

Contribution à l'étude de l'allocation optimale des zones de parcours en milieux arides du sud-est de la Tunisie: Cas du bassin versant d'Oum Zessar

JEDER HOUCINE*, SGHAIER MONGI**

Jel classification: Q140, Q250

1. Introduction

Dans le sud tunisien, la dynamique d'occupation des milieux et la compétition pour les ressources naturelles entre les acteurs économiques de la région ont permis de considérer la région de la Jaffera¹ comme étant une zone pilote bénéficiaire des plusieurs projets et programmes de développement, en particulier le programme de conservation des eaux et des sols (CES). L'Etat tunisien a lancé ce programme dans les régions arides visant, en premier lieu, la lutte contre l'érosion hydrique et, en deuxième lieu, la mobilisation des eaux des ruissellements.

En effet, l'installation des ouvrages de conservation des eaux et des sols, la privatisation des terres et la concurrence entre usagers en ce qui concerne la ressource en sol ont conduit à l'extension rapide de l'arboriculture et de la céréaliculture aux dépens des espaces pastoraux (Genin et Sghaier, 2000).

La surexploitation des ressources à l'échelle du bassin versant d'Oum Zessar est expliquée par l'utilisation irrationnelle des terres et par le surpâturage qui

Abstract

Over the last forty years, the arid and semi-arid zones of southern Tunisia have experienced a remarkable and rapid evolution of its agrarian systems, production systems and modes to use and manage its natural resources. Hence, in grazing areas pressure became stronger and pastoral systems are nowadays menaced. The main objective of this study is to set up a management approach based on the control and planning of the optimal allocation of rangelands in arid zones. The Oum Zessar watershed (south-eastern Tunisia) is the case study area. The model results led to the definition of a series of optimal solutions for an efficient allocation of rangeland areas. By comparing the optimal values with the real situation, it appears that the real rangeland surface is lower than the optimal level during the considered time span. This shows the detriment of rangeland surfaces to the profit of cultivated areas due to the actions taken by the water and soil conservation program. The agricultural intensification following these strategies reflects a trend towards the artificialization of fragile areas and towards the natural resources overexploitation, representing an alarming situation that threatens the pastoral inheritance and puts in doubt the sustainability of the animal rearing activity that is one of the main components of the agro-pastoral production system in the arid zones of southern Tunisia.

Keywords: Rangeland cultivation, Water and soil conservation, Land privatization, Overgrazing, Preservation of grazing areas, Model of optimal control.

Résumé

Au cours des quarante dernières années, les zones arides et semi-arides du sud tunisien ont connu des évolutions remarquables et rapides des systèmes agraires, des systèmes de production et des modes d'exploitation et de gestion des ressources naturelles. C'est ainsi que la pression sur les zones de parcours s'est aggravée et les systèmes pastoraux se trouvent de plus en plus menacés. L'objectif de cet article est de contribuer à mettre au point une approche de gestion basée sur le contrôle et la planification de l'allocation optimale des parcours en milieux arides. Le bassin versant d'Oum Zessar est pris comme cas d'étude (sud-est tunisien). Les résultats du modèle ont conduit à un ensemble de solutions optimales pour une allocation efficiente des superficies des parcours. En comparant les valeurs optimales à la situation réelle, il apparaît que la superficie réelle des parcours est inférieure au niveau optimal sur tout l'horizon temporel considéré. Ceci montre le détrimement des superficies des parcours au profit des cultures suite aux politiques agricoles, comme les travaux de conservation des eaux et du sol et la politique de privatisation de terre. Cette intensification agricole de la mise en culture non contrôlée des parcours au niveau du bassin versant suite à ces politiques reflète une tendance vers l'artificialisation des milieux fragiles et la surexploitation des ressources naturelles, représentant une situation alarmante qui menace le patrimoine pastoral et met en question la durabilité de l'activité d'élevage, comme étant une composante principale du système de production agro-pastoral dans les zones arides du sud tunisien.

Mots clés: Mise en culture des parcours, Conservation des eaux et des sols, Privatisation de la terre, Surpâturage, Préservation des zones pastorales, Modèle de contrôle optimal.

contribue à accroître la dégradation des écosystèmes et à diminuer leur potentiel productif. Cette pression sur la ressource est due à l'utilisation inadéquate du sol qui se traduit par une extension de l'arboriculture et de la céréaliculture des zones à vocation pastorale et par le développement de la mécanisation basée sur l'emploi de «tracteurs à polydisques» qui facilitent la mise en culture et la réalisation des aménagements CES (Romdhane et Fay, 1990). De plus, la pluviométrie caractérisée par une forte irrégularité interannuelle et une irrégularité saisonnière constitue un facteur important dans le changement des systèmes de production et des modes d'exploitation et de gestion des ressources naturelles en zones arides.

Mais, malgré l'impact de ces travaux d'aménagements (CES) sur l'amélioration de l'agriculture pluviale et la condition de vie des exploitants de la région (Bouflega et Chniter, 2004), certains problèmes et externalités dérivées de ces techniques d'aménagements et de la politique de privatisation

* Laboratoire d'Economie et Sociétés Rurales.

** Institut des régions arides de Médenine, Tunisie.

¹ Jaffera: c'est une région étendue qui se situe au sud-est de la Tunisie et qui est structurée en trois faciès paysages principaux: la montagne (Jbel), les piémonts et glacis et, enfin, la plaine qui s'étend jusqu'au littoral.

des terres sont apparus en posant la question: dans quelle mesure les réallocations de l'espace, en particulier du parcours pastoral, reflètent-elles un objectif économiquement et socialement optimal pour l'ensemble des usagers du bassin versant?

2. Méthodologie

Afin de répondre à ces questions, le recours à la modélisation dynamique était nécessaire afin de créer une approche méthodologique basée sur un modèle de contrôle optimal de la mise en culture des parcours appliqué à l'échelle bassin versant d'Oum Zessar pendant la période 1990-2004. Cette modélisation va servir à appréhender les interactions dynamiques entre les décisions des usagers et les multiples contraintes techniques, économiques et environnementales.

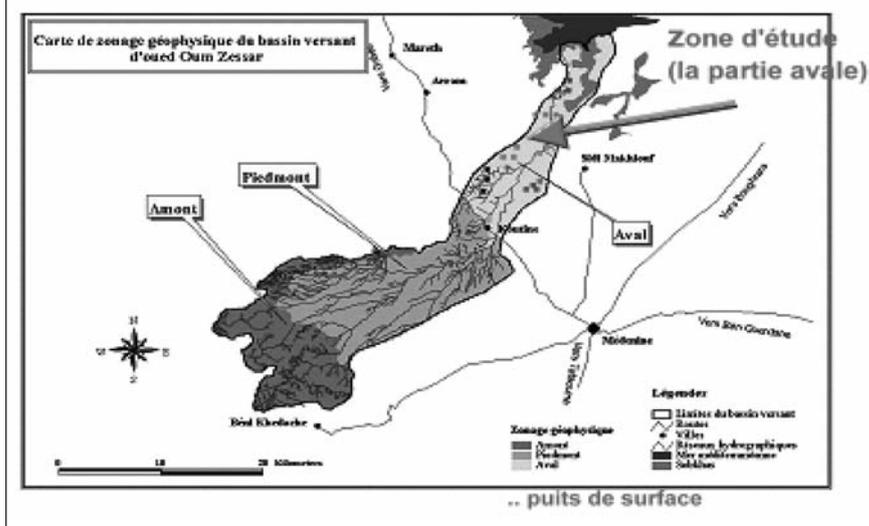
2.1 Présentation de la zone d'étude

Le niveau qui a été retenu pour l'application du modèle de contrôle optimal est le bassin versant d'Oum Zessar qui est une région assez bien documentée; ainsi la plupart des données relatives aux variables du modèle ont été collectées à partir des recoupements d'un certain nombre d'enquêtes socioéconomiques effectuées dans la zone d'étude et à partir des dépouillements des documents de base de l'arrondissement sur la conservation des eaux et du sol et la production végétale de Médenine, et via les travaux et les projets de recherche et de développement acquis au niveau de ce terrain (exemple: projet Wahia², 2000 et Jaffera, 2003).

Le bassin versant d'Oued Oum Zessar se situe dans région de la Jaffera au sud-est Tunisien. Il couvre une superficie de 36.530 mille hectares. Administrativement, il relève à trois délégations (Bénikdache, Médenine nord et Sidi Maklouf) du gouvernorat de Médenine (Ounalli, 2005). Carte 1: localisation géographique de la zone d'étude (Fétoui, 1999).

Cette zone d'étude a connu une évolution importante dans le mode d'exploitation et de gestion des ressources naturelles. Ceci est expliqué par la nouvelle réaffectation de l'espace entre les deux systèmes de production pluviale et d'élevage. Cette nouvelle réaffectation des ressources naturelles, en particulier le sol, dérivée de la stratégie de la conservation des eaux et du sol CES et la politique de privatisation des terres ont accentué le phénomène de la mise en culture des parcours à l'échelle du bassin versant. En effet, la superficie réelle des parcours qui était en 1990 de l'ordre de 20.463 hectares a baissé à 15.472 hectares en 2004 avec un taux de régression moyen de l'ordre de 32 %. Ce rythme de la mise en culture va engendrer des répercussions négatives sur le parcours et le système écologique en général à long terme dans les zones arides, où le phéno-

Carte 1 – Localisation géographique de la zone d'étude.



ne de la désertification représente un défi majeur pour les zones fragiles comme le sud tunisien.

2.2 Concept de contrôle optimal

L'intérêt de la théorie de contrôle optimale n'a été mis en évidence qu'au début des années soixante, suite aux travaux d'ARROW [1967] et DORFMAN [1966]. À partir de cette date, le concept du contrôle optimal a pris une place importante en science économique en tant qu'instrument essentiel pour bien élargir la théorie du capital aux ressources naturelles.

C'est ainsi que l'application de cette théorie a permis une meilleure formalisation des problèmes de gestion et de planification des ressources naturelles à travers des approches de modélisation basées sur des modèles déterministes ou stochastiques.

D'autre part, la formulation du modèle de programmation dynamique basé sur la théorie du contrôle optimal fait appel à plusieurs méthodes de résolution, en particulier le principe de maximum, élaboré par Pontryagin et son équipe (1962), qui a été utilisé pour résoudre les problèmes d'optimisation dynamique. Dans ce type de problème, le système est décrit par une ou plusieurs variables d'état et par une ou plusieurs variables de contrôle (ou variables instruments); les premières représentent des stocks alors que les secondes représentent des flux. Le problème type est de la forme suivante (Fauchaux et Noël, 1995):

$$\begin{aligned} \text{MAX}_{\{v(t)\}} &= \int_0^T U[x(t), v(t)] e^{-\delta t} dt \\ \text{SC} & \quad x = f[x(t), v(t)] \\ & \quad x(0) = x_0 \end{aligned}$$

$U[.]$: la fonction objectif que l'on cherche à maximiser (profit ou utilité inter temporels).

² WAHIA: Water Harvesting Impact Assesment: Analyse des impacts de collection d'eau des ruissellements.

X : la variable d'état, c'est-à-dire le stock de ressources dans le cas qui nous intéresse.

V : la variable de contrôle, soit la quantité de ressource extraite à chaque période.

δ : le taux d'actualisation futur.

Dans ce cas, le principe du maximum constitue un outil de résolution d'un intérêt capital temporel donné par une série de problèmes d'optimisations statiques simples à résoudre. Aussi, la solution obtenue peut être réajustée, à tout moment, en fonction des changements dans les paramètres et les contraintes du problème. Par ailleurs, l'un des points le plus forts de la méthode du principe du maximum est qu'elle permet de prendre en compte directement les contraintes sur les variables de contrôle. Ainsi, plusieurs contraintes (d'égalités ou d'inégalités) peuvent être introduites, sur la variable de contrôle seule ou simultanément sur les variables d'état et de contrôle. Plusieurs travaux concernant les ressources naturelles renouvelées ont adopté le concept de contrôle optimal comme étant une approche méthodologique pour formaliser ces problématiques de recherche pour la gestion de ces ressources, on peut citer à titre d'exemples les travaux de Smith [1977], Anderson [1977] et Clark [1985].

Pour notre cas d'application empirique dans le sud est tunisien, les travaux de Allai [2000] sont utilisés en tant que référence de base pour l'application du modèle de mise en culture de parcours, vue la grande similitude entre les zones arides magrébines pour les problèmes liés à la gestion des ressources naturelles et à la compétitivité de l'espace entre l'activité agricole et l'élevage dans ces pays.

3. Formulation générale du modèle de contrôle optimal

3.1 Fonction objective

L'objectif peut être représenté par le maximum des avantages qui peuvent être générés de l'utilisation optimale de l'espace par les deux activités, durant un horizon de planification donné (Allai, 2000).

Ainsi, la fonction objectif du modèle sera représentée par une fonction d'utilité sociale (bien être social), associée à l'activité de la production agricole et à celle de l'exploitation des parcours. Sous sa forme implicite, la fonction d'utilité sociale sera spécifiée comme étant une fonction dérivée du profit agrégé des deux activités, en l'occurrence le profit de l'agriculture et le profit de l'élevage pastoral. En notant $U(.)$ la fonction d'utilité sociale, $\pi(.)$ la fonction du profit agrégée des deux activités, $X(t)$ le niveau d'utilisation des inputs en agriculture, $STP(t)$ la superficie totale des parcours, $SMC(t)$ la superficie de parcours mis en culture et r le taux d'actualisation

(Taux escompte social). L'objectif retenu peut être défini par le maximum d'une fonction J , exprimant la valeur ac-

tualisée de l'utilité sociale (bien être social) de la collectivité toute entière, pour un horizon temporel de planification $[0, T]$ et s'écrit:

$$\text{Max } J[X, SMC, STP] = \int_{t=0}^T U[p(X(t), SMC(t), STP(t))] \cdot e^{-rt} dt$$

$$[X(t), SMC(t)]$$

Avec $SMC(t) = SMCP(t)$

$SMC(t)$: la superficie du parcours mise en culture pluviale.

On note le profit total tiré des cultures:

$$\pi_{agr} = [STAU - STP][P_a Y(.) - P_x X] \quad 3.2$$

π_{agr} : Le profit total tirée des cultures.

$STAU$: La superficie totale agricole utile.

$Y(.)$: La production agricole agrégée.

P_a : Le vecteur des prix unitaires des productions agricoles³ (L'indice de prix agrégé à partir de formule de Laspeyres).

P_x : Le vecteur des prix unitaires des inputs agricoles.

De même, si on note PUP le profit unitaire dégagé de l'exploitation des parcours, le profit total de l'activité sera donné par:

$$\pi_{prc} = PUP \cdot STP \quad 3.3$$

D'où les profits agrégés des deux activités s'écrira:

$$\pi[X, SMC, STP] = \pi_{prc} + \pi_{agr} = PUP \cdot STP + [STAU - STP] * [P_a Y(.) - P_x X] \quad 3.4$$

Le profit agrégé va donc dépendre des paramètres liés aux marchés (prix des produits agricoles, prix des facteurs de productions).

3.2 Les contraintes du modèle

L'objectif du maximum de profit agrégé est assujéti à deux contraintes majeures. La première contrainte est liée à l'offre limitée en espace utilisable par les deux activités (3.5); quant à la seconde, elle prend en compte l'objectif de conservation des zones de parcours, en considérant leur évolution au fil du temps. C'est l'équation de la dynamique de la superficie totale des parcours (équation d'état (3.6)) (Allai, 2000):

³ Les indices sont calculés à partir de la formule de Laspeyres pour le niveau de production agricole agrégée et leur prix unitaires. (Base 100, année de référence 1995).

$$SAUT = STA + STP = SAUT_{\max} = cte \quad 3.5$$

$$\frac{\delta(STP)}{\delta t} = STP(t) = - SMC(t) \quad 3.6$$

$$X(t), SMC(t) \text{ et } STP \geq 0 \quad 3.7$$

$$STP(o) = STP_0 \quad 3.8$$

4. Spécification de la fonction de production agricole et méthode d'estimation

4.1 Choix de la forme fonctionnelle

Le modèle de fonction de la production agricole retenu est alors une forme quadratique incomplète où seules les interactions entre inputs ayant un fondement agronomique et un effet sur la production ont été maintenues (Allai, 2000):

$$Y(.) = \alpha_0 + \alpha_1 X(t) + \alpha_2 SMC(t) + \alpha_3 [STP(0) - STP(t)] + \alpha_4 IP + \alpha_5 SC + \frac{1}{2} \alpha_{11} [X(t)]^2 + \frac{1}{2} \alpha_{22} [SMC(t)]^2 + \alpha_{12} [X(t) * SMC(t)] \quad 4.1$$

Où $Y(t)$: le niveau de la fonction de production agricole (indice de production agrégée à partir de la formule de Laspeyres).

$X(t)$: le niveau des mécanisations agricoles.

$[STP(0) - STP(t)]$: le cumul de la superficie de parcours mise en cultures.

$[X(t)*SMC(t)]$: L'interaction entre le niveau de mécanisation et la superficie courante de parcours mise en culture.

IP : indice de pression sur les parcours pastoraux: variable "Dummy"⁴ qui explique le détriment des parcours suite aux travaux CES:

$IP = 1$, si il y a réduction de la superficie de parcours due aux travaux de CES.

$IP = 0$, si il y a sauvegarde de parcours.

SC : indice de sécheresse: variable "Dummy" indique le niveau de pluviométrie de la zone d'étude:

$SC = 1$, si l'année t est sèche.

$SC = 0$, si l'année t est pluvieuse.

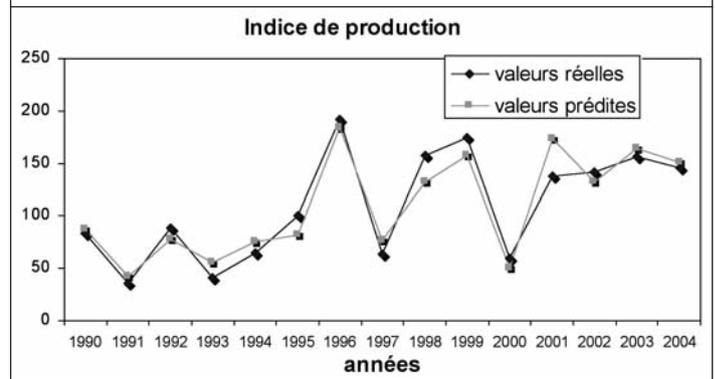
4.2 Restrictions sur les coefficients

Pour que la forme fonctionnelle choisie obéisse aux propriétés théoriques d'une fonction de production et aux considérations pratiques liées à l'activité agricole, des restrictions ont été imposées sur les coefficients.

⁴ Il s'agit d'une variable qualitative qui prend la valeur 1 lorsque la situation est défavorable: régression du parcours, année sèche et 0 si non.

⁵ La constante α_0 est éliminée pour le calibrage et la significativité globale du modèle.

Figure 1 – Les valeurs réelles et les valeurs prédites de l'indice de production agricole.



$$\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2 \text{ et } \alpha_3 \geq 0 \quad 4.2$$

$$\alpha_4, \alpha_5 \text{ et } \alpha_{12} \leq 0 \quad 4.3$$

$$\alpha_{11} \leq 0, \alpha_{11} \cdot \alpha_{22} - \alpha_{12}^2 \geq 0, \alpha_{12} \geq 0, \alpha_{22} \leq 0 \quad 4.4$$

5. Les résultats empiriques

5.1 Les résultats d'estimation

Les résultats de l'estimation économétrique du modèle de la production agricole (agriculture pluviale) à l'échelle du BV d'Oum Zessar s'écrivent comme suit (utilisation du logiciel SPSS)⁵

$$Y(.) = 4094.11 X(t) + 5716.28 SMC(t) + 19.9 [STP(0) - STP(t)]$$

(952.52) (2256.95) (7.35)

$$- 1589.32 IP - 52.39 SC + (1/2) 4816.23 X^2(t) -$$

(518.09) (20.98) (1890.69)

$$(1/2) 9491.76 SMC^2(t) - 6761.25 [X(t) * SMC(t)]$$

(4032.63)^{ns} (2350.19)

$$R^2 = 90$$

Le valeur (.): t de student, (Ns): non significatif.

5.2 Résultats de validation croisée

La comparaison entre les valeurs réelles et les valeurs prédites de l'indice de production agricole fait ressortir des tendances globalement similaires (Figure 1). Ceci montre que la forme fonctionnelle retenue, la forme quadratique, a permis une meilleure modélisation du processus de production agricole pluviale. Par ailleurs les résultats de validation croisée montrent que le coefficient de détermination du modèle estimé, et celui obtenu par cette méthode, reste satisfaisant pour accepter la forme de la fonction de production agricole estimée, en effet ce coefficient est passé de 90 % à 86 %.

5.3 Interprétation du modèle estimé de la fonction de production agricole

A partir de ces résultats, il se dégage que presque tous les inputs considérés ont des effets significatifs sur les niveaux de production réalisés et peuvent être interprétés comme suit:

- l'utilisation de la mécanisation agricole (X) et la mise en culture courante (SMC) des zones de parcours pastoraux ont un effet significativement positif sur le niveau de production agricole obtenu.

- De même, le cumul des superficies mises en cultures des zones des parcours (STP0-STPT) entraîne une amélioration significativement positive en valeur économique sur le niveau de la production agrégée mais son optimalité sociale et environnementale n'est pas garantie.

- L'indice de pression et l'interaction entre l'utilisation de la mécanisation et la mise en culture courante affectent négativement la production agricole agrégée. Celle-ci peut être interprétée comme étant l'une des conséquences directes des problèmes environnementaux liés à la fragilité écologique et la pauvreté des ressources pédologiques des zones de parcours en milieu aride, ainsi que le détrimement de parcours pastoraux d'une manière intensive au profit de la mise en culture suite aux travaux de la conservation des eaux et des sols CES qui entraînent progressivement une baisse des rendements et de la productivité des cultures et par conséquent une dégradation de l'espace agricole qui devient inapte pour la production à long terme et accentue le problème de la désertification en zones arides.

- Les sécheresses fréquentes durant ces années (sauf deux années pluvieuses 1996 et 2003) ont des effets négatifs sur la production agrégée, ce qui explique la propriété théorique pour laquelle il y a une relation inversement proportionnelle entre la sécheresse et l'agriculture pluviale.

5.4 Détermination de la superficie optimale des parcours

La situation de référence retenue pour le calcul de la superficie optimale des parcours est la période de réalisation des travaux de la CES (1990-2004) au niveau du BV.

Tableau 1 – Superficies optimales et réelles des parcours et leurs écart pour la période 1990-2001 au niveau du BV d'Oum Zessar (Mille hectares).

Années	Superficie optimale des parcours	Superficie réelle des parcours	Ecart des superficies
1990	237534	2046361	3289
1991	238021	2018411	3618
1992	235154	1988111	3634
1993	230252	1938361	3642
1994	226431	1888911	3754
1995	221681	1839411	3774
1996	217300	1794911	3781
1997	214783	1767411	3804
1998	211442	1732121	3823
1999	210094	1712121	3888
2000	207484	1678716	3961
2001	205100	1648671	4023
2002	202496	1614001	4110
2003	200568	1579781	4259
2004	199331	1547221	4461
MOYENNE	217178	178630	3855

Ce choix se justifie par la présence des données temporelles nécessaires à l'application du modèle d'optimisation dynamique. En utilisant le principe du maximum Pontriaguine et la stratégie de maximisation du profit de producteur (b), la formule des superficies optimales d'après la formule (a) est égale à:

$$STP^*(t) = STP_0 + \frac{[\alpha_1 X^* + \alpha_4 IP^* + \alpha_5 SC^* + \frac{1}{2} \alpha_{11} X^{*2} - (\frac{P_x}{P_a} X^*) - \frac{PUP}{P_a}]}{r(\alpha_2 + \alpha_{12} X^*) + 2\alpha_3} + \frac{[r(\alpha_2 + \alpha_{12} X^{*2}) + \alpha_3][SAUT - STP_0]}{r(\alpha_2 + \alpha_{12} X^*) + 2\alpha_3} \quad (a)$$

$$\text{Avec: } X^*(t) = \frac{1}{\alpha_{11}} \left[\frac{P_x}{P_a} - \alpha_1 + \alpha_{12} SMC^*(t) \right] \quad (b)$$

NB: les formules (a) et (b) ont été déterminées par Allai, 2000.

6. Interprétations des résultats

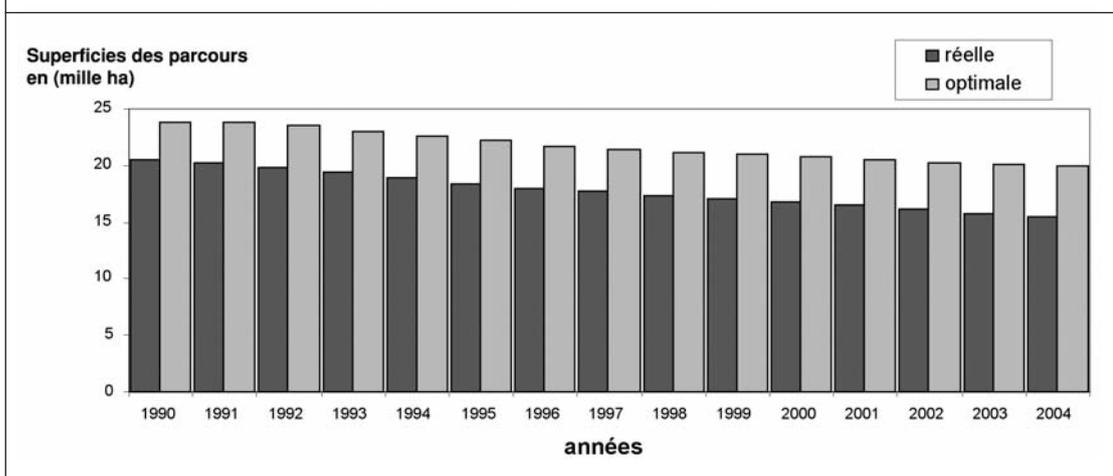
Ainsi, d'après les formules (a) et (b), on peut calculer les superficies optimales et réelles des parcours ainsi que leurs écarts pour la période 1990-2004 au niveau du bassin versant (Tableau 1).

Ces résultats sont dérivés d'une situation hypothétique d'allocation optimale de l'espace entre deux activités de production, agriculture et élevage sur le parcours, et peuvent ainsi constituer une référence de base pour juger l'efficacité dans l'utilisation actuelle des terres de parcours à l'échelle du bassin versant. En comparant les valeurs optimales à la situation réelle, il apparaît que la superficie réelle des parcours est inférieure au niveau optimal sur tout l'horizon temporel considéré. Ceci montre que le défrichage des superficies des parcours au profit des cultures ne répond pas à un objectif collectivement et socialement optimal pour l'ensemble des usagers, Mais en effet révèle une allocation inefficace d'une partie des terres de parcours: non seulement la mise en culture des parcours en céréales et arbres derrière les ouvrages d'aménagements de CES chaque année est socialement non optimale, mais aussi une partie constitue un prélèvement direct sur le capital pastoral de la région.

En effet, l'estimation du niveau optimale des parcours à l'échelle du bassin versant d'Oum Zessar pour la période 1990-2004 a montré que la réduction de la superficie par la mise en culture a atteint des dimensions importantes. Pour l'année 2004, la superficie optimale des parcours est estimé à environ 19.933 hectares, tandis que la superficie réelle est de l'ordre de 15.472 hectares, soit un écart annuel moyen de l'ordre de 3.855 hectares par rapport à son niveau optimal. Ce qui correspond à une allocation socialement non optimale d'environ 19 % de la superficie des parcours au profit de l'agriculture. Leur évolution montre une tendance à la hausse en fonction des années (Figure 2).

Cette différence peut être expliquée par deux raisons essentielles: la première est liée à l'effet du proces-

Figure 2 – Ecart entre superficies optimales et superficies réelles des parcours.



sus de fragmentation et d'atomisation des espaces, facteur essentiel d'expansion des superficies cultivées, qui dans la plupart des zones semble irréversible et répond aux aspirations actuelles des populations rurales. Le second élément correspond à l'absence de fournir aux exploitants agricoles des alternatives économiques crédibles en termes d'activités et d'emplois, qui offrent de réelles incitations au ralentissement, voire à l'arrêt de la mise en culture en particulier l'oléiculture (Genin, *et al.* 2005). Même les conditions climatiques du début des années 1990 n'étaient pas toutes favorables. Ce qui explique une partie de la différence enregistrée. Un autre élément principal mérite bien d'être pris en considération dans l'explication de l'écart entre situation optimale et situation réelle des parcours pastoraux, il s'agit de l'importance du programme de mise en valeur agricole à travers l'exécution d'une panoplie de politiques publiques, qui ont été mises en œuvre en zones arides du Sud tunisien, comme la politique de privatisation des terres et la politique de conservations des eaux et des sols CES. Ces politiques sont basées principalement sur la diversification du système de production agricole, mais leur extensification est faite au détriment des zones de parcours pastoraux; elles ont engendré plus de morcellement des parcelles, une fragmentation importante des espaces, une progression des activités agricoles dans des zones particulièrement fragiles et une réduction des zones de pâturage. Cette mise en culture a conduit à une perte de la biodiversité, une diminution importante des steppes autrefois réservées aux parcours et une pression accrue sur ces steppes suite à une forte réduction de la mobilité régionale des troupeaux (Tamaallah *et al.*, 2003).

Face à cette forme d'externalité environnementale liée à la mise en culture des zones des parcours, il est urgent d'envisager des aménagements et des modifications profondes des systèmes de productions mis en place. Dans une perspective de développement durable qui doit satisfaire plusieurs points, il faut tenir compte de l'importance de l'agriculture pluviale dans les zones arides du Sud tunisien, dont le développement selon le processus actuel paraît hypothé-

que. Son devenir ne passe certainement pas par la poursuite de l'augmentation des surfaces cultivées par la mise en culture, mais au contraire par une planification et un contrôle adéquat de cette extension. Il nous semble que cette question, complexe et sensible, devrait donner lieu à une analyse plus approfondie des effets possibles de ces politiques à la fois sur le développement des zones arides et sur la gestion de leurs ressources naturelles.

Pour aller au-delà de ce simple bilan de ces politiques agricoles et de l'absence des alternatives économiques crédibles en termes d'activités et emplois qui mérite d'être étayé, il apparaît nécessaire d'avoir des nouvelles réorientations en matière d'allocations des espaces. A travers le travail d'un groupe d'experts pluridisciplinaires, il pourrait être proposé d'élaborer une carte d'occupation des terres basée sur un zonage des espaces en fonction de leurs aptitudes et de leur vocation naturelle. Un tel zonage pourrait permettre de mieux délimiter les zones à risque sur le plan environnemental et les zones où les problèmes économiques et sociaux sont particulièrement prégnants (Genin, *et al.* 2005). Sur cette base, il serait alors possible de mieux définir les options à prendre et de mieux cibler les aides publiques accordées à l'agriculture pour les zones conservant la vocation des terres, y compris en occasion d'une situation de crise conjoncturelle. De même, pour mieux inciter au respect d'un zonage d'aptitude agro-pastorale, des aides et des propositions alternatives pourraient être apportées aux exploitants concourant au maintien de zones steppiques destinées aux activités d'élevage ou à la valorisation de leur usage, comme dans le cas des plantes médicinales. Bien sûr, une telle stratégie oblige de proposer des véritables alternatives voire des moyens de reconversion à ceux qui se trouvent dans des zones à risque.

Il est nécessaire d'encourager une stabilisation des espaces arboricoles et de ne plus miser sur une augmentation de la production régionale mais sur la recherche de la qualité des produits, particulièrement dans les zones qui se prêteraient mieux à une agriculture de type pluviale, et surtout à une oléiculture de type industriel. Cette dernière option, orientée vers une agriculture biologique, pourrait porter notamment sur la production d'huile d'olive à haute valeur ajoutée et pourrait être compétitive de manière considérable sur de futurs marchés à l'exportation (ODS, 2003). A travers les perspectives économiques qu'elle ouvre, une telle réorientation de la production peut contribuer à redonner à cette activité agricole un nouvel attrait pour les jeunes gé-

nérations.

Bien que l'agriculture pluviale reste la plus dominante dans les zones arides du Sud tunisien, l'élevage peut aussi assurer, à travers ses formes extensives et une meilleure valorisation des ressources pastorales locales, une fonction déterminante pour gérer durablement certains espaces et s'adapter aux aléas climatiques et économiques. Grâce à ses propriétés de pouvoir tampon, sa flexibilité et sa malléabilité de gestion des ressources pastorales à long terme, il constitue aujourd'hui un moyen de subsister lors des périodes particulièrement critiques, d'équilibrer rapidement la trésorerie familiale, d'épargner, et même de spéculer. L'élevage peut aussi se servir de nouvelles stratégies d'innovation rurales fondées sur la valorisation d'atouts propres à la région (écotourisme, qualité des produits des animaux, artisanat textile) et d'une meilleure intégration avec les activités agricoles (Genin et al, 2005).

Même si les mutations se sont accentuées, le diagnostic formulé par Floret et Pontanier (1982) nous semble garder une portée très actuelle: *«le mode meilleur pour lutter contre la dégradation progressive, et souvent irréversible, du milieu naturel de la Tunisie présaharienne est de conserver une utilisation des terres à dominantes pastorale, complétée par des cultures recevant une supplémentation en eau et une arido-culture bien localisée. cet équilibre agro-pastoral est possible si l'on utilise la diversité des systèmes écologiques présents»*. Le maintien du rôle fondamental que peut jouer l'élevage passe ainsi bien évidemment par la sauvegarde des espaces des parcours. Cela concerne pour l'essentiel désormais, dans la région étudiée, le vaste plateau du jaffera du sud tunisien, où il semblait opportun de limiter l'attribution des terres collectives à titre privé et de renforcer les actions en matière de protection, d'aménagements et de gestion concernée des ressources pastorales, une telle contribution ne peut être assurée que à travers un nouveau modèle de développement rural plus intégré destiné à améliorer les conditions de vie et de production dans les zones arides, via un approche participatif qui met l'accent sur la participation des acteurs sociaux, en particulier la population rurale ciblée tant à l'identification qu'à la programmation et qu'à la mise en oeuvre et l'évaluation de la durabilité des actions de développement à l'échelle locale et régionale.

D'une façon générale, en monde rural, le développement durable nécessite aujourd'hui de trouver des alternatives ou des stratégies qui permettent de remédier, en premier lieu le compromis existant entre agriculture et environnement, et en deuxième lieu la recherche d'une meilleure allocation de l'espace entre l'activité agricole et les zones du parcours. En effet, l'introduction de l'élevage dans l'exploitation agricole permet une meilleure valorisation d'un ensemble de production ou de coproduits tels que: les résidus de récolte, les sous-produits domestiques, artisanaux et agro-industriels, etc. Les herbivores jouent un rôle spécifique dans cette valorisation car ils sont capables d'utiliser des fourrages pauvres provenant des jachères, des parcours et des récoltes (résidus et sous-produits).

Globalement on peut dire que l'association de l'agriculture et de l'élevage contribue à l'allègement de la pauvreté et à la durabilité des systèmes de production agricoles dans les pays en développement.

L'enseignement à tirer de ces résultats est qu'en l'absence d'une intervention pour contrecarrer cette tendance, les conséquences environnementales du problème de la mise en culture intensive et non contrôlée des parcours peuvent s'aggraver davantage dans les années futures et peuvent être à l'origine d'un certain nombre de phénomènes de dégradation et un déclenchement de processus de désertification, qui auraient des effets négatifs en dehors des zones de parcours et dépassent même l'activité de l'élevage pour toucher d'autres dimensions d'ordre environnemental et social dans les zones arides.

7. Conclusion

La construction du modèle de contrôle optimal de la mise en culture des parcours pastoraux a permis d'avoir un outil méthodologique le plus approprié pour mieux analyser l'interférence et la compétition qui existent entre l'activité agricole et les zones de parcours. D'une part le modèle rend possible l'estimation de la superficie optimale des parcours, dérivant d'une stratégie d'allocation rationnelle de l'espace. Ceci offre la possibilité d'évaluer l'écart entre les superficies optimales et réelles de ces parcours. D'autre part, il permet d'évaluer les principales répercussions environnementales du développement économique dans les zones arides du Sud tunisien.

Sur le plan empirique, l'application du modèle de contrôle optimale de mise en culture à des situations réelles a permis de produire des résultats prometteurs. Ainsi, l'estimation du niveau optimal des parcours à l'échelle du bassin versant, pour la période 1990-2004, a montré que la réduction de la superficie de parcours par la mise en culture a atteint des dimensions importantes. Celle-ci est évaluée sur la base de l'écart enregistré entre la superficie réelle et le niveau optimal des parcours, qui correspond à une allocation socialement non optimale de l'ordre de 19 % de la superficie des parcours au profit de l'agriculture. Cette tendance de la mise en culture non contrôlée des parcours au niveau du bassin versant serait une des conséquences de la forte dynamique non contrôlée de l'activité agricole au niveau de la région, représentant l'une des causes principales de la désertification qui menace le patrimoine pastoral dans les régions arides du Sud-est tunisien.

L'application du modèle de contrôle optimale de la mise en culture des parcours à l'échelle du bassin versant d'Oum Zessar a permis de vérifier que la dynamique du système agraire dans les zones arides depuis les années quatre-vingt a été défavorable à la conservation des zones de parcours et au développement pastoral durable. Vue l'absence d'une planification et d'un contrôle dans l'utilisation de l'espace, en plus des effets négatifs qu'aurait produit la marginalisation des zones des parcours dans les différentes politiques agricoles, le sud tunisien se caractérise en particulier par la

politique de privatisation de terres, les stratégies de conservation des eaux et des sols et la difficulté de gérer des parcours en accès libre avec un problème de tribu, qui est très répondu et complexe dans la structure sociale de la population rurale du sud tunisien. Ces facteurs représentent des incitations à la mise en culture des parcours, souvent dans des proportions socialement non optimales entraînant la surexploitation des ressources naturelles en milieu aride.

Cette tentative de modélisation pourrait être mieux valorisée tout en intégrant d'autres variables d'ordre environnemental, économique et social; de plus, l'extrapolation de l'application de ce modèle à une échelle régionale ou nationale peut donner des résultats prometteurs pour mieux orienter les perspectives de développement durable des parcours dans les zones arides, afin de contribuer d'une manière adéquate à l'amélioration de secteur de l'élevage dans le sud tunisien.

Références bibliographiques

Allali K., 2000. *Contribution au développement durable des zones de parcours au Maroc. Modèles de contrôle optimal de la mise en culture et du surpâturage*. Thèse d'Etat des sciences agronomiques, Gembloux, Belgique. pp 100-110.

Genin D., Sghaier M., 2000. *Rapport scientifique sur la désertification dans la Jeffarra Sud-est tunisien*. pp. 278-279.

Romdhane A., Fay G., 1990. *Dégradation des parcours et problèmes de l'eau dans la région d'El Hamma Gabès*.

Nihaya O., 2004. *Contribution à l'optimisation de l'allocation des ressources en eaux et en sol dans les systèmes du sud-est de la Tunisie (cas du bassin versant d'oued Oum Zessar)*. pp. 80-85.

Fauchaux S., Noel F., 1995. *Economie des ressources naturelles et de l'environnement*. Armond Colin, Paris, pp. 450-470.

Wahia, 2002. *Water harvesting impact assessment*. Proceedings from EU Wahia project final seminar in Lanzarote. Jan de Graff and Mohamed Ouessar edition. pp 101-112

Boufelgha M., Chniter M., 2004. *Conservation des eaux et sols dans le gouvernorat de Médenine*. CRDA Médenine. pp120-115.

Tammallaha H., Genin D., Guillaume H., Hajji A., Ouled Belgacem A., 2003. *Rapport scientifique sur la désertification dans la Jeffarra Sud-est tunisien*. pp. 242-243.

Genin D., Guillaume H., Romagny B., Sghaier M., *Rapport scientifique sur la désertification dans la Jeffarra Sud-est tunisien*. pp.272-275

ODS, 2003. Office de développement de sud (ODS), *le gouvernorat de Médenine en chiffre*. Medenine, pp 115.

Floret C., Pontanier R., 1982. *L'aridité en Tunisie Pré-saharienne Climat Sol. Végétation et Aménagement*. Tra-vaux et Doc. Orstom Paris N° 150. 544 p. (Thèse).