suggérer, à première vue

⁽¹⁰⁾ Le problème de multicollinéarité est souvent rencontré au cours de l'estimation des fonctions de production du fait de la grande corrélation entre les imputs. Généralement l'output est régressé sur un nombre limité de variables. Voir F.H. Tyner et L.G. Tweeten, (1965).

⁽¹¹⁾ En toute rigueur statistique, la comparaison des deux valeurs de la DAP devrait être menée par des tests statistiques. La réalisation de tels tests dépasse le cadre de cet article.

⁽¹²⁾ Il est évident que les durées de vie observées dans la réalité sont de loin inférieures à celles considérées ici.

et sous des considération purement économiques, que les aménagements sont, dans les conditions techniques actuelles, économiquement non justifiés. Cependant, deux points peuvent l'expliquer.

Le premier est relatif aux effets des aménagements. Ces effets sont de deux catégories:

– des effets directs ou de premier ordre: lutter contre la dégradation physique du sol, atténuer l'effet du ruissellement des eaux, augmenter la fertilité du sol et par conséquent sa productivité;

– des effets d'ordre social et écologique à observer sur la plus longue échéance.

Au cours de ce travail, seulement la première catégorie des effets est prise en compte. La divergence constatée peut être expliquée en partie par des soucis d'ordre social (stabilisation de la population rural) et écologique et qui devrait être en toute être supportée par la collectivité toute entière.

Le deuxième point concerne l'idée d'irréversibilité du phénomène de dégradation. En effet, dans la mesure où le seuil d'irréversibilité est atteint, il serait impossible par la suite de reconstituer un sol dans une période de courte durée.

aménagements CES visent dans ces cas à arrêter l'amplification du problème et de préserver au moins la situation actuelle.

L'échec de certaines actions en CES est souvent attribué à un manque d'adhésion des agriculteurs et à une mauvaise perception du problème par ces derniers.

A un certain niveau de notre analyse, nous avons démontré le rôle que peut jouer le niveau financier de l'exploitation pour expliquer la décision de l'opérateur privée. Jaziri (1999) et sur une zone d'étude voisine à la notre a démontré que la décision d'investissement en CES est fonction d'un certain nombre de variables sociales et économiques. La rentabilité de l'investissement consenti par l'agent privé demeure la variable ayant le pouvoir explicatif le plus élevé.

Toutefois, la divergence entre la valeur économique de la dégradation et le coût de l'aménagement anti-érosif que nous venons d'évoquer peut-elle être d'un certain secours pour expliquer la réticence observée chez l'agent privé vis à vis de la CES?

Enfin, il est clair que la généralisation de l'exercice mené pourrait confirmer davantage la convergence entre les deux méthodes que nous avons utilisées et générer des conclusions d'une portée plus large.

Les indicateurs sur la valeur de la dégradation peuvent ainsi constituer une référence intéressante et une information économique à valoriser lors de la conception de politiques de CES. ●

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Amigues J. P., Desaignes B. et Quang H. Vuong (1996) L'évaluation contin-

gente, Controverses et Perspectives. Cahiers d'économie et sociologie rurales. n° 39-40, 2ième et 3ième trimestre, p. 124-150.

Bachta M. S. (1998) Exigence de croissance et de production. Résumé de communication lors du quatrième séminaire du centenaire de l'INAT sur "Compétitivité, Régulation du Secteur Agricole et Mécanisme du Marché", Tunis 18-19 Février 1998. (non publié).

Berrens R. P., Bohara A. et Kerkvliet K. (1997) A randomized response approach to dichotomous choice contingent valuation, *American journal of agricultural economics*, vol. 79 n° 1, p. 252-266.

Bowker J. M. et Stoll J. R. (1988) Use of dichotomous choice nonmarket methods to value the whooping crane resource. *American journal of agricultural economics*, vol. 70, n° 2 p. 372-381.

Carson R. T. (1997). Contingent valuation: Theoretical advances and empirical tests since the NOAA Panel. *American journal of agricultural economics*, vol 79 n° 5, pp. 1501-1507.

Centre National d'Etudes Agricoles (1988) Evaluation des travaux de CES dans la région d' El Ala Haffouz. CNEA.

Desaignes B. et Point P. (1993) Economie du patrimoine naturel. La valorisation des bénéfices de protection de l'environnement. Ed Economica.

Deybe D. (1994) Vers une agriculture durable: Un modèle bio-économique., Thèse PhD, CIRAD, p. 13.

Garrabe M. (1994) Ingénierie de l'évaluation économique, 1994, ed. Ellipses, pp.121-130.

Grappey C. (1999) Fiabilité des résultats de la méthode d'évaluation contingente et modes d'interrogation: une application à la ressource en eau souterraine. *Economie rurale*, n° 254, p. 45-53.

Hanemann M. (1984) Welfare evaluation in contingent valuation experiment with discrete responses. *American journal of agricultural economics*, vol. 66 n° 3, pp. 332-341.

Hazell P. BR. (1998) Agricultural growth, Poverty and Environment: Introduction. IAAE. *Agricultural Economics*.

Heady E. O. et Dillon J. L. (1972). *Agricultural production functions*, Ed. Iowa State University Press, pp. 195-217.

Hurlé J. B. et Pérez L. P.Y. (1999). Non-markets benefits valuation of conservation policies in Spain. *Medit* n° 1, p. 4-13.

Jaziri N. (1999) Contribution à l'étude du comportement des agriculteurs face aux aménagements CES. Mémoire de fin d'études de cycle de spécialisation, INAT, Tunisie.

Louhichi K., Flichman G. et Zekri S. (1999) Un modèle bio-économique pour analyser l'impact de la politique de CES: le cas d'une exploitation agricole tunisienne. *Economie rurale*, n° 252, p. 55-64.

Mc Fadden M. (1994) Contingent valuation and social choice. *American journal of agricultural economics*, vol. 76 n° 4, pp. 689-708.

M'Hiri A. (1998) Synthèse des communication du premier séminaire du centenaire de l'INAT, "Mobilisation, exploitation et conservation des ressources naturelles sur la rive sud de la Méditerranée". Novembre 1997. (non publié).

Ministère de l'Agriculture. Direction de la CES (1996) Décomposition des coûts unitaires des ouvrages de CES.

Ministère de l'agriculture, DGPDI (1997-a) Etude sur la stratégie des ressources naturelles. Rapport final, partie I vol. 2 et partie 2 vol. 1.

Ministère de l'agriculture (1997-b) Neuvième plan de développement économique et social. Le développement agricole et les ressources naturelles. Rapport général.

Ministère de l'agriculture. Direction de la CES (1993) Stratégie nationale de la CES 1990-2000.

Neher P. A. (1995) *Natural resource economics. Conservation and exploitation. Parties I et II.* Cambridge University Press.

Tyner H. F. et Tweeten L. G. (1965) A methodology for estimating production parameters. *Journal of farms economics*, vol. 47, p. 1462-1467.