

Contribution à l'optimisation de l'allocation des ressources en eau et en sol dans les systèmes de production du bassin versant de l'Oued Oum Zessar (Sud-est de la Tunisie)

NIHAYA OUNALLI*, MONGI SGHAIER*

Jel classification: C610, Q240

1. Introduction

La Tunisie est caractérisée par des ressources naturelles limitées et fragiles qui sont soumises à une exploitation intense. Ainsi, l'accroissement de la population et la multiplication des besoins tendent à soumettre les ressources naturelles à une exploitation élevée, sans pour autant leur accorder les soins nécessaires en matière de gestion et de conservation (MEAT, 1998).

Conscient des répercussions néfastes de la dégradation des ressources naturelles sur son développement, l'Etat tunisien n'a ménagé aucun effort pour une gestion optimale et durable de ces ressources. Toutefois, il y a encore des signes d'une lente et progressive dégradation des ressources. Les raisons peuvent être recherchées à deux niveaux: d'une part, les programmes mis en place ne sont pas inscrits dans les stratégies des exploitants, et d'autre part, les incitations économiques actuelles ne semblent pas avoir eu un réel impact sur la gestion des ressources naturelles (MEAT, 1997).

Caractérisée par des écosystèmes fragiles et sensibles, la région du Sud-est tunisien est l'une des régions les plus concernées par la rareté des ressources naturelles notamment, l'eau et le sol (Genin et Sghaier, 2003). Le bassin versant de l'Oued Oum Zessar, qui en fait partie, est caractérisé par l'extension de l'agriculture pluviale ainsi que par des réalisations importantes en matière de conservation des eaux et du sol. Néanmoins, même si ces aménagements ont créé une nouvelle réaffectation des eaux de ruissellement de l'amont à l'aval, la productivité de l'agriculture pluviale reste encore faible et l'allocation des ressources en eau et en

Abstract

This paper aims to support the development of an optimal water and soil resources allocation scheme for Oum Zessar watershed production systems (province of Médenine, South-east Tunisia), by applying a multiobjective compromise programming. To this end a set of optimal compromise solutions between economic efficiency and soil degradation reduction costs was determined. Soil degradation costs were estimated by the contingent evaluation method.

Key-words: optimal allocation, multiobjective compromise programming, soil and water resources, soil degradation, Oum Zessar watershed, Tunisia.

Résumé

Cet article a pour objectif de contribuer à la conception d'un schéma d'allocation optimale des ressources en eau et en sol dans les systèmes de production du bassin versant de l'Oued Oum Zessar (Gouvernorat de Médenine, Sud-est de la Tunisie), moyennant la programmation multi-objectif de compromis. C'est ainsi qu'un ensemble de solutions optimales de compromis entre l'objectif d'efficacité économique et celui de minimisation des coûts de dégradation du sol a été déterminé. L'estimation des coûts des pertes en sol est rendue possible grâce à la méthode d'évaluation contingente.

Mots-clefs: allocation optimale, programmation multi-objectif de compromis, ressources en eau et en sol, dégradation du sol, bassin versant d'Oum Zessar, Tunisie.

sol est non optimale (Mahdhi et *al.*, 2005). Partant de ce constat, le présent travail constitue une contribution à la conception d'un schéma d'allocation optimale des ressources en eau et en sol au niveau des systèmes de production du bassin versant de l'Oued Oum Zessar. En fait, compte tenu des caractéristiques socioéconomiques, des conditions climatiques et des potentialités de cette zone en matière de ressources naturelles, on s'est orienté vers la modélisation multi-objectif et de compromis qui concilie entre un objectif environnemental, à savoir à la minimisation des coûts de dégradation du sol, et un objectif économique, basé sur la maximisation des profits.

2. Approche Méthodologique

2.1. La zone d'étude: le bassin versant d'Oum Zessar, Sud-est de la Tunisie

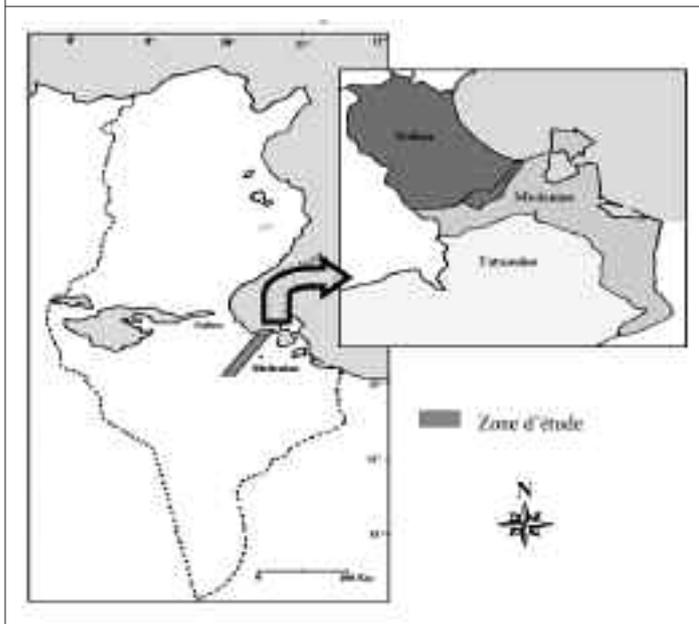
Le bassin versant de l'Oued Oum Zessar fait partie de la région du Sud-est de la Tunisie (Gouvernorat de Médenine). Il est situé au nord-ouest de la ville de Médenine et s'étend sur une superficie de 36 530 hectares (ODS, 2000). Il est caractérisé par son aridité malgré une ouverture notable sur le littoral ainsi que par la fragilité des composantes édaphiques et végétales de son environnement (Le Houérou, 1959).

La région a fait l'objet d'un grand intérêt socioéconomique, traduit par la réalisation d'un certain nombre de projets de développement et d'importants programmes de conservation des eaux et des sols (CES).

La typologie des systèmes de production dans les différents compartiments (amont, piedmont et aval) du bassin versant fait ressortir l'émergence des systèmes suivants:

* Institut des Régions Arides de Médenine, Laboratoire d'Economie et Sociétés Rurales, Médenine 4119 (Tunisie).

Figure 1 – Carte de localisation du bassin versant de l'Oued Oum Zessar.



Système jessour de l'amont (S_{11}): ce système est basé sur la mobilisation des eaux de ruissellement à travers la confection de jessour¹. Il fait partie des zones des Djebels, essentiellement au niveau des oueds. L'activité agricole repose sur l'arboriculture, notamment l'oléiculture, la céréalicul-ture (orge) et les légumineuses (lentilles, fève, petit pois). Ces cultures sont conduites en sec derrière les jessour. Dans ce système, l'élevage est conduit en extensif dans les parcours montagneux.

Système jessour du piedmont (S_{21}): ce système est basé sur la mobilisation des eaux de ruissellement à travers la confection de jessour. Il fait partie des terrains à pente moins faible que celle des Djebels au niveau du piedmont du bassin versant. L'activité agricole est basée sur des cultures conduites en sec derrière les jessour. Dans ce système, l'agriculture repose essentiellement sur l'oléiculture et la céréalicul-ture. L'élevage est conduit en extensif dans les parcours du piedmont.

Système banquette du piedmont (S_{22}): ce système est basé sur la mobilisation des eaux de ruissellement à travers la confection des banquettes. L'activité agricole est basée sur l'arboriculture, notamment l'oléiculture, et la céréalicul-ture. Ces cultures sont conduites en sec derrière les banquettes² qui sont situées au niveau de la plaine du piedmont du bassin versant. Dans ce système, l'élevage est conduit en extensif.

Système d'agriculture pluviale de l'aval (S_{31}): dans ce système, l'agriculture est conduite en sec derrière les ban-

quettes ainsi qu'en plein champ; elle est basée sur l'arboriculture, essentiellement l'oléiculture, avec de la céréalicul-ture.

Système des périmètres irrigués de l'aval (S_{32}): ce sont des périmètres publics irrigués. L'occupation du sol est basée sur l'arboriculture (olivier, figuier, amandier, vigne), les cultures maraîchères (cultures d'été, cultures d'hiver, cultures hors sol) et les cultures fourragères. Dans ce système, l'élevage est conduit en intensif.

2.2. Les données méthodologiques

Les données primaires sont issues des statistiques agricoles, tandis que les données secondaires proviennent des enquêtes socioéconomiques menées auprès de 240 exploitants; en plus, des entretiens ont été conduits avec les principaux acteurs de la région.

2.3. Outils méthodologiques

Méthode d'évaluation contingente: afin d'estimer les coûts de dégradation des sols, on a appliqué la méthode d'évaluation contingente (Bréchet, 2004; Lambert et al., 1997; et Fauchaux et al., 1995). Cette application est basée sur une enquête spécifique qui a porté sur la disposition à payer de chacun des exploitants pour conserver un hectare du patrimoine agricole. Cette enquête a été conduite auprès de 240 exploitants agricoles.

Concernant les coûts de dégradation du sol, cette valeur est estimée à partir de la différence entre deux valeurs de disposition à payer au niveau de deux endroits appartenant à un même système de production, mais situés à différents états de dégradation du sol.

Méthode de programmation multi-objectif de compromis: elle réunit les méthodes de programmation multi-objectif (méthode NISE, Non Inferior Set Estimation), de programmation de compromis et de programmation d'optimisation simultanée des fonctions-objectifs (Romero et al., 1989). Ces méthodes ont été utilisées pour optimiser l'allocation des ressources en eau et en sol vis-à-vis des différents systèmes de production.

Il s'agit d'une application de la programmation multi-objectif effectuée moyennant le logiciel LINDO (Linear, Interactive, and Discrete Optimizer) (LINDO, 2001). Elle consiste à optimiser plusieurs objectifs simultanément, en considérant l'ensemble des contraintes (Sghaier, 1995).

2.4. Formulation mathématique du modèle

La formulation mathématique globale du modèle est présentée ci-après:

$$\text{Max} MB = \sum (MB)_y X_y$$

$$\text{Min} \sum CD_v X_v$$

Sous contraintes

$$\sum a_{ij} x_{ij} \leq b_i$$

¹ Technique de collecte des eaux de ruissellement localisées au niveau des talwegs, des vallées, des versants à pente douce et des collines répandues dans les chaînes montagneuses des Matmata, Sud-est de la Tunisie.

² Ouvrage de retenue des eaux de ruissellement au niveau des sites plats à sol profond.

MB: Marge brute annuelle à l'échelle du bassin versant (DT).

MB_{ij} : Marge brute par hectare du système de production j du compartiment i (DT/ha).

X_{ij} : Superficie occupée par le système de production j du compartiment i (ha).

CD_{ij} : Coût de dégradation du sol du système de production j qui fait partie du compartiment i (DT).

b_i : niveau de contrainte b dans le compartiment i du bassin versant.

a_{ij} : coefficient technique

La finalité du modèle est de concilier entre les deux objectifs susmentionnés. En d'autres termes, il s'agit de chercher l'ensemble des solutions de compromis entre la rentabilité économique et la préservation de l'environnement. Il s'agit d'une maximisation de la marge brute et d'une minimisation des coûts de dégradation du sol.

Spécification des contraintes du modèle: l'ensemble des contraintes du modèle est formulé mathématiquement comme suit:

- Contrainte liée aux superficies cultivées

Les efforts déployés par les pouvoirs publics et assumés par les projets de développement agricoles ainsi que ceux de la conservation des eaux et du sol ont pour but l'intensification des activités agricoles et l'extension des superficies cultivées. Pour cette raison, une telle contrainte s'intéresse à l'extension et à l'intensification des cultures. La contrainte est formulée de telle façon que la somme des superficies à exploiter dépasse celles déjà cultivées. La superficie totale cultivée au niveau de la zone d'étude est estimée à 11 673 ha.

$\sum x_{ij} \geq$ Superficie totale cultivée dans le compartiment i (ha).

xij: Superficie du système j dans le compartiment i (ha).

- Contrainte liée aux superficies potentiellement cultivables

Les études effectuées dans le cadre des recherches agricoles montrent que l'exploitation des espaces agricoles ne doit pas dépasser les superficies aptes à être cultivées. Ces superficies ont été définies à partir de la somme de celles des parcours, des plaines et des surfaces cultivées. Au niveau de chaque compartiment et pour les systèmes qui en font partie, la surface exploitée ne doit pas dépasser la surface apte à être cultivée. La somme de ces superficies est estimée à l'échelle du bassin versant à 28 261 ha.

$\sum x_{ij} \leq$ Superficie potentiellement cultivable dans le compartiment i.

xij: Superficie du système j dans le compartiment i.

- Contrainte liée aux superficies irrigables

L'importance des investissements alloués aux surfaces irriguées pour les équiper en réseaux d'irrigation a conduit à la prise d'une décision qui interdit les exploitants de dépasser la superficie irrigable. Pour ce faire, les superficies exploitées en irrigué ne doivent pas dépasser les superficies irrigables. Celles-ci sont estimées à 96 ha.

$\sum x_{ij} \leq$ Superficie irrigable dans le compartiment i (ha).

xij: Superficie du système j dans le compartiment i (ha).

- Contrainte liée aux superficies irriguées

Au niveau de la zone d'étude, les activités agricoles sont essentiellement conduites en sec. L'extension des surfaces irriguées exploitant les ressources en eau souterraine constitue un avantage économique vu l'importance des productions agricoles (plus de production, plus de recette). Il est donc opportun d'intégrer une contrainte qui encourage à exploiter plus les superficies irriguées suite aux investissements déployés pour équiper ces espaces. Pour ce faire, en vue d'inciter les irrigants à exploiter en irrigué, actuellement, les superficies irriguées ne doivent pas être abandonnées. Elles doivent être au minimum égales à l'existant.

$\sum x_{ij} \geq$ Superficie irriguée occupée par l'ensemble des systèmes.

xij: Superficie du système j dans le compartiment i.

Contrainte liée aux superficies irrigables

L'importance des investissements alloués aux surfaces irriguées pour les équiper en réseaux d'irrigation a conduit à la prise d'une décision qui interdit les exploitants de dépasser la superficie irrigable. Pour ce faire, les superficies exploitées en irrigué ne doivent pas dépasser les superficies irrigables. Celles-ci sont estimées à 96 ha.

$\sum x_{ij} \leq$ Superficie irrigable dans le compartiment i (ha).

xij: Superficie du système j dans le compartiment i (ha).

- Contrainte liée aux superficies irriguées

Au niveau de la zone d'étude, les activités agricoles sont essentiellement conduites en sec. L'extension des surfaces irriguées exploitant les ressources en eau souterraine constitue un avantage économique vu l'importance des productions agricoles (plus de production, plus de recette). Il est donc opportun d'intégrer une contrainte qui encourage à exploiter plus les superficies irriguées suite aux investissements déployés pour équiper ces espaces. Pour ce faire, en vue d'inciter les irrigants à exploiter en irrigué, actuellement, les superficies irriguées ne doivent pas être abandonnées. Elles doivent être au minimum égales à l'existant.

$\sum X_{ij} \geq$ Superficie irriguée occupée par l'ensemble des systèmes.

Xij: Superficie du système j dans le compartiment i.

- Contrainte liée aux ressources en eau de surface

Cette contrainte implique que la somme des besoins en eau des cultures en sec ne doit pas dépasser les ressources disponibles en eau de superficie au niveau du bassin versant. Celles-ci sont estimées à 18 356 500 m³.

$\sum B_{ij} X_{ij} \leq$ Ressources disponibles en eau de surface (m³)

Bij: Besoin en eau par hectare du système de production j du compartiment i (m³)

Xij: Superficie du système de production j du compartiment i (ha).

- Contrainte liée aux ressources en eau souterraine

L'exploitation des ressources en eau souterraine ne doit pas dépasser les ressources disponibles qui sont estimées à 1 473 182 m³.

$\sum B_{ij} X_{ij} \leq$ Ressources disponibles en eau souterraine (m³)

Xij: superficie du système de production j du compartiment i (ha).

Bij: besoin en eau par hectare du système de production j dans le compartiment i (m³).

- Contrainte liée à la main d'œuvre

La somme des besoins en main d'œuvre exprimée en UTH (Unité de Travail Humain, à savoir l'équivalent du travail d'une personne occupée à temps plein pendant 300 jours par an) ne doit pas dépasser les ressources disponibles dans les exploitations agricoles. L'effectif d'UTH totales disponibles au niveau du bassin versant est estimé à 24746.

$\sum C_{ij} X_{ij} \leq$ Main d'œuvre disponible en UTH par an.

Xij: superficie du système de production j du compartiment i (ha).

Bij : besoin en UTH par hectare du système de production j du compartiment i.

- Contraintes budgétaires des exploitants

La somme des charges d'exploitation ne dépasse pas la part des revenus des exploitants allouée à l'agriculture. La part des revenus familiaux allouée à l'agriculture est estimée à 1 985 760 DT. Cette contrainte se formule mathématiquement comme suit:

$\sum C_{ij} X_{ij} \leq$ Capacité d'autofinancement (DT).

Cij: les charges de production par ha du système j du compartiment i (DT).

Xij: superficie du système de production j du compartiment i (ha).

3. Résultats et discussion

L'application de la maximisation de la marge brute a abouti à une solution efficiente, caractérisée par une marge brute maximale de 3 073 188 DT et par un coût de dégradation du sol égal à 566 122 DT (tableau 1). En termes d'occupation du sol, les systèmes de production S₂₂, S₃₁ et S₃₂ ont conservé leur superficie initiale. En revanche, les systèmes jessour de l'amont (S₁₁) et du piedmont S₂₁ ont vu leur superficie s'accroître pour atteindre, respectivement, 5397 et 9080 hectares. Ces systèmes semblent être plus compétitifs. Ceci s'explique par le degré d'intensification de ces systèmes qui font recours à la technique jessour permettant de mobiliser des quantités importantes d'eau de ruissellement. Ainsi, les rendements agricoles sont sensiblement plus élevés.

Tableau 1 – Solution en cas de maximisation de la marge brute.

Fonctions-objectifs		Occupation du sol (ha)					
MB (DT)	Dég sol (DT)	X ₁₁	X ₂₁	X ₂₂	X ₃₁	X ₃₂	Total
3073188	566122	5397	9080	3120	4664	41	22302
MB: Marge Brute en DT/an, Dég sol: Coût de dégradation du sol en DT/an. x _{ij} : superficie des systèmes de production j qui fait partie du compartiment i, relative au système S _i							

Concernant les ressources en eau, cette solution n'engendre pas l'utilisation totale des ressources disponibles. En effet, elle permet de préserver 1,2 Mm³/an d'eau de surface et 1,24 Mm³/an d'eau souterraine.

La minimisation des coûts de dégradation du sol a abouti à une solution optimale (tableau 2), caractérisée par un coût minimum de dégradation du sol égal à 380 099 DT/an et par une marge brute égale à 1 580 447 DT/an, soit environ la moitié de la marge brute maximale obtenue dans le cas précédent.

Le coût de dégradation du sol varie, d'un système de production à l'autre et d'un cas d'étude à l'autre, entre 16 et 131 Dinars par hectare et par an. Cette valeur reflète l'importance du phénomène de la dégradation du sol et permet de quantifier ce phénomène environnemental.

En termes d'occupation du sol, et en faisant une comparaison avec l'ensemble des solutions optimales précédentes, les résultats de cette application indiquent une occupation totale du sol qui a diminué pour atteindre la répartition et l'occupation initiales des systèmes de production.

Tableau 2 – Solution en cas de minimisation des coûts de dégradation du sol.

Fonctions-objectifs		Occupation du sol (ha)					
MB (DT)	Dég sol (DT)	X ₁₁	X ₂₁	X ₂₂	X ₃₁	X ₃₂	Total
1 580 447	380 099	3120	728	3120	4664	41	11673

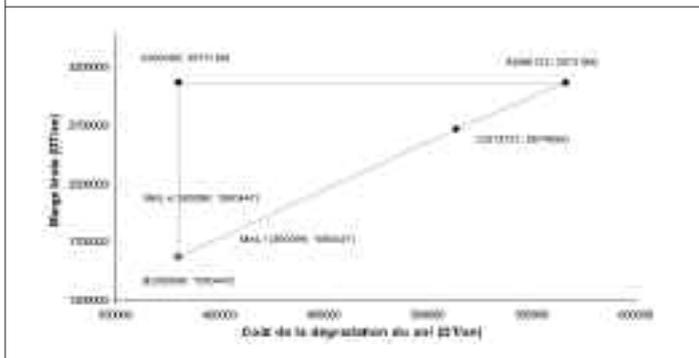
La synthèse des résultats des deux applications révèle que la répartition des systèmes de production S₂₂, S₃₁, et S₃₂ n'a pas changé pour les deux optimisations; il s'agit,

respectivement, de 3120, 4664 et 41 hectares comme indiqué dans les tableaux 1 et 2. Les systèmes jessour de l'amont et du piedmont (S_{11} , S_{21}) sont les plus compétitifs dans le cas de la maximisation de la marge brute, mais ils ont enregistré une réduction importante dans le cas de la minimisation des coûts de dégradation du sol. Cette variation d'une optimisation à l'autre est due à l'influence du phénomène de dégradation du sol dans ces deux systèmes. En effet, entre les deux objectifs, la superficie totale à exploiter à l'échelle du bassin versant a diminué de 10 629 hectares. Cette tendance prouve qu'en allant de la maximisation de la marge brute à la minimisation des coûts de dégradation des sols, les superficies à exploiter se réduisent de 47,7%.

La résolution des deux applications d'optimisation des fonctions objectifs séparées a permis de dresser la courbe de trade-off qui présente l'ensemble des solutions optimales à proposer au décideur (figure 1).

L'optimisation simultanée des deux objectifs, de maximisation de la marge brute et de minimisation du coût de dégradation du sol, a conduit à une solution efficiente et optimale définie par le point (C), soit la solution la plus proche du point idéal. Celle-ci est définie par une marge brute de 2 674 559 DT, et par un coût de dégradation du sol de 513 731 DT (figure1).

Figure 2 – Courbe de Trade-off entre maximisation de la marge brute et minimisation des coûts de dégradation du sol.



L'interprétation des résultats de l'application de la programmation de compromis (tableau 3) a conduit à conclure que tous les systèmes de production du bassin versant S_{11} , S_{21} , S_{22} , S_{31} et S_{32} sont retenus avec des superficies respectives estimées à 3120, 9080, 3120, 4664 et 41 ha. Comparée à la situation initiale, la solution optimale de compromis révèle que le système jessour du piedmont passe d'une occupation de 728 ha à 9080 ha, alors que les autres systèmes ont gardé la même répartition initiale. Cette solution, conjuguée avec les autres résultats des différentes optimisations, a abouti à l'extension des systèmes jessour de l'amont et du piedmont. Quant au schéma allocatif des ressources en eau de surface, cette solution a permis l'exploitation de 5,5 Mm³ de ressources additionnelles. La stratégie nationale de conservation des eaux et des sols a pour

objectif principal la collecte des eaux de ruissellement et leur valorisation dans le secteur agricole. Ces ressources sont collectées par les aménagements de conservation des eaux et des sols (Boufalgha et Chniter, 2002). Cette nouvelle répartition des systèmes de production proposée par la présente étude a permis d'exploiter les ressources en eau additionnelles au niveau de ces ouvrages.

Tableau 3 – Caractéristiques de la solution optimale et de la situation initiale.

Fonctions-objectifs	MB (DT/an)	2 674 559	
	Deg. sol (DT/an)	513 731	
		Situation initiale (ha)	Solution optimale (ha)
Occupation des systèmes de production (ha)	X_{11}	3120	3120
	X_{21}	728	9080
	X_{22}	3120	3120
	X_{31}	4664	4664
	X_{32}	41	41
	Total	11673	20025

Si l'application de la programmation multi-objectif privilégie l'objectif de la maximisation de la marge brute, les résultats de l'optimisation simultanée des deux fonctions objectifs ont révélé l'exploitation d'un volume additionnel de ressources disponibles en eau de surface estimé à 88 %. Ils ont confirmé l'extension des systèmes jessour du bassin versant. Par contre, si on favorise la minimisation du coût de dégradation du sol, la solution revient à la répartition initiale de l'ensemble des systèmes de production. Ce résultat implique bien que la zone d'étude est affectée considérablement par le problème de la dégradation du sol, ce qui a été confirmé par quelques études faites sur cette zone comme celle de Schiettecatte et *al.*, en 2002.

4. Conclusion

Dans une optique de gestion durable des ressources en eau et en sol, la présente étude s'est intéressée à un objectif visant la conception d'un schéma d'allocation optimale de ces ressources conciliant entre des objectifs conflictuels économiques et environnementaux.

L'application des méthodes de programmation multi-objectif et de compromis au cas étudié a révélé qu'il serait utile d'étendre les systèmes jessour de l'amont. Les systèmes jessour du piedmont émergent comme des systèmes à développer. L'extension de ces deux systèmes à l'échelle du bassin versant est plus favorable du point de vue économique et environnemental.

Au terme de cette étude, il est nécessaire donc de signaler que l'application de la programmation multi-objectif ne représente qu'une tentative de proposer une allocation optimale des ressources en eau et en sol sur une petite échelle. Il s'agit de proposer une gestion efficiente des ressources en eau et en sol dans une perspective de développement durable.

Références

Bréchet, T., 2004, Méthodes d'Evaluation des actifs naturels, [www.core.Ucl.ac.be:16080/chlhoist/FentreEnseignement/Fentreslides Fenetrslides FSA 2245/FSA2245%20-%207@8.pdf](http://www.core.Ucl.ac.be:16080/chlhoist/FentreEnseignement/Fentreslides/Fenetrslides/FSA_2245/FSA2245%20-%207@8.pdf).

Boufalgha, M., Chniter M., 2002, Conservation des eaux et du sol dans le gouvernorat de Médenine.

Faucheux, S., Noel, F., 1995, Economie des ressources naturelles et de l'environnement, Armand Colin, Paris 1995, pp 370.

Genin, D., Sghaier, M., 2003, Pratiques et usages des ressources, techniques de lutte et devenir des populations rurales, Rapport scientifique final de synthèse, IRA, IRD (Projet Jeffara), pp 20.

Lambert, J., 1997, Evaluation monétaire des impacts des transports sur l'environnement, Analyse critique des méthodes et des applications, www.inrets.r/ur/Ite/Publications/Publications-pdf/Lambert-publi/Toronto-97.pdf.

Le Houerou, H.N., 1959, Recherches écologiques et floristiques sur la végétation de la Tunisie méridionale, 1^{ère} partie: les milieux naturels et la végétation, 281 pages, 2^{ème} partie: la flore, 277pages, Institut de Recherche Saharienne Alger.

LINDO, 2001, Linear, Interactive, and Discrete Optimizer. Edité par LINDO Systems INC, Chicago.

Mahdhi, N., Bachta MS., Sghaier M., 2005, Conservation des eaux et du sol et efficacité technique de l'agriculture

pluviale en zone aride, Cas du bassin versant de l'Oued Oum Zessar, NEW MEDIT N.1, 52-56.

MEAT (Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire), 1998, Programme d'Action National de lutte contre la désertification.

ODS (Office de Développement du Sud), 2000, Le gouvernorat de Médenine en chiffres.

MEAT (Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire), 1997, Projet de Gestion des Ressources Naturelles (PGRN), Rapport d'exécution, volume II, Annexes Techniques, Projet TUN-5736.

Romero, C., Rehman T., (1989), Multiple Criteria Analysis for Agricultural Decisions, Elsevier, Amsterdam.

Sghaier, M., 1995, Tarification et allocation optimale de l'eau d'irrigation dans les systèmes de production de la région oasienne de Nefsaoua, Thèse soumise pour l'obtention du grade de Docteur (PhD) en Sciences Biologiques Appliquées, Section Agronomie, Université Gent Belgique, 233p.

Schiettecatte, W. *et al.* (2002), Impact of water harvesting techniques on soil and water conservation at field and sub-catchment scale in the Oued of Oum Zessar watershed.