

# CONTRIBUTION À L'OPTIMISATION DE L'ALLOCATION DES RESSOURCES EN EAU DANS LES SYSTÈMES DE PRODUCTION DU PÉRIMÈTRE PUBLIC IRRIGUÉ DE SIDI BOU ALI (SOUSSE) TUNISIE

Nadia OUNALLI<sup>\*</sup>  
Riadh BECHIR<sup>\*\*</sup>  
Marwen AOUNI<sup>\*\*\*</sup>

**Abstract:** *This article aims to contribute to the development of a scheme for optimizing water resources allocation in the irrigated perimeter of Sidi Bou Ali. It is a question of showing the interest of a linear multiobjective modeling to explore the management of the underground water resources in the irrigated surfaces by a control of the resource demand. Based on one hundred socio-economic surveys, the price of irrigation water was perceived by all the farmers surveyed as a determining factor in farming techniques and farming modes. In response to this situation, farmers have opted to change their farming strategies. This has been confirmed by the modeling of the linear multiobjective programming with the "LINDO" software which has proved that following the increase of the price of the irrigation water, the agricultural income decreases, the expenses of the exploitation increase, the areas exploited in irrigated areas are substituted for the most water-demanding crops by those that are the least demanding in this resource. 80% of the surveyed sample expressed their willingness to abandon irrigated crop systems and their use of dry crops.*

**Keywords:** *irrigated public perimeters, water resources, the irrigation water prices, optimization, linear programming*

## 1. Introduction

L'eau est une ressource qui a été, depuis longtemps, considérée comme abondante et inépuisable et dont l'utilisation dans la consommation ou dans les processus de production ne posait pas de problème particulier. Cependant, les modes de consommation et de production ont subi de nombreuses et importantes transformations faisant ainsi évoluer de façon manifeste la place de cette ressource dans le système économique et social, tout en mettant en évidence les spécificités de celle-ci. Le développement du tourisme, l'accroissement démographique, les besoins énergétiques, l'intensification de l'agriculture, etc... sont autant de mutations qui ont contribué à l'émergence de nouvelles relations vis-à-vis de la ressource eau et à la multiplication des fonctions économiques de celle-ci. Ces

---

\* Chercheuse agroéconomiste à l'Institut de Recherche Agronomique de Tunis, et à l'Institut des Régions Arides Médenine (IRA), Rue hedi Karray, 2049 Ariana, Tel: 0021671230024; nediaounalli@gmail.com.

\*\* Chercheur agroéconomiste à l'Institut des Régions Arides de Médenine (IRA), Laboratoire LESOR Institut des Régions Arides Fjè, 4119 Médenine, Tunisie, Tel: 00216 75633005; riadh113med@yahoo.fr.

\*\*\* Association de Développement Agricole et Rurale de Haidra (ADAR Haidra).

fonctionnalités multiples sont souvent à l'origine de tensions entre les divers usagers de l'eau, qui se traduisent par des conflits mettant en relief les intérêts différents inhérents aux acteurs usagers de cette ressource (Mendiata, 2004).

L'allocation actuelle des ressources en eau se fait en fonction des considérations politiques et sociales, mais rarement sur une base économique (Albouchi et *al*, 2003, Ounalli, 2014). L'intérêt porté par la science économique aux ressources naturelles en général et aux ressources en eau en particulier est relativement récent. En effet, l'eau devient objet d'étude pour les économistes lorsqu'elle perd son caractère inépuisable et devient une ressource rare (Mendiata, 2005).

L'inégalité et l'insuffisance de la pluviométrie fait de la Tunisie un pays où l'eau est une ressource à la fois rare et inégalement répartie dans le temps et dans l'espace. En effet, la pluviométrie annuelle moyenne varie de moins de 100 mm à l'extrême sud à plus de 1500 mm à l'extrême nord du pays. L'accroissement de la population est accompagné par l'augmentation de la demande en eau au niveau des différents secteurs. Le secteur agricole consomme la plus grande partie de cette ressource (80%) (Louati, 1998).

La concurrence sur les ressources en eau est devenue de plus en plus importante. Le processus de libéralisation, dans lequel est engagée la Tunisie, a conduit l'Etat à confier de plus en plus souvent la gestion des périmètres irrigués aux acteurs locaux. La gestion de l'eau en Tunisie évolue vers la recherche d'une concertation entre acteurs concernés.

L'Etat a réalisé des grands investissements (barrages, lacs collinaires, forages, réseau de distribution, etc...) pour alimenter en eau d'irrigation les périmètres irrigués. En outre, il a accordé des subventions aux agriculteurs dans l'acquisition des matériels d'irrigation assurant l'économie d'eau, pour la construction des bassins de rétention d'eau et pour la création des puits de surface et de forages. Pour ce fait, la superficie des périmètres irrigués en Tunisie a évolué de 251 millions d'hectares (M ha) en l'an 1993 à 314 M ha en 2003 (Internet<sup>B</sup>, 2005). Ce qui montre l'importance de l'intérêt de l'exploitation en irrigué.

Malgré ces interventions et ces encouragements pour la mobilisation et la distribution de l'eau d'irrigation, cette ressource rare n'est bien gérée essentiellement dans les périmètres irrigués.

La rareté des ressources en eau est une composante importante qui définit le changement climatique, les mesures des agriculteurs constitue une réponse et une adaptation à la pénurie de l'eau (Sghaier, 2009).

Cette application de programmation multiobjective a été appliquée dans une zone aride de Médenine dans le cadre de mon mastère de recherche (Ounalli, 2005), dans des systèmes de production en sec et un changement de comportement des agriculteurs s'est enregistré face à la rareté des ressources en eau. Ce qui a été prouvé aussi dans les systèmes irrigués dans les zones arides (Mahdhi, 2019). Un changement exprimé par la diversification des cultures, la gestion des terres et des eaux, la modification des dates de plantation, changement des plans d'assolement, la diversification des variétés végétales, l'assurance des récoltes, la diversification

des revenus, la migration, l'utilisation conjuguée des eaux de surface et souterraine, développement de nouvelles sources d'eau (approfondissement des forage, achat et vente d'eau sur des marchés d'eau informels), vente des terres et reconversion vers l'agriculture pluviale.

Dans les systèmes irrigués le comportement des agriculteurs est fortement lié au prix de l'eau d'irrigation, changement des modèles de culture (Mahdhi, 2019; Doppler, 2002; Jeder, 2011). L'application de la programmation linéaire d'optimisation est jugée utile pour maximiser la marge brute de l'exploitant, et pour minimiser la consommation de l'eau tout en tenant compte d'un ensemble de contraintes techniques et économiques dans le même périmètre irrigué. Ces actions d'optimisation se sont généralisées dans différents pays dont on cite les travaux de Ben Mimoun (1999) en Tunisie, Allali (2003) au Maroc, Debailleul (2003) au Québec, Rabevohitra (2001) à Madagascar, Lambert (1997) au Canada, Faburel (1999) et Latouche (2001) en France.

Dans un contexte différent, dans un périmètre irrigué dans le sahel tunisien, dans une zone humide, ce travail s'intéresse à une agriculture qui est principalement pratiquée à l'intensif en se basant sur des périmètres irrigués mais qui sont touchés par la rareté des ressources en eau et par l'augmentation des charges de production.

Pour ce fait, la présente étude vise la contribution à la conception d'un schéma d'allocation optimale des ressources en eau dans les systèmes de production du périmètre public irrigué de Sidi Bou Ali du gouvernorat de Sousse.

## **2. Matériels et méthodes**

### *2.1. Choix de la zone d'étude*

Le périmètre public irrigué de Sidi Bou Ali qui se trouve à proximité du village de Sidi Bou Ali a été aménagé en 1969 (COMETE Engineering, 1999). Il occupe une superficie de 952 ha qui est subdivisée en trois zones groupant plusieurs quartiers:

- Les zones I et III qui couvrent une superficie de 597 ha. Ils sont gérés par le centre de vulgarisation territoriale (CTV) de Sidi Bou Ali. La zone I comprend 19 quartiers, et l'autre (zone III) comprend 14 quartiers.

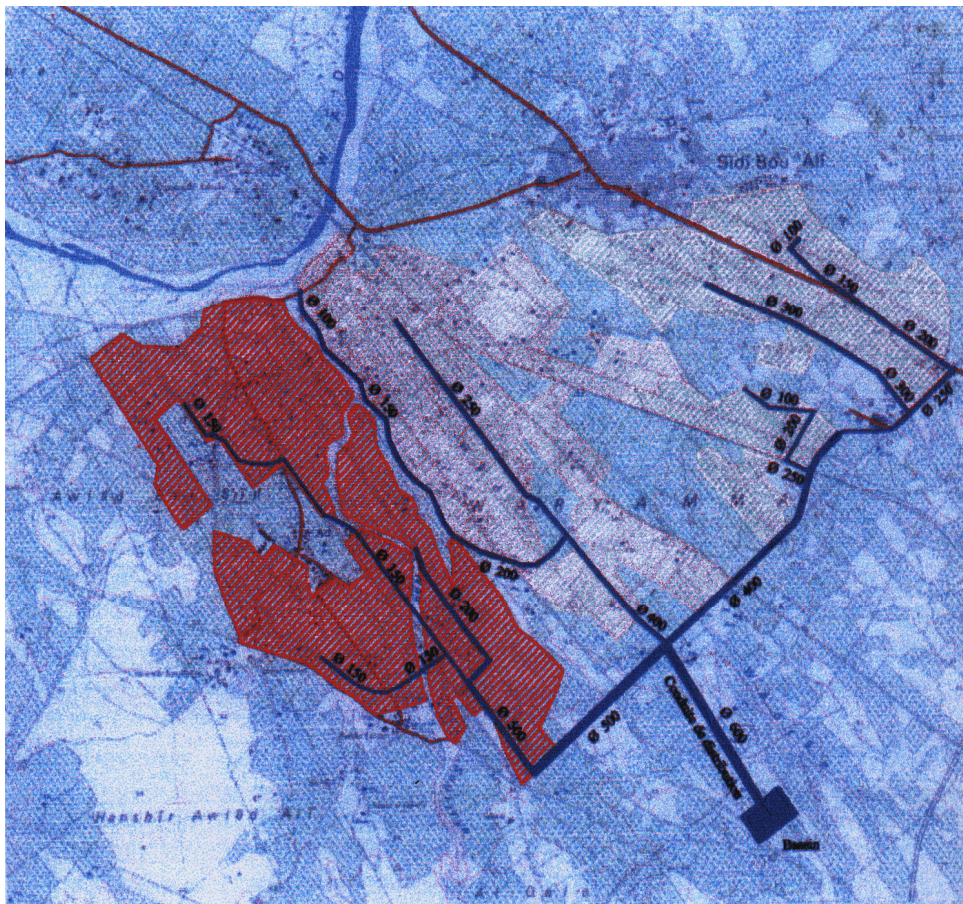
- La zone II, couvre une superficie de 355 ha et comprend 17 quartiers. Elle est gérée par un groupement d'intérêt collectif (GIC) (COMETE Engineering, 2000).

Les systèmes de production au niveau de ce périmètre irrigué sont basés sur la pratique des cultures maraîchères. Les spéculations végétales pratiquées dans cette zone sont essentiellement:

- la pomme de terre d'arrière saison;
- la pomme de terre de saison;
- la tomate d'arrière saison;

- la tomate de primeur;
- le piment d'arrière saison;
- le piment de primeur;
- le courge de primeur;
- le fenouil;
- le concombre de primeur.

Le périmètre de Sidi Bou Ali reçoit en moyenne une pluviométrie annuelle de 460,55 mm, les pluies automnales sont les plus importantes. La moyenne annuelle de la température est égale à 18,9°C. Ce périmètre est alimenté par les eaux qui viennent du barrage de Nebhena, et qui sont stockées dans un bassin d'une capacité de 6800 m<sup>3</sup>. Cette eau présente un résidu sec variable de 0,8 à 1,3 g/l, suivant la saison. En cas de manque d'eau dans le barrage, ce réseau est alimenté par le complexe de Sisseb qui est constitué de 12 forages permettant de fournir un volume complémentaire estimé en moyenne à 10 Mm<sup>3</sup>/an (OMIVAN, 1978).



**Figure 1: Carte de situation du périmètre public irrigué de Sidi Bou Ali**

## **2.2. Approche méthodologique**

Pour répondre aux questionnements de cette étude, une analyse socioéconomique des différents systèmes de production a été effectuée. Pour ce fait, des prospections de terrain et des entretiens avec les exploitants et les acteurs de ce périmètre irrigué ont été réalisés.

Dans une deuxième étape, l'application de la programmation linéaire d'optimisation a eu lieu. Elle a permis de concevoir un schéma d'allocation optimale des ressources en eau ainsi que de la répartition des systèmes de production du périmètre irrigué. Cette application a été effectuée grâce au logiciel LINDO (Linear Interactive Set Estimation). Il s'agit de maximiser la marge brute de l'exploitant, et de minimiser la consommation en eau, sous un ensemble de contraintes technico-économiques bien déterminées.

Cette programmation a permis de déterminer l'effet de l'augmentation du prix de l'eau d'irrigation sur le revenu brut de l'agriculteur, sur la tendance des systèmes de production, sur les choix des cultures, sur la décision de l'exploitant de rester ou non sur l'exploitation, et sur la demande de l'eau d'irrigation.

La méthode NISE est considérée comme étant parmi les plus efficaces dans le cas d'un nombre réduit d'objectifs. Elle permet une approximation rapide et satisfaisante de l'ensemble des solutions efficaces lorsque le nombre d'objectifs n'est pas élevé (Sghaier, 1995).

La formulation mathématique générale de cette programmation multi objective est comme suit:

$$\text{Eff } Z(x) = [Z_1(x), Z_2(x), \dots, Z_q(x)]$$

Sachant que  $x \in F$

Eff: indique la recherche des solutions efficaces en maximisant ou en minimisant la fonction  $Z(x)$ .

F: c'est l'ensemble des solutions possibles.

$Z(x)$ : c'est la fonction objectif.

## **3. Application de la programmation multi-objective**

Le modèle appliqué dans cette étude consiste à concilier entre deux objectifs: la maximisation de la marge brute et la minimisation des volumes d'eau consommés. En d'autre terme, il s'agit de chercher l'ensemble des solutions de compromis entre la rentabilité économique et la valorisation de la ressource eau. La conception du modèle (fonctions objectifs et contraintes) est basée sur les données collectées auprès des exploitants et des services techniques moyennant des enquêtes socioéconomiques.

La formulation mathématique du modèle est la suivante:

$$\text{Max}Z_i = \sum_{j=1}^{Ni} (MB)_{ij} x_{ij} - P * V_i$$

$$\sum_{j=1}^{Ni} B_{ij} - V_i = 0$$

avec:

-  $MB_{ij}$ : Marge brute en Dinars Tunisien (DT) par hectare de la culture j dans la strate i;

-  $x_{ij}$ : Superficie exploitée (ha) de la culture j dans la strate i;

-  $P$ : Prix de l'eau d'irrigation par mètre cube (DT/m<sup>3</sup>);

-  $V_i$ : Volume de l'eau d'irrigation utilisé (m<sup>3</sup>) dans la strate i;

-  $B_{ij}$ : Besoin total en eau d'irrigation de la culture j (m<sup>3</sup>) dans la strate i;

-  $Ni$ : nombre des cultures pratiquées dans la strate i.

Les contraintes du modèle sont formulées comme suit:

*Contraintes liées aux surfaces irrigables*

$$\sum_{j=1}^{Ni} x_{ij}^* \leq S_i^*$$

où:

$S_i^*$  est la surface irrigable de la strate i.

$x_{ij}^*$ : Superficie exploitable de la strate i de la culture j.

*Contraintes liées aux surfaces irriguées*

$$\sum_{j=1}^{Ni} x_{ij} \geq S_i$$

où:

**$S_i$  est la** superficie irriguée de la strate i

$x_{ij}$ : Superficie exploitée de la culture j dans la strate i.

*Contraintes liées aux ressources en eau disponibles*

$$\sum_{j=1}^{Ni} B_{ij} x_{ij} \leq E_i$$

avec:

$E_i$ : Disponible en eau dans la strate i;

$B_{ij}$ : besoin en eau par hectare de surface exploitée de la strate i de la zone j.

*Contraintes liées à la main d'œuvre disponible*

$$\sum_{j=1}^{Ni} B_{ij} x_{ij} \leq M_i$$

avec:

$M_i$ : Main d'œuvre disponible (UTH) dans la strate i;

$B_j$ : besoin en main d'œuvre de la culture j dans la strate i (UTH/ha).

*Contraintes budgétaires des exploitants*

$$\sum_{j=1}^{N_i} C_{ij} x_{ij} \leq R_i$$

avec:

$R_i$ : Revenu total alloué à l'agriculture dans la strate  $i$ .

$C_{ij}$ : Charges de production hectare utilisées par la culture  $j$  dans la strate  $i$  (DT/ha).

*Contrainte de rotation des cultures ou contrainte de fréquence des cultures*

$$x_{ij} \leq \frac{T_j}{T_j + N_a} * SAU$$

où:

$x_{ij}$ : Superficie (ha) exploitée de la culture  $j$  dans la strate  $i$ .

$T_j$ : durée de vie de la spéculation végétale.

$N_a$ : nombre d'années de repos de la parcelle.

SAU: Surface Agricole Utile (ha).

On a introduit dans cette application une culture pratiquée en sec (orge), pour que le modèle garanti une marge brute agricole qui ne s'annule pas, même si l'agriculteur abandonne toutes les cultures en irrigué à un certain prix maximal de l'eau d'irrigation.

#### 4. Résultats et discussion

Identification des différents types de systèmes de production irrigués

L'identification des systèmes de production au niveau de ce périmètre irrigué est basée sur la distinction entre les strates qui sont relatives aux superficies exploitées. En effet, trois strates ont été retenues:

- la strate I: Les petites exploitations dont la superficie est inférieure ou égale à 1 ha, elles sont marquées par l'importance de la main d'œuvre familiale. La plus grande partie de la production est destinée à l'autoconsommation. Ces exploitations sont basées sur les cultures maraichères conduites sous serres.

- la strate II: Les exploitations moyennes dont la superficie est comprise entre un et deux hectares. Ce sont des systèmes qui caractérisent les exploitations familiales dans la majorité. Ces exploitations sont basées sur les cultures maraichères conduites sous serres, et d'autres sont conduites en intercalaire avec quelques arbres fruitiers.

- la strate III: Les exploitations dont la superficie est supérieure à deux hectares. La présence des salariés et la vente de la totalité de la production sont les principaux éléments qui caractérisent cette strate.

La diversification des cultures dans les trois types de systèmes de production existants n'est pas enregistrée dans les trois strates (tableau 1). En effet, 48,28% des agriculteurs pratiquaient une seule culture. 53,3% des agriculteurs dans la strate

I ne pratiquaient qu'une seule culture vue les difficultés d'irrigation par le système micro-irrigation, et la taille de l'exploitation qui est très petite. Dans la strate II, les agriculteurs (44,4%) pratiquaient trois cultures. Par contre, dans la strate III avec une superficie qui dépasse les deux hectares, 60% des agriculteurs ont une seule culture qui est basée sur l'arboriculture et notamment l'olivier.

**Tableau 1: diversification des cultures dans les exploitations du périmètre public irrigué de Sidi Bou Ali (source: propres enquêtes)**

Strates	Strate I	Strate II	Strate III	Tout le périmètre
Une culture	53,33%	33,33%	60%	48,28%
Deux cultures	26,67%	0%	20%	17,24%
Trois cultures	20%	44,44%	0%	24,14%
Plus	0%	22,22%	20%	10,34%
Total	100%	100%	100%	100%

La majorité des agriculteurs ont l'habitude de pratiquer des assolements comportant des jachères. La rotation est appliquée pour les serres qui sont déplacées tous les deux à trois ans, ce qui permettra de diminuer les risques de transmission des maladies d'une campagne à l'autre et d'éviter le retour annuel d'une culture sur le même milieu. Les agriculteurs qui n'utilisaient pas la jachère sont souvent ceux qui louent la terre ou ceux qui ont une faible superficie.

**Tableau 2: pratique de la jachère et de la rotation dans les exploitations du périmètre public irrigué de Sidi Bou Ali (source: propres enquêtes)**

Strates	Strate I	Strate II	Strate III	Tout le périmètre
Jachère	40%	45,45%	100%	58,62%
Rotation	10%	36,36%	100%	44,83%

### Modélisation

Le modèle décrit ci-dessus a été appliqué selon différents scénarios du tarif de l'eau d'irrigation. Les tarifs choisis varient de 0.154 à 7.5 DT/m<sup>3</sup>. Les résultats obtenus ont été analysés en vue d'identifier le système des cultures choisi par le modèle et (natures et superficies des cultures) et d'estimer les impacts de l'augmentation du prix de l'eau d'irrigation.

#### *Impact de l'augmentation du prix de l'eau d'irrigation sur le revenu de l'agriculteur*

D'après les résultats du modèle, l'augmentation du prix de l'eau d'irrigation entraîne une diminution progressive du revenu de l'agriculteur noté dans le modèle de la marge brute globale. En effet, Pour un prix de 0,154 DT/m<sup>3</sup>, les revenus des agriculteurs pour le strate I, strate II et strate III sont respectivement de 7411, 5300 et 3713 DT/ha. Pour un prix de 0,18 DT/m<sup>3</sup>, ces revenus deviennent respectivement 7319, 5234 et 3661 DT/ha. Ce qui fait que lorsque le prix de l'eau d'irrigation augmente de 15%, le revenu brut de l'agriculteur diminue de 1%.

Lorsque le prix de l'eau atteint un seuil de 7,152, 7 et 7,5 DT/m<sup>3</sup> pour respectivement les strates I, II et III, le modèle suppose que l'exploitant



abandonnera toutes les cultures en irrigué et ne pratiquera que les cultures en sec. La marge brute de l'agriculteur ne sera donc issue que des cultures en sec.

***Impact de l'augmentation du prix de l'eau d'irrigation sur les choix techniques dans les systèmes de production***

Suite à l'augmentation du prix de l'eau d'irrigation, les changements des systèmes de production peuvent prendre plusieurs formes.

*- Diminution de la superficie exploitée:*

La superficie irriguée dépend du prix d'un m<sup>3</sup> d'eau. Elle diminue lorsque le prix de cette ressource augmente et peut atteindre un stade où l'agriculteur n'exploite que les cultures en sec et abandonne celles en irrigué.

D'après les résultats du modèle, lorsque le prix unitaire de l'eau d'irrigation est de 0,154 DT, les trois strates exploitent le maximum de leurs cultures en irrigué, ce sont les cultures les plus rentables et les moins exigeantes en eau. Pour un prix de 4 DT/m<sup>3</sup>, les agriculteurs abandonnent certaines cultures et surtout les moins rentables. Lorsque ce prix atteint 7,5 DT/m<sup>3</sup>, l'agriculteur abandonne toutes les cultures en irrigué pour les trois strates.

*- substitution de certaines cultures:*

Ce sont les cultures les plus exigeantes en eau qui tendraient à être substituées par celles les moins exigeantes en cette ressource. En effet, lorsque le prix de l'eau est de 0,154 DT/m<sup>3</sup>, les cultures pratiquées dans les trois strates sont généralement les plus rentables et les moins exigeantes en eau d'irrigation.

A ce même prix, l'agriculteur de la strate I n'exploite pas la tomate arrière saison, mais lorsque ce prix atteint 0,366 DT/m<sup>3</sup> on remarque que l'agriculteur pratique cette culture et abandonne celle du piment primeur.

D'après les résultats du modèle, le fait de substituer à un certain prix la culture de piment primeur par celle de tomate arrière saison revient à ce que la marge brute de cette dernière est sensiblement inférieure à celle du piment primeur avec une exigence beaucoup moins importante en eau.

Lorsque le prix unitaire de l'eau atteint 7,5 DT, les cultures en irrigué sont totalement substituées par les cultures en sec pour les trois strates.

Enfin on peut conclure, qu'une culture à marge brute modeste et à consommation assez élevée en eau, sa superficie diminue automatiquement avec l'augmentation du prix de l'eau d'irrigation.

***Impact de l'augmentation du prix de l'eau d'irrigation sur la demande en eau***

Les résultats du modèle montrent qu'un prix élevé de l'eau conduit à une diminution de la quantité exploitée en cette ressource, et ce ci suite à la substitution des cultures les plus exigeantes en eau par celles les moins exigeantes, ou par la diminution de la superficie exploitée.

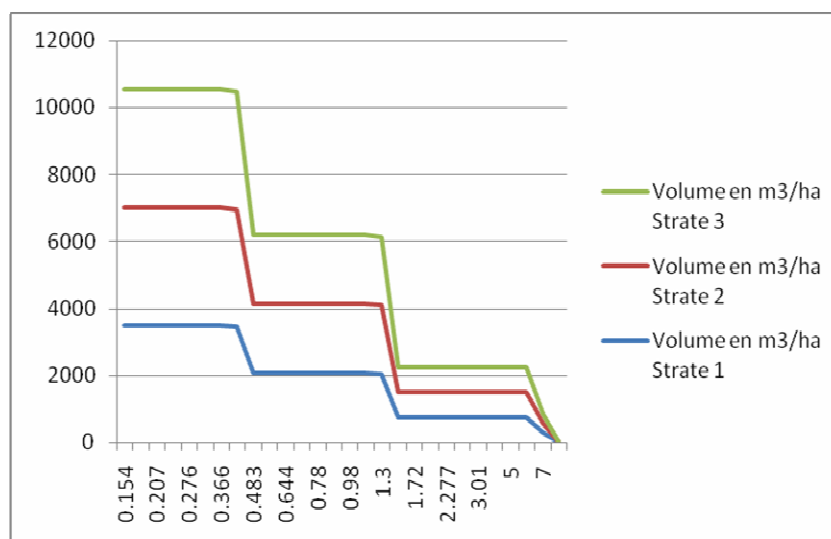
Les courbes (demande de l'eau en fonction du prix de cette ressource) dans les trois strates du périmètre convergent vers le même résultat de l'impact de l'augmentation du prix de l'eau d'irrigation sur la demande en cette ressource, donc il s'agit de la même allure (figure 1, 2 et 3).

Le traitement des résultats présentés par la figure 1 montre que la quantité d'eau demandée à un prix entre 0,154 DT/m<sup>3</sup> et 0,366 DT/m<sup>3</sup> est de 3514 m<sup>3</sup>. Alors qu'elle devient égale à 284 m<sup>3</sup> pour un prix situé entre 7 et 7,1 DT/m<sup>3</sup>. Ce volume demandé s'annule pour un prix de 7,152 DT/m<sup>3</sup>.

On remarque que la courbe de demande de l'eau en fonction du prix est l'ensemble de paliers dans les quels pour un intervalle des prix l'agriculteur reste consommer le même volume d'eau, donc il exploite les mêmes cultures pratiquées dans la même superficie exploitée.

Lorsque le prix de l'eau atteint (7,5 DT/m<sup>3</sup>), le modèle propose de ne pas acheter de l'eau donc n'exploiter rien en irrigué, car ce prix peut influencer négativement le revenu de l'agriculteur.

Figure 1: demande en eau en fonction du prix unitaire de cette ressource dans les trois strates (1, 2 et 3)



Tout en tenant compte de la complexité des systèmes de production agricole irrigué, de nombreux problèmes sont décelés dans le périmètre irrigué de Sidi Bou Ali dont les plus importants sont:

- la taille réduite de l'exploitation, plus que 50% des agriculteurs ont une superficie inférieure ou égale à un hectare. Cette situation est due au morcellement issu des héritages successifs.
- l'extension urbaine sur les terres agricoles
- l'irrationalité dans l'application des assolements. En effet, les agriculteurs changent la culture mais ne change pas la famille à laquelle appartient cette culture.
- les difficultés financières n'ont pas permis à certains agriculteurs d'installer des systèmes d'économie d'eau. Certain parmi ces agriculteurs non irrigants ont abandonné leurs exploitations.

### **Conclusion**

Dans cet article, on a présenté l'état technico-économique actuel du périmètre public irrigué de Sidi Bou Ali. On s'est basé sur la collecte des données moyennant des enquêtes menées auprès des agriculteurs du périmètre. Ces exploitants pratiquaient principalement les cultures maraîchères hors saison sous serres ou en plein champ. Puis, la marge brute a été calculée pour chaque culture dans les systèmes de production des trois strates du périmètre.

Un modèle économique a été appliqué à des combinaisons de cultures tout en tenant compte d'un certain nombre de contraintes dont la principale est celle de l'eau. En utilisant la programmation linéaire, ce modèle a permis de simuler le comportement de l'agriculteur vis-à-vis de l'augmentation du prix de l'eau d'irrigation.

L'analyse des résultats de ce modèle a permis d'identifier une fonction exprimant la demande de l'eau d'irrigation en fonction du prix d'un mètre cube de cette ressource, tout en tenant compte des contraintes technico-économiques tels que la surface agricole utile, la rotation des cultures, l'occupation du sol, le disponible en eau d'irrigation, et la contrainte budgétaire.

Les résultats du modèle montrent l'impact de l'augmentation du prix de l'eau sur le revenu agricole, le système de production et sur la demande en eau. En effet, lorsque le prix de l'eau d'irrigation augmente, les charges de l'exploitation augmentent aussi, ce qui fait diminuer le revenu de l'agriculteur.

L'augmentation du prix de l'eau d'irrigation entraîne la diminution de la superficie exploitée en irrigué et parfois la substitution des cultures les plus exigeantes en eau par celles les moins exigeantes en cette ressource. Dans ces deux cas l'augmentation du prix de l'eau a entraîné la diminution de la consommation en eau. Un scénario fort probable est mentionné par la totalité des agriculteurs de la strate et par 92% de ceux de la strate 2 est d'abandonner complètement les cultures irrigués et aller vers l'agriculture en sec.

#### **Références bibliographiques:**

- Albouchi, L., Bachtta, MS., Le Grusse, P., 2003. Pour une meilleure valorisation globale de l'eau d'irrigation. Une alternative de réallocation de la ressource sur des bases économiques- cas du bassin du Merguellil en Tunisie Centrale. Séminaire (Gestion intégrée de l'eau au sein d'un bassin versant) Montpellier, France.
- Allali, K., 2003. Valeur sociale de la conservation du paysage agricole au Maroc: Application de la méthode d'évaluation contingente au paysage agricole de la Chaouia (Case Study 2).
- Ben Mimoun, A., 1999. Contribution à l'évaluation économique de la dégradation du sol en Tunisie, cas du bassin versant de l'oued M'SILAH gouvernorat de Kairouan. Mémoire de fin d'études de cycle de spécialisation, à l'institut National Agronomique de Tunisie.
- Debailleul, G an all., 2003. L'évaluation économique des coûts associés à l'impact environnemental des productions agricoles: Etat de la situation et application au Québec.

- Doppler, W., Salman, AZ., Al-Karablieh, E., Wolff., HP., 2002. The impact of water price strategies on the allocation of irrigation water: the case of Jordan Valley. *Agricultural Water Management* 55 (2002) 171-182.
- COMETE Engineering, 1999. Etude de diagnostic et de modernisation de l'exploitation des périmètres irrigués dans le gouvernorat de Sousse (rapport hydraulique).
- COMETE Engineering, 2000. Etude de diagnostic et de modernisation de l'exploitation des périmètres irrigués dans le gouvernorat de Sousse.
- Faburel, G., 1999. Evaluation du coût social du bruit des avions dans le Val-de-Marne. [www.aramis-research-ch/F/2746](http://www.aramis-research-ch/F/2746)
- Jeder, H., Sghaier, M., Louhichi, K. Tarification de l'eau d'irrigation et durabilité des systèmes de production: Cas du bassin versant d'Oum Zessar, Sud-est de la Tunisie. *NEW MEDIT*, N°1, Mars 2011.
- Internet<sup>B</sup>, 2005. Périmètres irrigués en Tunisie. [www.investissement.tn/article.php?id=51-25K](http://www.investissement.tn/article.php?id=51-25K).
- Latouche, K., 2001. Bien être animal et Méthode d'évaluation contingente. [www.inra.fr/Internet/départements/ESR/vie/animations/jeuneschercheurs/pdf/2001/Latouche.pdf](http://www.inra.fr/Internet/départements/ESR/vie/animations/jeuneschercheurs/pdf/2001/Latouche.pdf).
- 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](http://www.inrets.r/ur/Ite/Publications/Publications-pdf/Lambert-publi/Toronto-97.pdf).
- Louati, H. 1998. Stratégie du secteur de l'eau en Tunisie à long terme 2030. Eau XXI.
- Mendiata I, 2004. Conflits d'usage dans la gestion des ressources en eau: analyse territoriale des modes de régulation. In Actes de la journée d'études « les territoires de l'eau », université d'Artois.
- Mendiata I, 2005. Economie des ressources en eau: de l'internalisation des externalités à la gestion intégrée. L'exemple du bassin versant de l'audomarois. Université des sciences et technologies de LILLE, Faculté des Sciences Economiques et Sociales.
- Mahdhi, N., Sghaier, M., Fouzaï, A., Kadri, N. 2019. Eau et changement climatique: quelles stratégies d'adaptation pour la gestion de l'eau d'irrigation dans le sud-est Tunisien. *NEW MEDIT*, Mars 2019.
- OMIVAN, 1978. Le réseau d'irrigation du Nebhena (Projet Tuniso-Belge de Vulgarisation).
- Ounalli N, 2002. Prix de l'eau d'irrigation et système de production: cas du périmètre public irrigué de Sidi Bou Ali. Projet de Fin d'Etudes. ESA Mograne.
- Ounalli, N., Sghaier, M., 2009. Contribution à l'optimisation de l'allocation des ressources en eau et en sol dans les systèmes de production du bassin versant d'Oued Oum Zessar (Sud-est de la Tunisie). *NEW MEDIT*. Vol VIII, n°1, Mars 2009.
- Ounalli, N., 2014. Impact des politiques publiques de développement sur le fonctionnement et la durabilité des systèmes d'activités: Le cas du bassin versant d'Oued Oum Zessar, Sud-est tunisien, Médenine. Thèse de doctorat soutenue le 22 Octobre 2014, à l'Université Montpellier 3.
- Rabevohitra, NF., 2001. Impacts de l'utilisation des combustibles en bois et de la pollution atmosphériques à l'intérieur des maisons sur la santé à Madagascar. [www.irg ltd.com/irg ltd/ENR/PAGE/Documents/Docs/DOC-PDF/pollution.pdf](http://www.irg ltd.com/irg ltd/ENR/PAGE/Documents/Docs/DOC-PDF/pollution.pdf)
- 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 (ph.D.) en Sciences Biologiques Appliquées. Section Agronomie.
- Sghaier, M., Ounalli, N., 2009. Adaptation au changement climatique et impact sur la durabilité de l'agriculture pluviale dans le Bassin versant d'Oued Oum Zessar, Sud-est de la Tunisie. Actes du Colloque International « Sociétés en transition et développement local en zones difficiles, DELZOD ». Djerba-Tunisie, 22-24 Avril 2009.