

Evaluation de la valeur de préservation de la qualité de la nappe d'Oued Kheirate

MOUNIR BELLOUMI*, MOHAMED SALAH MATOUSSI**

Introduction

Les ressources naturelles et environnementales ont connu une surexploitation excessive, accompagnée parfois aussi de dégradations irréversibles, qui menacent sérieusement l'équilibre écologique indispensable à la survie et à la pérennité de notre planète. Notons que cette surexploitation pourrait être aisément expliquée par les caractéristiques intrinsèques de ces biens (common pool resources, biens publics, etc.) et surtout, par l'évolution économique, démographique et urbaine extrêmement rapide des dernières décennies. La seule issue pour relever ce défi, serait de concevoir des mécanismes appropriés, capables de conduire à une préservation minimale de ces ressources absolument indispensables à la promotion d'un développement durable. La réalisation de cet objectif passe nécessairement par la mise au point de procédures adéquates de valorisation de ce genre de biens, considérés jusque là comme des dons de la nature et offerts donc gratuitement ou à la rigueur, moyennant des prix plutôt forfaitaires. Etant donné la quasi-absence de marchés classiques pour ces biens d'environnement, et l'échec de toutes les méthodes d'évaluation susceptibles de fournir des valorisations correctes, l'imagination de procédures appropriées, qui tiennent compte explicitement de toutes les caractéristiques propres de ces biens, s'impose.

A l'heure actuelle, nous assistons heureusement à un développement prodigieux, aussi bien d'ordre théorique qu'empirique, des méthodes de valorisation de ces biens d'environnement. La construction et la conduite d'enquêtes d'évaluation contingente ont connu des perfectionnements substantiels. La théorie sous-jacente, qui justifie la pertinence du recours aux méthodes hypothétiques, attire

Résumé

L'objectif majeur de ce travail est d'estimer, par la méthode d'évaluation contingente, la valeur de préservation de la qualité d'une nappe souterraine menacée par la salinisation ainsi que la détermination des variables explicatives du consentement à payer (CAP) des usagers. Une telle valeur peut être intégrée dans une analyse avantages-coûts pour décider de l'opportunité de la préservation de la qualité de la nappe. L'application porte sur la nappe d'Oued Kheirate, le principal réservoir d'eau douce d'une des régions les plus démunies de la Tunisie, à savoir le Centre-Est.

Abstract

The major objective of this work is to estimate, by the contingent valuation method, the water quality value and to determine the explanatory variables of users' willingness to pay. This value represents the willingness to pay to protect groundwater from salinization. It can be integrated in the cost-benefit analysis to decide whether it is possible to preserve groundwater quality. The study is focused on the Oued Kheirate water table, the main fresh water reservoir of one of the most disadvantaged regions in Central Eastern Tunisia.

sans cesse les économistes les plus éminents. En outre, des méthodes d'estimation économétrique, capables de tenir compte explicitement des spécificités de ces biens et des données issues de ces enquêtes, ont vu le jour et elles constituent aujourd'hui un corps autonome de la théorie économétrique établie.

L'objectif majeur de cette recherche consiste

essentiellement à estimer la valeur de préservation de la qualité d'une nappe souterraine ainsi que la détermination des variables réellement explicatives de la disposition à payer des usagers. Notons que ce travail s'appuie sur les analyses les plus récentes de la théorie économique des biens d'environnement et sur les développements méthodologiques les plus modernes tant dans la théorie économique que dans les techniques de conception et de traitement de l'enquête d'évaluation contingente. Notre étude empirique porte sur le cas particulier de la nappe souterraine d'Oued Kheirate. Ce choix s'explique tout simplement par le fait que cette nappe, qui constitue le réservoir d'eau douce le plus important d'une des régions les plus démunies en ressources en eau de la Tunisie, à savoir le Centre-Est, est menacée par la salinisation.

1. La valeur économique de préservation de la qualité de la nappe

Cette valeur inclut trois composantes :

- La valeur d'usage, qui est facile à repérer et découle de l'usage direct du bien.
 - La valeur d'option, qui est définie par le consentement à payer (CAP) d'un individu souhaitant garder l'option de l'utilisation future du bien préservé dans son état actuel
 - La valeur de non-usage, qui regroupe deux principaux éléments dont le trait commun réside dans la non-utilisation directe de l'actif naturel.
- La valeur de legs, qui pourrait être estimée par le CAP

* Faculté de Droit et des Sciences Economiques et Politiques de Sousse, Cité Erriadh 4023 Sousse Tunisie.

** Faculté des Sciences Economiques et de Gestion de Tunis, Tunisie.

des individus désireux de transmettre le bien aux générations futures, et

- *La valeur d'existence*, qui est le CAP des individus voulant maintenir l'existence du bien, même s'ils savent qu'ils ne vont pas l'utiliser dans le futur.

2. La méthode d'évaluation contingente

Certains biens d'environnement peuvent être consommés gratuitement. Cette consommation procure une utilité aux usagers, qui génère une amélioration du bien-être sans induire nécessairement une contre-valeur en termes monétaires. Notons que c'est cette variation du bien-être qui pourrait constituer la valeur du bien d'environnement. Un des objectifs de ce travail est de recourir à une des méthodes permettant l'estimation de la valeur du bien environnemental, à savoir la méthode d'évaluation contingente (M.E.C). Cette méthode vise à révéler les préférences des usagers grâce à des questions hypothétiques afin d'estimer la variation monétaire du bien-être. La qualité de la N.O.K est un bien non-marchand qui entre dans la catégorie des biens environnementaux.

L'évaluation contingente requiert la résolution préalable de deux problèmes :

- Celui de la formulation personnelle de la valeur de la DAP, qui revient à un choix sous contrainte budgétaire, et
- La révélation de cette valeur, qui est une question de comportement stratégique.

Rappelons que plusieurs économistes manifestent des doutes sérieux sur la méthode, explicables par les biais divers qui la caractérisent (Mitchell et Carson, 1989 ; Amigues et alii, 1996). Cependant, nous avons assisté, surtout durant les dernières années, à des développements prodigieux et des progrès substantiels en matière de correction de ces biais. En effet, des avancées objectives ont été réalisées en termes de formulation des questionnaires, de traitement économétrique des données issues des enquêtes d'évaluation contingente. Notons aussi que les bases théoriques de la méthode ont aussi été affinées et consolidées (Diamond et Hausman, 1994).

3. Justification du choix de la N.O.K et présentation de l'enquête

Nous commencerons par justifier le choix de cette nappe, puis nous passerons à la présentation de l'enquête. L'estimation et l'analyse des résultats obtenus suivront.

3.1. Le choix de la Nappe

La nappe souterraine de l'oued Kheirate constitue le réservoir aquifère le plus important de la région de Sousse (Centre-Est de la Tunisie). Cette nappe appartient à la catégorie des nappes semi-profondes avec une qualité chimique de son eau assez bonne pour le moment. Elle est alimentée essentiellement à partir de l'infiltration des eaux de crues de l'oued kheirate (environ, les deux tiers du to-

tal). Rappelons que la stratégie nationale de mobilisation des ressources en eau du pays, prévoit la construction d'un barrage en amont de la plaine d'Enfida, dont les objectifs majeurs sont la lutte contre les inondations, la création d'un périmètre irrigué et la recharge artificielle de la nappe.

Selon l'étude de Manaa et al. (1996), les ressources retenues par le barrage sont insuffisantes à l'assurance de l'irrigation et à la recharge artificielle. Si cette dernière fonction n'est pas assurée correctement, le pire pour la nappe est à craindre. En effet, son niveau baisserait, ce qui permettrait l'intrusion de l'eau marine et la dégradation de la qualité de ses eaux.

Face à un tel scénario, les décideurs publics se trouvent devant deux alternatives : soit réaliser la recharge artificielle de la nappe, soit permettre l'irrigation d'un périmètre agricole. Pour qu'on puisse trancher entre les deux alternatives, il est bon d'effectuer une analyse avantages-coûts. Cette dernière requiert l'estimation de la valeur de préservation de la nappe. Mais, puisque le bien qu'on évalue est un bien non marchand, le recours à la méthode d'évaluation contingente est nécessaire. Cette dernière est basée sur la création d'un marché fictif. Elle a été utilisée et appliquée, selon les règles d'art d'échantillonnage, en considérant un échantillon de 164 ménages, pour une population mère composée de 2330 ménages, desservis par l'eau potable à partir de ladite nappe.

3.2. Présentation de l'enquête

L'objectif majeur de l'enquête d'évaluation contingente, que nous avons menée durant le mois de juillet 1997, est de parvenir à estimer la valeur de préservation de la qualité d'une nappe souterraine et de déterminer les variables explicatives significatives du consentement à payer des usagers.

La N.O.K. a été choisie, pour les raisons que nous avons élicitées ci-dessus, comme exemple d'application.

Cette enquête a été conduite selon la procédure de l'interview directe pour au moins deux raisons :

- Cette procédure produit des résultats de loin beaucoup plus robustes que les autres.
- L'interview directe est la seule alternative qui s'offre dans une région rurale où les ménages ne disposent d'aucun moyen de communication moderne (E-mail, téléphone, poste efficace, etc.).

Les tableaux suivants illustrent des détails complémentaires sur notre échantillon.

Le tableau 1 nous montre que la consommation moyenne en eau des ménages de notre échantillon est tout à fait comparable à celle de la population.

Dans le tableau 2, figure la répartition des ménages de l'échantillon selon la tranche de leur revenu mensuel. Nous constatons la corrélation directe qui existe entre le revenu moyen d'un ménage et sa capacité moyenne à payer (CAP).

Le tableau 3 détaille la répartition des ménages de l'é-

Tableau 1 Comparaison des caractéristiques de la population et de l'échantillon

| Caractéristiques | Taille | Cons. Moy. en m ³ (1996) |
|------------------|--------|-------------------------------------------|
| Population | 2330 | 79 |
| Echantillon | 158 | 86 |

Tableau 2. Répartition des ménages selon leur revenu mensuel (en dinars)

| Tanches de revenu | Effectifs | Revenu moyen | CAP moyen |
|-------------------|-----------|--------------|-----------|
| 0 - 200 | 64 | 160 | 13 |
| 200 - 300 | 45 | 268 | 20 |
| 300 - 400 | 18 | 340 | 29 |
| 400 - 500 | 16 | 476 | 43 |
| 500 et plus | 15 | 683 | 53 |
| Total | 158 | - | - |

Tableau 3. Répartition des ménages selon leur consommation annuelle en eau

| Tranches de consom.(m ³) | Effectifs | | | | CAP |
|--------------------------------------|-------------|--------|------------|--------|------|
| | Echantillon | % | Population | % | |
| 0 - 30 | 12 | (7.6) | 192 | (8.2) | 14 |
| 30 - 60 | 40 | (25.3) | 566 | (24.3) | 21 |
| 60 - 100 | 51 | (32.5) | 737 | (31.6) | 22.5 |
| 100 - 140 | 32 | (20.2) | 470 | (20.2) | 26.5 |
| 140 - 180 | 14 | (8.9) | 215 | (9.2) | 29 |
| + 180 | 09 | (5.7) | 150 | (6.4) | 25.5 |
| Total | 158 | | 2330 | | |

chantillon et de la population mère selon la tranche de consommation en eau. Nous constatons la concordance presque parfaite des proportions des effectifs dans l'échantillon et dans la population.

3.3. Description sommaire du questionnaire

Nous insistons sur le fait que nous avons adopté les critères suivants dans la conception et la réalisation de cette enquête :

- Construire l'échantillon enquêté sur la base des méthodes statistiques les plus rigoureuses afin qu'il soit véritablement représentatif de la population concernée ;
- Procéder à un pré-test pour s'assurer que le questionnaire est compréhensible. Si l'individu interrogé répond, par exemple, qu'il n'a pas d'opinion sur la valorisation du bien, il est indispensable que le questionnaire parvienne à l'amener à se justifier (manque de clarté de la question, absence d'intérêt pour la question, etc.). L'objectif de l'étape pré-test est surtout d'éliminer les réponses liées directement à une mauvaise conception du questionnaire ;

- La problématique économique de la valorisation doit être clairement décrite au préalable et expliquée à l'interrogé et surtout, la question de l'élicitation du CAP doit permettre l'élimination de toute réponse extrême irréaliste. En effet, le questionnaire doit conduire l'individu interrogé à justifier son choix du CAP ;
- La durée de l'enquête, qui a été d'un mois, a été restreinte au maximum, afin de permettre de réaliser une homogénéité et une cohérence des réponses obtenues. La structure de notre questionnaire contingent s'est appuyée sur trois volets importants :

- Le premier ensemble de questions a porté sur la description du bien en question (il s'agit dans notre cas de figure de la N.O.K.) et de la situation hypothétique envisagée.
- Le deuxième volet de questions vise essentiellement l'évaluation du CAP. Les usagers de la N.O.K sont interrogés par des questions fermées du type oui/non, sur leur CAP. Les montants proposés sont successivement de 10, 20, 40 et 70 dinars, comme préalablement déterminé, à travers un pré-test effectué sur la base d'une question ouverte, auprès de 32 ménages. Notons que le support de paiement, dans les deux questions de valorisation, a été une augmentation de la facture annuelle d'eau. Rappelons aussi que les deux méthodes d'évaluation de révélation du CAP (l'ouverte et la fermée) ont été utilisées conjointement, car nous sommes convaincus qu'il s'agit de deux méthodes complémentaires et non substituables.
- Enfin, dans le dernier ensemble de questions, nous nous sommes concentrés sur la collecte du maximum d'informations relatives aux caractéristiques socio-démographiques des ménages retenus dans l'échantillon.

L'ensemble des variables construites du questionnaire sont les suivantes :

CFACT : connaissance de la facture annuelle d'eau potable (CFACT = 1 si oui et 0 si non).

CTARIF : connaissance de la tarification d'eau potable (CTARIF = 1 si oui et 0 si non).

QUALITE : la qualité de l'eau du robinet (QUALITE = 1 si "bonne" et 0 si "moyenne et mauvaise").

ACHAT : achat d'eau embouteillée (ACHAT = 1 si oui et 0 si non).

CPAN : connaissance des pollutions actuelles de la nappe (CPAN = 1 si oui et 0 si "non et ne sait pas").

SANTE : effets des polluants sur la santé (SANTE = 1 si "très grave et peu grave" et 0 si "pas grave et ne sait pas").

PROGR : évaluation du programme de préservation de la nappe (PROGR = 1 si "très important et assez important" et 0 si "pas important et ne sait pas").

OFFRE : l'offre soumise au référendum (OFFRE = 10, 20, 40, 70 dinars).

CAP : le consentement à payer de l'agent interrogé au cours de la question ouverte.

INCERTOFFRE : incertitude sur l'offre d'eau de la

nappe (INCERTOFFRE = 1 si oui et 0 si "non et ne sait pas").

INCERTDEM : incertitude sur la demande d'eau de la nappe (INSERTDEM = 1 si oui et 0 si "non et ne sait pas").

TAILLE : taille du ménage.

SEXE : sexe (SEXE = 1 si homme et 0 si femme).

AGE : âge de l'individu interrogé.

NIVETUDE : niveau d'étude de l'agent interrogé (NIVETUDE = 1 si "analphabète et primaire" et 0 si "secondaire et supérieur").

REVENU : revenu du ménage.

SAE : sources alternatives d'eau de ménage (SAE = 1 si oui et 0 si non).

LOCAL : localisation géographique du ménage par rapport à la nappe (LOCAL = 1 si "éloigné de la nappe" et 0 si "proche de la nappe").

Les critères sur lesquels notre échantillon a été construit sont les suivants :

- L'unité de base de notre échantillon est le "ménage", défini par l'ensemble des agents vivant dans la même habitation et non l'individu.
- Le revenu, étant la variable déterminante dans la fixation de la DAP du ménage, a été un des critères de base de la représentativité de l'échantillon.
- Le lieu géographique d'habitation ainsi que la consommation annuelle en eau de 1996 ont été aussi des critères de choix importants de l'échantillon.

Sur les 164 ménages de notre échantillon de base, 158 ont réellement répondu au questionnaire. En effet, deux ménages ont refusé de participer et quatre étaient absents. Dix ménages ont donné des réponses nulles, dont six peuvent être considérés comme de vrais zéros. Les réponses réellement nulles pourraient être expliquées par le fait que ces ménages estiment qu'ils payent déjà un montant élevé et sont donc incapables de participer à un tel projet, vu la faiblesse de leur revenu. Les autres réponses nulles étaient des réponses de protestation, leurs auteurs estiment que la préservation n'est pas nécessaire.

4. Estimation

Notre objectif est maintenant double :

- Estimer la valeur de préservation de la qualité de la nappe de l'oued Kheirate, et

- Déterminer les variables véritablement explicatives de la disposition à payer des usagers.

Afin de réaliser cet objectif, nous partons des données d'enquêtes d'évaluation contingente que nous venons de présenter brièvement et nous nous appuyons sur les méthodes économétriques d'estimation que nous jugeons les plus appropriées.

Rappelons également que notre questionnaire qui vise la détermination du CAP des usagers, commence par une question fermée suivie d'une question ouverte. Cette stratégie s'explique par notre conviction que la complémentarité des deux questions et surtout, l'utilisation de la

question ouverte juste après la question fermée, permet aux ménages n'ayant pas d'informations sur le bien à valoriser de se faire une idée plus claire et plus précise sur l'intervalle des dispositions à payer.

Cette démarche a impliqué le développement de méthodes économétriques d'estimation spécifiques aux deux types de démarches (question ouverte ou fermée). Notre analyse sera donc présentée en deux temps, nous commencerons d'abord par les procédures d'estimation de la méthode ouverte pour passer ensuite aux méthodes d'estimation fermée.

4.1. Estimation par la méthode ouverte

La question ouverte nous permet d'estimer un modèle de régression linéaire où la variable dépendante est le consentement à payer de l'individu interrogé et les variables explicatives sont son revenu et ses caractéristiques socio-économiques.

Les avantages incontestables de la régression linéaire et surtout de sa version log linéaire sont nombreux :

- Elle permet de déterminer la DAP moyenne.
- Elle résout le problème du biais hypothétique.
- Notons que le recours au modèle log linéaire, qui prend en compte explicitement l'inverse du ratio de Mills (méthode d'Hekman), permet d'obtenir des résultats performants. En outre, la méthode d'Heckman utilise un modèle qui rend possible la reconstitution des valeurs manquantes de la variable dépendante.

Si le nombre de réponses égales à zéro est élevé (y inclus les réponses qui sont traitées comme des réponses nulles), l'estimation du modèle d'évaluation contingente, et donc du CAP moyen, requiert un traitement économétrique particulier : En effet, il faut utiliser le modèle Tobit pour obtenir une meilleure estimation du CAP moyen.

La colonne 2 du tableau 4 donne les résultats d'estimation par la méthode des MCO. Nous savons que la méthode MCO repose sur des hypothèses hautement simplificatrices, c'est pourquoi nous tenons au moins à remédier aux plus irréalistes d'entre elles. L'hypothèse d'homoscédasticité, qui stipule que toutes les observations ont une variance commune, n'est pas du tout plausible dans un échantillon de ménages en coupe instantanée. L'hypothèse d'absence de multicollinéarité, donc d'indépendance entre toutes les variables explicatives, est à vérifier. La résolution de ces deux problèmes est donc absolument nécessaire ; c'est pourquoi il faut recourir aux tests de multicollinéarité et d'homoscédasticité :

- Concernant le premier problème, en appliquant la règle de Klein, nous avons trouvé que tous les coefficients de détermination des régressions de toute variable explicative sur l'ensemble des autres, sont largement inférieurs au coefficient de la régression de départ. Ces résultats nous autorisent donc à accepter l'hypothèse de l'absence de multicollinéarité.
- Par contre, le recours aux tests du type de Breuch-Pagan, Harvey et White, nous a permis de déceler l'existence

de d'hétéroscédasticité.

Afin de corriger les biais introduits par cette hétéroscédasticité, nous avons utilisé la matrice d'hétéroscédasticité de White (1980). Cette estimation, dont les résultats sont illustrés par la colonne 2 du tableau 4, nous a permis d'obtenir quatre variables statistiquement significatives à savoir :

- la connaissance de l'état de la pollution actuelle de la nappe (CPAN),
- le revenu du ménage,
- la localisation géographique du ménage par rapport à la nappe (LOCAL), et
- la connaissance de l'évaluation du programme de préservation (PROGR).

Pour corriger le biais hypothétique, nous avons appliqué la transformation Box-Cox à la seule variable dépendante. Comme elle ne peut prendre en compte que les valeurs positives, elle a été appliquée à la variable transformée (CAP + 10)¹. Les résultats d'estimation sont donnés par la colonne 3 du tableau (4). Ils sont presque identiques à ceux donnés par les régressions linéaires simples sauf que, dans les modèles Box-Cox, la variable "effets des polluants sur la santé" devient significative. La valeur de λ , avec laquelle la variable dépendante est transformée, est égale à -0,06. Une valeur de $\lambda=1$ donne un modèle linéaire alors qu'une valeur de $\lambda=0$ donne un modèle double logarithmique. En utilisant les tests de rapport de vraisemblance, nous rejetons l'hypothèse que le modèle est linéaire mais, nous acceptons l'hypothèse que le modèle est logarithmique².

Nous passons maintenant à la correction du biais de sélection introduit par les non-réponses. L'estimation du modèle Tobit nous permettra d'éliminer ce biais. Toutes les réponses nulles et les non-réponses ont été maintenant considérées comme équivalentes à un consentement à payer égal à zéro. En outre, les réponses de protestation, qui ont été exclues des données lors de l'estimation par les MCO, sont intégrées dans l'estimation du modèle Tobit (Desaigues et Lesgards, 1992). La colonne 4 du tableau 4 illustre les résultats obtenus grâce à cette dernière spécification.

4.2 L'estimation par la méthode fermée

La nature de la question fermée nous permet d'estimer des modèles qualitatifs de type Logit ou Probit, en se basant sur le modèle d'Hanemann (1984). La littérature sur les méthodes d'estimation pour la méthode fermée est abondante (voir surtout Cameron et James, 1987 ; Cameron, 1988 ; Cameron et Hupper, 1991). Les résultats issus de l'estimation par cette méthode, que le tableau 5 illustre

1 Pour estimer la sensibilité des résultats de cette transformation, nous avons considéré aussi les transformations (CAP + 25) et (CAP + 50). Les résultats ont montré que la meilleure transformation est (CAP + 10).

2 Les statistiques des tests des modèles linéaire et double logarithmique sont respectivement : $2(L(\lambda) - L(\lambda=1))$ et $2(L(\lambda) - L(\lambda=0))$. Ces statistiques sont respectivement ici de l'ordre de 102,29 et 0,354. Elles sont comparées avec une valeur critique d'un $\chi^2(1)$.

Tableau 4. Les résultats d'estimation de la méthode ouverte

| Modèles Variables explicatives | Modèle MCO | Modèle Box-Cox | Modèle Tobit |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| CFACT | - | -0,057 (-1,197) | -0,211 (-1,239) |
| CPAN | 15,103 (3,575) | 0,294 (4,857) | 1,141 (5,105) |
| SANTE | 6,718 (1,341) | 0,201 (1,930) | 0,564 (1,468) |
| PROGR | 6,533 (2,538) | 0,317 (3,761) | 0,790 (2,457) |
| NIVETUDE | 4,688 (1,458) | - | 0,311 (1,609) |
| REVENU | 0,053 (9,684) | 0,001 (9,428) | 0,003 (7,886) |
| LOCAL | 5,443 (2,345) | 0,138 (2,926) | 0,480 (2,820) |
| CONSTANT | -11,17 (-1,989) | 2,156 (15,80) | -1,269 (-2,470) |
| CAP moyen | 23,844 D | 23,241 D | 22,930 D |
| R ² | 0,531 | 0,532 | 0,542 |
| Log de la vraisemblance | - | - | -612,194 |
| σ | - | - | 14,331 |
| λ | - | -0,06 | - |

(les coefficients entre parenthèses sont le t de Student)

et récapitule, sont globalement de bonne qualité :

- Les résultats d'estimation des modèles Logit sont pratiquement les mêmes que ceux des modèles Probit. Ainsi, nous interprétons seulement les résultats des modèles Logit. En regardant le premier modèle Logit, nous constatons qu'il y a cinq variables significatives avec un risque d'erreur de 5% et une variable significative avec un risque d'erreur de 10%. Les variables significatives avec un risque d'erreur de 5% sont : la connaissance des pollutions actuelles de la nappe (CPAN), l'offre du référendum (OFFRE), le revenu (REVENU), les sources alternatives d'eau (SAE) et la localisation géographique (LOCAL). La variable "taille du ménage" est significative avec un risque d'erreur de 10%.
- Le coefficient de Mc Fadden, dont les valeurs sont proches de 0,6, montre que les modèles retenus ont un pouvoir explicatif correct.
- La table de succès de prédiction, qui permet de confronter la structure réelle des choix (choix observés) avec celle des choix prédits par le modèle estimé, fournit des scores plus que satisfaisants. En effet, la spécification Logit, qui retient uniquement les variables significatives, produit des prévisions correctes de l'ordre de 81,4%, la spécification Probit fournit des résultats très similaires.

La question principale est maintenant celle de définir le

Tableau 5. Les résultats d'estimation de la question fermée

| Modèles et variables explicatives. | Modèle Logit | Modèle Logit | Modèle Probit | Modèle Probit |
|------------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| CFACT | -0,926 (-1,447) | - | -0,470 (-1,4) | - |
| CTARIF | 0,545 (0,679) | - | 0,138 (0,3) | - |
| QUALITE | -0,509 (-0,761) | - | -0,221 (-0,62) | - |
| ACHAT | -0,173 (-0,293) | - | 00,016 (0,05) | - |
| CPAN | 2,920 (2,349) | 2700 (2,8) | 1,77 (3,0) | 1,705 (3,15) |
| SANIE | -0,957 (-0,671) | - | -0,465 (-0,57) | - |
| PROGR | 0,3375 (0,331) | - | 0,211 (0,36) | - |
| OFFRE | -0,144 (-4,944) | -0,130 (-5,1) | -0,068 (-5,7) | -0,065 (-5,9) |
| INCOFFRE | -0,190 (-0,312) | - | 0,022 (0,07) | - |
| INCDDEM | 1,131 (1,477) | - | 0,509 (1,2) | - |
| TAILLE | -0,219 (-1,783) | -0,218 (-1,98) | -0,096 (-1,4) | -0,108 (-1,8) |
| AGE | -0,030 (-1,079) | - | -0,017 (-1,1) | - |
| NIVETUDE | -1,115 (-1,335) | - | -0,480 (-1,1) | - |
| REVENU | 0,014 (4,126) | 0,0125 (4,1) | 0,007 (4,2) | 0,006 (4,27) |
| SAE | 1,501 (1,956) | 0,982 (1,5) | 0,709 (1,7) | 0,485 (1,27) |
| LOCAL | 1,387 (2,224) | 1,361 (2,5) | 0,676 (2,0) | 0,726 (2,38) |
| Constante | 2,635 (1,116) | 0,555 (0,61) | 1,151 (0,89) | 0,275 (0,51) |
| L (0) | -106,63 | -106,63 | -106,63 | -106,63 |
| L (β) | -42,753 | -42,530 | -44,934 | -47,702 |
| Khi-deux (k-1) | 127,75 | 123,388 | 120,2 | 117,851 |
| R ² de McFadden | 0,59 | 0,56 | 0,57 | 0,55 |

(les coefficients entre parenthèses sont le t de Student)

consentement à payer moyen (CAP) pour préserver l'actif naturel. Bien qu'au niveau de l'individu, ce CAP soit un montant fixe, le modèle adopté par Hanemann (1984) stipule que ce montant est une variable aléatoire. Comment déterminer empiriquement alors cette valeur?

La procédure de calcul que nous avons adoptée dans notre étude empirique s'appuie sur l'hypothèse suivante : Tout individu, à qui nous proposons de payer un montant C pour préserver la qualité de la nappe accepte la proposition à condition que ce montant soit inférieur à son CAP (c'est à dire C < CAP), sinon il la refuse.

La probabilité que l'individu accepte de payer est donc exprimée ainsi:

$$P_0 = \Pr (CAP \geq C) = 1 - G_C (A) = F_E (\Delta v(C)). \quad (1)$$

avec Gc(), la fonction de répartition du CAP. Le CAP moyen est défini ainsi par:

$$E(CAP) = \int_{t_1}^{t_2} F_e (\Delta v(C)) dC \quad (2)$$

avec Fe(Δv(C)) qui représente la fonction de répartition d'une loi normale ou d'une loi logistique. Pour une fonction logistique, $F_e (\Delta v(C)) = 1/(1+e^{-\beta C}) = e^{\beta v}/(1+e^{\beta v})$, et pour une fonction d'utilité donnée par Hanneman l'équation (2) devient :

$$E(CAP) = \int_{t_1}^{t_2} \frac{e^{\Delta v}}{1+e^{\Delta v}} dC = \int_{t_1}^{t_2} \frac{e^{\alpha-\beta C}}{1+e^{\alpha-\beta C}} dC = \left[-\frac{1}{\beta} \log(1+e^{\alpha-\beta C}) \right]_{t_1}^{t_2} \quad (3)$$

Trois moyennes peuvent être calculées selon les bornes t₁ et t₂.

- Dans le premier cas, où l'ensemble des offres est pris en compte, la moyenne est égale à la médiane (t₁ = -∞, t₂ = +∞).
- Dans le deuxième, où on ne fixe pas de limite et où les offres négatives sont exclues, toutes les offres positives sont retenues.
- Dans le dernier cas, où les offres négatives sont aussi exclues, on fixe une limite maximale.

Notons que la difficulté majeure réside dans le choix du point de troncature pertinent. L'idéal serait de faire varier ce point pour chaque individu en fonction de son revenu. Dans ce travail, nous avons choisi la troncature de l'offre maximale du questionnaire (t₁ = 0 et t₂ = C*). Les moyennes correspondant au modèle retenu sont les suivantes:

$$\begin{aligned} CAP^* &= -\alpha/\beta \\ CAP^+ &= -1/\beta \log(1 + \exp(\alpha)) \\ CAP^{++} &= -1/\beta \log[(1 + \exp(\alpha)) / (1 + \exp(\alpha + \beta C^*))]. \end{aligned}$$

Ces moyennes sont données dans le tableau 6.

5. Analyse des résultats et conclusions

Les estimations, aussi bien par la méthode ouverte que fermée, ont confirmé que la valeur de préservation de la qualité de la nappe d'Oued Kheirata est sensible significativement aux variables suivantes :

- Le revenu du ménage interrogé. En effet, toutes les estimations, quelles que soient la spécification et la procédure

Tableau 6. Les moyennes du CAP données par le modèle Logit avec l'ensemble de toutes les variables explicatives

| Les moyennes | |
|--------------|----------|
| CAP* | 18,199 D |
| CAP+ | 18,677 D |
| CAP++ | 18,673 D |

re économétrique retenues, montrent clairement que la variable revenu est hautement explicative de la CAP des usagers.

- *La connaissance effective de l'état des pollutions et des dégradations actuelles de la nappe.* Nos estimations révèlent que les individus, qui ont déjà subi les pollutions actuelles de la nappe, sont les plus conscients des conséquences des dégradations potentielles.

- *La localisation géographique du ménage par rapport à la nappe.* La sensibilité environnementale d'un individu aux problèmes de la nappe est d'autant plus importante qu'il y est éloigné.

La valeur moyenne du CAP obtenue est sensible au mode de paiement (question ouverte ou fermée), au point de troncature de la moyenne, et à la forme fonctionnelle du modèle adopté. Si nous extrapolons la moyenne des deux CAP obtenue par les deux méthodes, qui est de l'ordre de 20 dinars par ménage et par an, nous constatons que ce CAP représente environ 20 % de la facture annuelle moyenne payée par ménage.

La généralisation de ce CAP moyen obtenu sur notre échantillon, à toute la population de la région considérée, nous donne la valeur globale de préservation de la qualité de la NOK. Cette valeur, qui comprend les valeurs d'usage ainsi que les valeurs de non usage, difficiles à dissocier et surtout à évaluer, varie dans notre cas de figure de 42 404 dinars³ par an (méthode fermée) à 55 119 dinars (méthode ouverte).

Les résultats que nous venons d'établir, grâce à cette étude, fourniront un éclairage nouveau aux responsables du secteur de l'eau et leur donneront les moyens objectifs de concevoir une politique économique appropriée en matière de conservation d'une ressource de plus en plus rare, suite aux pressions de la demande et aux dégradations diverses. Par exemple, l'élaboration d'un indicateur de valeur sous forme de prix pour la préservation de la qualité de la nappe peut aider les pouvoirs publics à juger de l'opportunité économique de leurs investissements dans le domaine de préservation des eaux souterraines. Il s'agit de comparer, dans un cadre d'analyse coûts-bénéfices, la valeur de dégradation au coût d'une éventuelle action de préservation.

La recommandation que nous pouvons donner aux responsables de la gestion de la ressource, sur la base de nos résultats, serait la suivante : Il demeure indispensable d'impliquer directement et même activement les usagers dans tout programme de conservation de la ressource et surtout, il est absolument incontournable de concevoir et de mettre en vigueur une tarification capable de tenir compte de la valeur de préservation de la qualité de toute nappe souterraine menacée par des dégradations potentielles.

Références

- Amigues J.P., Desaignes B. et Quang H. Vuong, 1996, " L'évaluation contingente, controverses et perspectives ", Cahiers d'économie et sociologie rurales, n° 39-40 , 2ème et 3ème Trimestre , p. 124-150.
- Cameron T.A., & M.D. James (1987) " Efficient Estimation Methods for 'Closed-ended' Contingent Valuation Surveys". *Review of Economics and Statistics*, pp 269-276.
- Cameron T.A. (1988) " A New Paradigm for Valuing non-Market Goods Using Referendum Data : Maximum Likelihood Estimation by Censored Logistic Regression". *Journal of Environmental Economics and Management*, 15, pp : 355-379.
- Cameron T.A., & D.D. Hupper (1991) "Referendum Contingent Valuation Estimates : Sensitivity to the Assignment of offered Values ". *Journal of the American Statistical Association*, 86(416), pp : 910-919.
- Crocker T.D., Forster B.A., et Shogren J.F., " Valuing potential groundwater protection benefits ", *Water Resources Research*, 27, 1, 1 - 6, 1991.
- Desaignes B., et V. Lesgards, (1992) " L'évaluation Contingente des Actifs Naturels, un Exemple d'Application", *Revue d'Economie Politique*, 102(1) pp : 99-122.
- Diamond P.A. et Hausman J.A., " Contingent valuation : is some number better than no number ? ", *Journal of Economic Perspectives*, 8, 45-64, 1994.
- Hanemann W.M., " Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses ", *American Journal of Agricultural Economics*, 66, 332 - 341, 1984.
- Jordan J.L. et A.H. Elnagheeb, " Willingness to pay for improvements in drinking water quality ", *Water Resources Research*, 29, 237 - 245, 1993.
- Manaa M., H. Chaïeb, et R. Amri, (1996) " Etude par Modèle Hydrogéologique de la Nappe Alluviale de l'Oued Kheirate", Direction Générale des Ressources en Eau.
- McFadden D., " Contingent valuation and social choice ", *American Journal of Agricultural Economics*, 76, 689-708, 1994.
- Mitchell R.C. et Carson R.T., " Using surveys to value public goods: The contingent valuation method ", Washington, D.C : Resources for the future, 1989.
- Schultz S.D., et Lindsay B.E., " The willingness to pay for groundwater protection ", *Water Resources Research*, 26, 9, 1869 - 1875, 1990.
- Stenger L.A., " Valeur de préservation des eaux souterraines, application de la méthode d'évaluation contingente ", *Revue d'Economie Politique*, 107, 4, 545 - 566, 1997.

³ Un euro vaut 1,31 dinars tunisiens.