

# Analyse par enquête et modélisation de la place et du rôle de l'Opuntia (*Opuntia ficus-indica*) dans les systèmes agraires algériens semi-arides

Mourad Ayouz<sup>1</sup>  
Véronique Alary<sup>2</sup>  
Skander Mekersi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Cired  
Campus du Jardin tropical  
45 bis, avenue de la Belle-Gabrielle  
94736 Nogent-sur-Marne cedex  
France  
<mourad\_ayouz@yahoo.fr>

<sup>2</sup> Cirad/Icarda  
TA C-112/À  
Centre international de Baillarguet  
34398 Montpellier cedex 5  
France  
<veronique.alary@cirad.fr>

<sup>3</sup> INRAA  
2, rue les Frères  
Ouadek  
BP N 200  
Hassen Badi  
16200 EL-Harrach  
Alger  
Algérie  
<mekersi\_skander@yahoo.fr>

## Résumé

Au cours de la période de sécheresse 1998-2002, la culture d'Opuntia a connu un fort développement au Maghreb, se présentant à la fois comme activité de diversification et complément pour l'alimentation du troupeau. Dans cet article, nous cherchons à comprendre le rôle de l'Opuntia dans l'économie des ménages d'une communauté villageoise d'Algérie, notamment si son développement se fait au détriment des céréales, s'il permet une plus grande capitalisation dans l'activité d'élevage et s'il permet d'atténuer les inégalités à l'intérieur des communautés villageoises. Ce travail s'appuie sur un travail d'enquête de type panel (deux périodes, de 2002 à 2003) et le développement d'un modèle numérique de micro-simulation qui permet de mettre en évidence l'hétérogénéité intragroupe. Les principaux résultats montrent que la mise en place d'une politique publique qui encourage le développement de l'Opuntia s'accompagnerait vraisemblablement d'une accumulation des effectifs de bétail chez les petits éleveurs et d'une plus grande production de céréales pour tous les producteurs, sans pour autant induire de changement dans la distribution des ressources à l'intérieur de la communauté. En effet, quels que soient les scénarios envisagés, l'inégalité observée à l'intérieur du groupe dépendant principalement des dotations initiales en facteurs semble être persistante.

**Mots clés :** Algérie ; impact ; Opuntia ; programmation mathématique ; système agropastoral.

**Thèmes :** méthodes et outils ; productions animales ; productions végétales ; systèmes agraires.

## Abstract

**Analysis of the place and role of Opuntia (*Opuntia ficus-indica*) in the semiarid agrarian systems of Algeria through surveys and modeling**

During the drought period 1998-2002, Opuntia experienced substantial development in North Africa as a means of diversifying and complementing the feeding system. In this article, we seek to understand the role of Opuntia in the household economy of one village community in Algeria. We ask three questions: (i) does the development of Opuntia (as an innovation) allows faster live animal stocking; (ii) does it reduce the cereal production; (iii) does it lead to a reduction in inequalities inside the village community? To answer these questions, we conducted a farm survey on a panel sample (two periods, from 2002 to 2003) and developed a micro-simulation model, which makes it possible to highlight intragroup heterogeneity. The main results of this research indicate that public policy support, which facilitates the development of Opuntia, will probably induce a livestock accumulation in the small-scale farms and an increase in cereal production for all producers. However, we do not see large modifications in the distribution of the resources within the community. Indeed, the intragroup inequality seems to persist, linked mainly to the initial endowments.

Pour citer cet article : Ayouz M, Alary V, Mekersi S, 2012. Analyse par enquête et modélisation de la place et du rôle de l'Opuntia (*Opuntia ficus-indica*) dans les systèmes agraires algériens semi-arides. *Cah Agric* 21 : 438-47. doi : 10.1684/agr.2012.0594

Tirés à part : V. Alary

**Key words:** agropastoral system; Algeria; impact assessment; Opuntia; mathematical model.

**Subjects:** animal productions; farming systems; tools and methods; vegetal productions.

Dans l'ensemble des zones semi-arides et arides du Maghreb, les populations sont soumises à des risques climatiques permanents, notamment des sécheresses, et donc à des contraintes agronomiques fortes. Avec moins de 300 mm de pluie en moyenne, la majorité des systèmes de production de ces zones est basée sur l'élevage de petits ruminants, une céréaliculture de survie et parfois une arboriculture d'appoint. Ces activités ont toutefois connu de profonds changements durant les dernières décennies qui ont suivi l'indépendance, en partie induits par le mouvement de sédentarisation des populations, lui-même suivi par la privatisation du foncier. Ces systèmes se caractérisaient jusqu'aux années 1960 par une forte dépendance aux conditions climatiques et aux ressources pastorales. Ils étaient basés sur une activité d'élevage dominante conduite selon un mode nomadique (transhumance permanente) ou agropastoral avec une transhumance périodique des zones pastorales vers les zones agricoles, principalement après les moissons. Les ressources pastorales auraient assuré près de 65 % des besoins alimentaires du cheptel jusqu'au début du xx<sup>e</sup> siècle (Nordblom *et al.*, 1997 ; Nefzaoui, 2002). Depuis l'indépendance, on assiste à une accélération du mouvement de sédentarisation et de diversification des exploitations orientées vers l'élevage. Dans le cadre des politiques de soutien à l'agriculture pluviale, les gouvernements ont mis en place dans chaque pays des politiques de lutte contre la sécheresse basées essentiellement sur la distribution gratuite ou à bas prix de ressources fourragères ou de concentrés (orge, son). L'effet négatif de cette politique essentiellement sociale est le maintien numérique du cheptel sur une ressource pastorale qui subit de plein fouet la sécheresse, entraînant donc son amenuisement en dessous

du seuil de résilience, à savoir sa capacité à se régénérer.

La réduction de la ressource pastorale dans la couverture des besoins du troupeau entraîne une forte dépendance envers les ressources produites sur l'exploitation ou le marché. Aussi, la production des céréales est-elle de plus en plus nécessaire à l'alimentation quotidienne du troupeau en année climatique bonne et donc le stock céréalier constitué en vue de surmonter les effets de la sécheresse s'amenuise. Les mouvements du troupeau vers les zones agricoles durant la période estivale diminuent du fait de la réduction des jachères dans ces zones, du développement de la mécanisation, et de la clôture de certaines propriétés. Aujourd'hui, les apports fourragers du système de production représentent 60 % des apports en bonne année et moins de 30 % en année sèche. Et le recours au marché des fourrages est devenu une composante structurelle des exploitations d'élevage.

Dans ce contexte, une attention particulière a été portée aux arbustes résistants à la sécheresse comme l'Opuntia (*Opuntia ficus-indica*), culture pérenne de la famille des Cactaceae (plus connues sous le nom de cactus raquette ou figuiers de Barbarie). Bien que l'Opuntia ait été introduit au Maghreb au xvii<sup>e</sup> siècle, il s'est principalement étendu des zones côtières aux zones pastorales à des fins de marquage foncier – la plantation sert de clôture – et les fruits sont bien souvent autoconsommés, voire commercialisés, par les enfants pour l'argent de poche. Cette plante n'a que rarement été cultivée à des fins commerciales. Seuls les ménages en situation difficile recouraient à la vente des figues de Barbarie. Aussi, le fait d'y recourir pour le marché était un signe d'extrême pauvreté. Or durant la sécheresse de 1998-2002, nous avons pu observer des ventes de fruits non négligeables ; et 33 et 12 % des ménages dans deux communautés étudiées,

respectivement en Tunisie et Algérie<sup>1</sup>, ont développé de nouvelles plantations. Ce développement a été largement favorisé par la recherche et le développement. Dans la communauté de Sidi Fredj (Algérie), près de 42 % ont adopté l'Opuntia à partir de 1995, avec le démarrage du projet Icarda (*International Centre for Agricultural Research in Dry Areas*) : « *The Mashreq/Maghreb Project* » (1995-2002) et l'aide apportée par le gouvernement algérien.

Non seulement les plantations d'Opuntia participent à la lutte contre l'érosion et plus généralement la désertification, mais les raquettes jouent aussi un rôle important dans l'alimentation des animaux, notamment durant les périodes de sécheresse : riches en eau, elles diminuent les problèmes d'abreuvement ; elles sont aussi un bon complément aux aliments de bétail, voire, en années sèches, un substitut pour le maintien du troupeau (Ben Salem *et al.*, 1996, 2002). En outre, la vente des fruits pourrait constituer une nouvelle opportunité de diversification pour les éleveurs et participer à la fois à la sécurité alimentaire et à l'éradication de la pauvreté dans ces zones très vulnérables. Dans le projet Icarda, ont été testées des variétés inermes dont le principal avantage est de réduire le temps de travail, notamment le travail des femmes, lié au brûlage des épines des raquettes avant de les donner aux animaux.

Dans cet article, l'objectif est de voir : – si le développement de l'Opuntia aurait un effet d'éviction vis-à-vis des céréales dans les zones arides pour tenir compte d'un souci permanent du

<sup>1</sup> Ces communautés ont été étudiées dans le cadre du projet Maghreb-Mashreq (projet Icarda) et du projet FEMISE (Forum Euro-méditerranéen des Instituts de sciences économiques) sur les obstacles à l'adoption technologique dans les zones arides et semi-arides du Maghreb (Alary, 2005).

gouvernement algérien de réduire son déficit céréalier ;

- s'il permettrait une plus grande capitalisation dans l'élevage ;
- s'il permettrait d'atténuer les inégalités à l'intérieur de la communauté villageoise.

Pour cela, nous avons eu recours à la modélisation mathématique qui permet de représenter le comportement des ménages en intégrant l'ensemble des contraintes techniques, économiques, voire sociales ou institutionnelles qui conditionnent le processus de décision. L'originalité du travail est la prise en compte de l'ensemble des ménages interrogés de la communauté étudiée, celle de Sidi Fredj en Algérie à la frontière tunisienne, dans un modèle de simulation, avec pour objectif de saisir l'hétérogénéité interne au niveau communautaire. L'hétérogénéité analysée est basée sur les dotations en terre et le stock de petits ruminants qui conditionnent fortement l'inégalité de revenu.

## Éléments de problématique

Dans le système traditionnel et sans choc climatique important, les ménages ne semblent pas considérer la culture de l'Opuntia comme une option pour l'élevage. Cependant, durant une sécheresse, cette culture peut jouer à la fois le rôle de source de revenu (vente des raquettes et des fruits) et source d'aliments dans la fonction de production animale. Dès lors, le développement à long terme de cette culture est supposé être profitable. Ainsi, dans ce contexte et face à la gravité de la sécheresse 1998-2002, les autorités algériennes, notamment par le biais du Haut Commissariat au développement de la steppe (HCDS), ont encouragé le développement de l'Opuntia par des incitations monétaires à la plantation, et ce en collaboration avec le projet de recherche Icarda. En 2002, les éleveurs pouvaient bénéficier de 5 000 dinars algériens (DA<sup>2</sup>)/ha lors de l'année d'implantation pour un coût total d'implantation de 16 500 DA/ha. La culture d'Opuntia se met en place après défrichage de la parcelle. Les frais

d'implantation sont principalement constitués par l'achat de raquettes, la main-d'œuvre et l'irrigation les trois premières années d'implantation. Les plantations d'Opuntia demandent un entretien annuel de près de six jours par hectare dont moitié en automne et moitié au printemps avec apport de fumure.

Approcher, voire mesurer, les effets de cette culture sur les autres choix d'activités du ménage nécessite de comprendre le fonctionnement global de la communauté. En effet, dans le contexte de la zone étudiée, vulgariser la culture de l'Opuntia ne se pose pas comme un problème classique d'adoption d'une innovation. Il ne s'agit pas seulement de savoir si compte tenu de l'aversion au risque des producteurs et de leurs contraintes de liquidité, il serait optimal de développer cette culture et d'imaginer les moyens de la rendre acceptable par les producteurs. Les exploitants de la communauté étudiée gèrent collectivement une partie des ressources (terre en association, terres de parcours). Et le processus de décision communautaire interfère avec celui des individus. Par ailleurs, malgré la perspective pour l'Algérie d'une libéralisation des échanges (dans le cadre des négociations multilatérales de l'Organisation mondiale du commerce [OMC]), la production de céréales en Algérie restait toujours une priorité dans les années 2000. Il était donc nécessaire d'évaluer la faisabilité d'un développement de l'Opuntia eu égard aux objectifs collectifs de la communauté et aux distorsions possibles induits par l'action publique.

L'étude des effets de l'Opuntia sur la micro-économie des ménages devrait nous permettre d'analyser les conséquences qui en résultent sur les choix des activités culturelles, et notamment sur les choix céréaliers. Il nous sera également possible de voir dans quelle mesure son développement permet d'atténuer les inégalités de ressources (dotation en terre, stock animaux) et de revenu à l'intérieur de la communauté villageoise.

## Approches méthodologiques

Les 60 ménages de la communauté de Sidi Fredj dans la wilaya de Oued

Ahras (figure 1), interrogés en 1999, ont fait l'objet d'une seconde enquête en 2002-2003. Le questionnaire comprenait six volets : les caractéristiques du chef de ménage et de sa famille (composition et occupation), le foncier et le système de culture (itinéraires techniques), la gestion des parcours et de l'Opuntia, le système d'élevage (composition du troupeau, système d'alimentation, gestion du troupeau, mouvements d'animaux), le revenu des ménages et les sources de financement, enfin, les projets de développement envisagés par les chefs de ménage sur leur exploitation. Pour comprendre les décisions de plantation de l'Opuntia et ses impacts, un modèle de programmation mathématique positive (PMP) a été développé pour les 60 ménages étudiés (Alary, 2005). La figure 2 présente les principales activités et leurs relations à l'échelle du ménage et de l'exploitation sur la base des hypothèses du modèle communautaire développé dans le cadre du projet FEMISE sur les obstacles à l'adoption technologique dans les zones arides et semi-arides du Maghreb (Alary *et al.*, 2003 ; Alvarez, 2007). Nous avons cherché à déterminer l'allocation de la terre, l'évolution du stock des animaux et le taux d'investissement, en prenant en compte les caractéristiques techniques et temporelles des activités ainsi que les modes de fonctionnement des producteurs comme leurs objectifs. Le modèle permet de déterminer un ensemble d'options techniques (alimentation du bétail, choix de l'itinéraire technique) qui permet de réaliser une série d'*outputs* (production d'animaux finis, production de céréales, production de sous-produits). Dans le modèle développé, les activités agricoles et les activités de consommation du ménage sont imbriquées et dépendantes, du fait des décisions d'autoconsommation et des contraintes de liquidité (en référence au disponible monétaire et aux décisions de consommation, d'épargne et de crédit à l'échelle du ménage). Le ménage agricole choisit des flux d'intrants et de travail, de capital (machines et terre) pour réaliser deux grandes catégories de production : végétales et animales. Aux cultures céréalières traditionnelles (blé tendre, blé dur et orge), se rajoute la culture d'Opuntia. Pour les productions

<sup>2</sup> Un euro équivaut à 87,6 DA en janvier 2002.

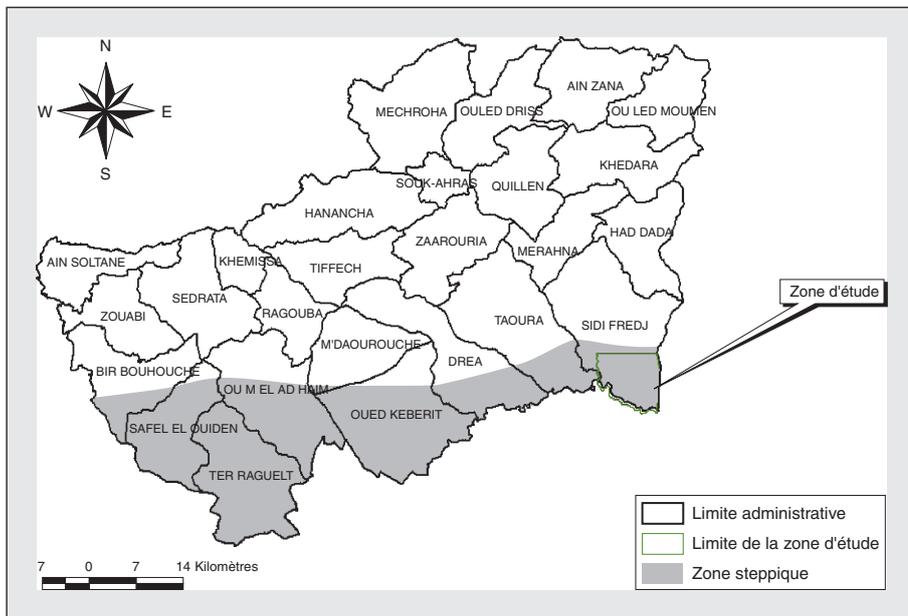


Figure 1. Localisation de la commune de Sidi Fredj en Algérie et de la zone d'étude.

Figure 1. Presentation of the Sidi Fredj commune and the study area in the commune (Algeria).

céréalières, nous distinguons huit types de techniques selon le degré de mécanisation (simple labour ou recroisement, semi-manuel ou mécanisé) et selon la pratique ou non du désherbage. Les combinaisons entre les types de sols, les intrants et les types de cultures sont limitées et représentent la diversité des itinéraires culturels rencontrés. Au niveau des sols, nous avons retenu trois types selon leur nature pédologique. Nous considérons une seule option technique pour l'Opuntia qui comprend des coûts et des temps de travaux pour l'implantation, ainsi que des coûts et des temps de travaux annuels d'entretien (incluant les opérations de fumure et d'irrigation). La superficie évolue en fonction des décisions de défrichage effectuées essentiellement pour la plantation de l'Opuntia et des possibilités de location ou de disponibilité de terres en association (forme de métayage) à l'échelle communautaire. Pour ce qui est du stock d'animaux, le modèle prend en compte l'évolution du troupeau ovin et caprin en fonction des achats et ventes d'animaux, des taux de réforme et de renouvellement, et des taux naturels de reproduction et de mortalité. L'alimentation du troupeau est basée sur la couverture minimale des besoins en matière sèche et en apport énergétique et azoté.

Le modèle maximise une fonction de revenu à l'échelle communautaire sous un ensemble de contraintes individuelles d'ordre technique (choix des options techniques en fonction des coûts, de la main-d'œuvre disponible et du type de sol), et socio-économique et financière (trésorerie, modalités d'accès et de remboursement des crédits formels et informels, besoin et préférence de consommation) et de contraintes collectives notamment dans l'accès au foncier (Alary *et al.*, 2007). La couverture des besoins alimentaires du troupeau est assurée par la production et l'achat de produits et sous-produits de céréales et l'achat de concentrés ainsi que par les apports de deux parcours communautaires. Ces parcours sont accessibles à tous les éleveurs de la communauté ; les limitations d'accès sont liées au nombre d'animaux des troupeaux individuels mis sur les parcours en lien avec la productivité totale des parcours (en énergie et protéine) qui varie avec les conditions climatiques.

Le modèle développé permet d'approcher à la fois les décisions annuelles des ménages sur cinq ans et les décisions saisonnières. Chaque saison implique des contraintes spécifiques sur la structure de la production et de la consommation. Les stocks de céréa-

les et de cheptel évoluent d'une saison à une autre. Dans les faits, les ménages ont une faible intégration au marché aussi bien locale que régionale. Afin de faire face au risque de sécheresse et aux difficultés imposées par leur environnement socio-économique (faible équipement, faible assistance institutionnelle, etc.), les ménages réalisent des opérations de stockage. En ce qui concerne l'incertitude, les ménages agricoles font face à trois scénarios de climat annuel (année sèche, année moyenne, année pluvieuse). Pour chaque scénario, il leur est associé une probabilité basée sur le calcul des fréquences des trois scénarios sur les 20 années précédentes. Selon ces trois scénarios, les variations de rendements et de prix sont précisées dans le modèle.

Alors que dans ce type de modèle, la calibration se fait à un niveau très agrégé, dans ce travail, nous avons choisi de calibrer le modèle pour chaque ménage interrogé de la communauté. Pour cela, nous avons utilisé la méthode de la PMP (Howitt, 1995a ; Howitt, 1995b) afin de contourner les principaux problèmes rencontrés en programmation mathématique classique qui sont :

- la rigidité de la réponse des modèles aux perturbations des paramètres ;
- le temps nécessaire au calibrage du modèle, ce qui rend difficile sa réalisation sur 60 ménages ;
- et parfois, le manque d'informations statistiques.

La méthode de la PMP a été présentée de façon formelle par Howitt (1995a). Elle permet de calibrer de manière exacte les modèles d'exploitation agricole en utilisant un ensemble de données restreint tout en ne figeant pas le modèle. Le principe de la PMP réside dans la spécification de fonctions non linéaires qui permettent alors de reproduire une situation observée et de « lisser » les résultats des scénarios la première année. Certes, cette méthode pose certains problèmes dans le sens qu'elle ne permet plus de travailler sur les écarts entre les résultats simulés et les résultats observés la première année. Or dans la modélisation par la programmation mathématique non positive, ces écarts permettent à la fois de comprendre les difficultés à capter une observation par le modèle mais aussi d'approfondir l'analyse empirique pour mieux comprendre le

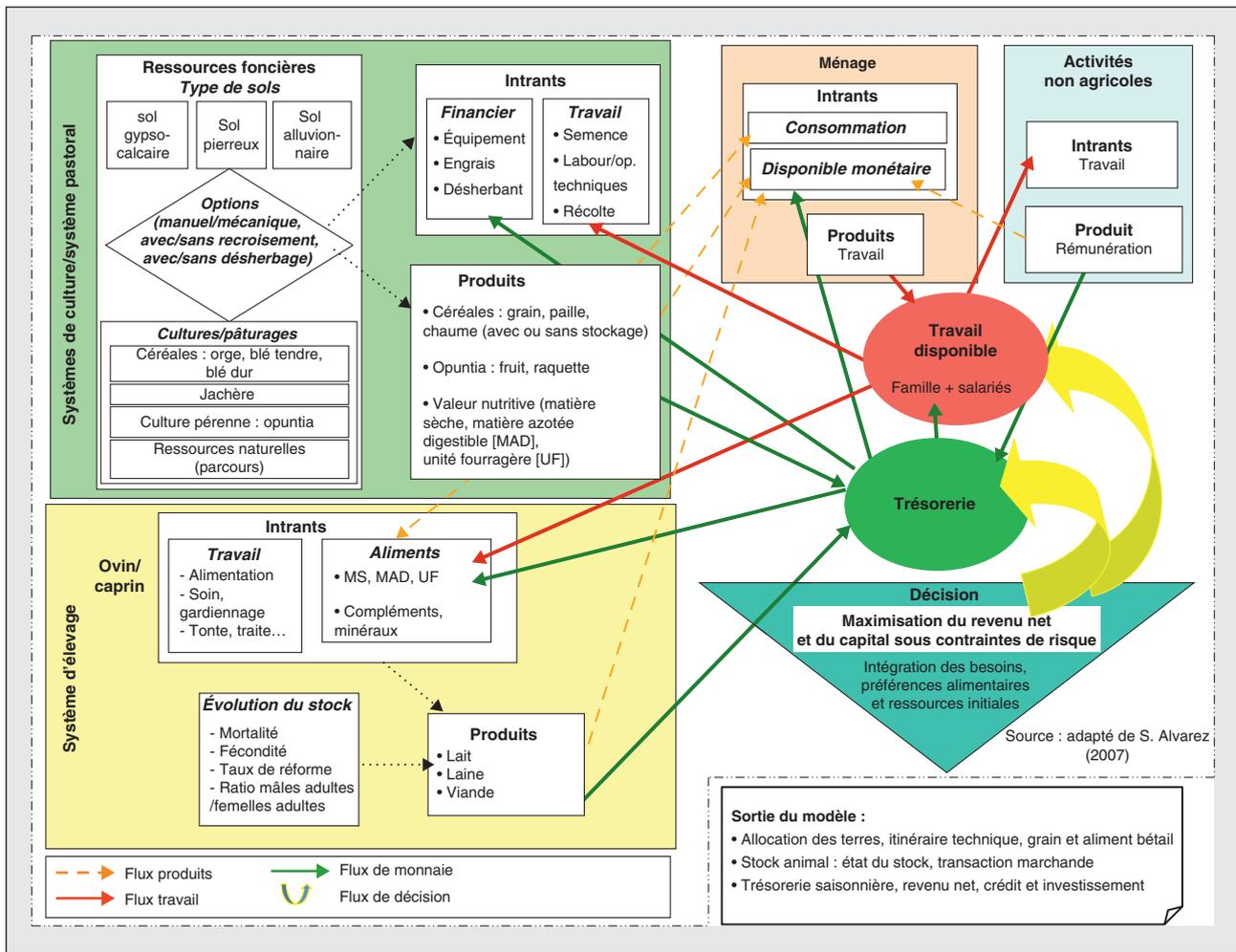


Figure 2. Présentation schématique des principales activités et relations entre activités représentées dans le modèle de programmation mathématique positive pour la communauté de Sidi Fredj.

Figure 2. Presentation of the main activities and their relationships in the positive mathematical model developed for the Sidi Fredj community.

fonctionnement du système. Cependant, avant de l'utiliser en modélisation positive, nous avons fait fonctionner le modèle en programmation mathématique sur sept grands types d'exploitation afin de l'affiner. C'est ensuite qu'il a été ajusté à la PMP pour l'ensemble des exploitations.

Dans la PMP, la non-linéarité a, jusqu'à présent, été principalement introduite dans la fonction objective du profit au niveau des recettes (Howitt, 1995a) ou des coûts de production (Arfini et Paris, 1995 ; Arfini, 1996). Nous avons choisi de spécifier une fonction de coût non linéaire dont les paramètres résument l'ensemble des informations non disponibles pour le modélisateur. Nous obtenons ainsi des paramètres de la fonction de coût qui sont idiosyncratiques à chaque individu

de l'échantillon. Ces paramètres permettent donc de capter l'hétérogénéité spécifique à chaque exploitation. Ils permettent de résumer l'ensemble des informations non disponibles. Avec ces fonctions de coûts, nous pouvons alors simuler les effets différenciés des politiques publiques sur l'ensemble des exploitants de l'échantillon selon leurs dotations et leurs caractéristiques spécifiques. Nous pouvons de cette manière éviter les biais d'agrégation et mesurer l'ampleur des inégalités. Cependant, le recours à la micro-simulation alourdit fortement la tâche de calibration puisqu'il s'agirait pour chaque ménage de s'assurer que le modèle représente bien les principaux éléments de son fonctionnement. Nous proposons donc une solution d'équilibre « communautaire »

en recherchant un optimum collectif. Et les décisions de chaque individu de la communauté sont approchées numériquement en prenant en compte les contraintes de gestion collective des ressources.

## Présentation des résultats empiriques de la communauté de Sidi Fredj

La communauté étudiée en Algérie correspond à une fraction des Ouled Khiair, unité sociale localisée géographiquement dans la commune de Sidi

Fredj, elle-même rattachée à la wilaya de Souk-Ahras (*figure 1*). La tribu des Ouled Khiar est la fraction dominante de la population de la commune, qui en comporte plusieurs autres. Dans ce milieu, la solidarité sociale se limite bien souvent à la tribu pour le règlement de contentieux et de litiges et pour l'organisation de la gestion des ressources naturelles communes. Cependant, cette organisation et la solidarité sociale qui la sous-tend ont subi l'influence du système sociopolitique du pays, ce qui se traduit par un démembrement de la société et le développement de l'individualisme dans le comportement social et dans l'organisation de l'activité agricole.

La communauté compte environ 840 ménages. Bien que 75 % des actifs soient impliqués dans l'activité agricole, on compterait plus de 80 % d'inactifs du fait du sous-emploi et de la faible rémunération des activités agricoles. Les activités non agricoles sont quasi absentes. Aussi, les ménages sont-ils à la recherche d'options technologiques qui concilient les aspects économiques, sociaux et écologiques. La forte dépendance de la communauté vis-à-vis des pôles d'activité environnants, qui sont représentés par les communes d'Ouenza, de M'rahna et de Taoura, est à la base d'un exode de la force de travail et d'un abandon du travail de la terre ; la location et le métayage deviennent une forme de mode de faire-valoir nouveau pour la communauté.

La pluviométrie moyenne annuelle est comprise entre 250 et 300 mm, avec une répartition irrégulière dans l'année, la quantité de précipitations la plus élevée étant enregistrée au printemps et à l'automne (environ 105 mm), ce qui favorise certaines cultures saisonnières, l'arboriculture fruitière et la plantation de l'*Opuntia*. L'activité agricole s'articule autour de la pratique ancienne d'une céréaliculture dont la production est très aléatoire selon les années climatiques (certains parlent de céréaliculture de « loterie ») en association avec l'élevage ovin et le développement de la culture de l'*Opuntia* depuis 1995. La superficie agricole utile (SAU) est donc occupée essentiellement par les cultures céréalières dont la tendance générale d'évolution a été marquée durant la dernière décennie (1990-2000) par un recul de l'orge et du blé tendre au profit du blé

dur et une reconversion de la sole en jachère pour l'extension de la culture de l'*Opuntia*. Les productions céréalières demeurent essentiellement une activité de complémentation dans le système de production. Ce caractère se traduit, pour les productions végétales, par une conduite rudimentaire, où l'investissement en termes d'innovation technologique est pratiquement absent, mis à part la mécanisation de certaines opérations culturales. Les terres pastorales (forêt, parcours) représentent 25 % de la superficie totale de la communauté.

En 1999, l'élevage constituait une composante essentielle de l'activité agricole de la communauté par le revenu procuré (près de 70 % des revenus agricoles des exploitations en moyenne), assurant ainsi leur sécurisation. Le cheptel des exploitations était composé en moyenne de 82 % d'ovins et de 17 % de caprins. L'évolution de ce cheptel entre 1999 et 2002 a été caractérisée par une réduction des effectifs ovins (- 25 %), et une augmentation très significative des caprins (+ 290 %). Cela est lié à la succession d'années de sécheresse (1998-2002), qui se sont traduites par un important déficit alimentaire ; mais ces changements sont aussi dus aux opportunités du marché clandestin avec la Tunisie, notamment à l'exportation clandestine de caprins durant la saison estivale.

En 2003, avec une pluviométrie de 300 mm, on observe une recapitalisation dans l'élevage ovin dans la zone. Les achats portent essentiellement sur les brebis (plus du tiers des achats annuels d'animaux) et les béliers (moins d'un quart des achats). La majorité des achats de reproducteurs ont été réalisés aux mois de février-mars, juste après les fêtes de l'Aïd El Kebir<sup>3</sup> de cette année-là, et ce quand les prix chutent. Les ventes sont beaucoup plus étalées sur l'année. Si plus des trois quarts des exploitants qui ont vendu des agneaux l'ont fait durant les fêtes de l'Aïd et du Ramadan<sup>4</sup>, près de 61 % des exploitants qui

<sup>3</sup> Aïd El Kebir est l'une des principales fêtes musulmanes. Elle commémore la soumission d'Abraham à Dieu. Les familles sacrifient un mouton ou un bélier, mais parfois d'autres animaux comme des vaches ou des chèvres.

<sup>4</sup> Le mois de Ramadan, correspondant au neuvième mois du calendrier musulman, est un mois de jeûne dans la religion musulmane.

ont vendu des animaux en ont également vendu en dehors des fêtes. Cet étalement des ventes sur l'année reflète les besoins urgents de trésorerie des ménages suite à la dernière sécheresse (1998-2002), et la difficulté des éleveurs d'ajuster la vente au cycle saisonnier de la demande. Cependant, en 2003, il faut aussi retenir que près de la moitié des exploitants ont préféré garder leurs animaux pour recapitaliser ; et 16,2 % du cheptel a été consommé, et ce durant la fête religieuse de l'Aïd.

De manière générale, les achats et les ventes d'animaux à l'échelle des ménages ne résultent pas d'une gestion planifiée. Dès lors, les effectifs fluctuent de manière plus ou moins importante en fonction des conditions climatiques, de la demande du marché et des politiques agricoles. Jusqu'en 1994, l'orge subventionnée par l'État a largement favorisé un accroissement numérique du cheptel. En pratique, chacun des éleveurs gère son troupeau à l'échelle du ménage en fonction de ses possibilités, qui elles-mêmes dépendent du marché et des conditions climatiques.

Le calendrier fourrager est basé sur le pacage des pâturages naturels durant l'automne, l'hiver et une partie du printemps ; le pacage sur chaume de céréales durant l'été et le début de l'automne ; et l'utilisation de l'espèce *Opuntia* dans l'alimentation du cheptel tout au long de l'année, et ce en fonction de la pluviométrie. Sur notre échantillon, la majorité des aliments achetés est constituée de paille, d'orge en grain et de son. Près des deux tiers des achats d'aliments se font à partir de la vente des animaux. En 2003, la culture d'*Opuntia* constitue une réserve fourragère sur pied de près de 4 000 hectares, qui peut jouer un rôle important dans la diminution de la dépendance au marché.

La commune de Sidi Fredj a fait l'objet d'une attention particulière dans le cadre de la mise en œuvre des programmes de développement des zones pastorales. Depuis 1993, l'intervention du HCDS s'est orientée vers la valorisation du savoir local par le développement de la culture de l'espèce *Opuntia*. Cette politique a été renforcée par la mise en place d'un encadrement proche reposant sur la formation d'associations professionnelles à partir des organisations

traditionnelles existantes, appelées *ferka*. Près de 41,3 % des ménages interrogés ont planté du cactus pour la première fois entre 1995 et 2003. En comptant les éleveurs qui avaient déjà des plantations, près de 95 % des producteurs ont des plantations d'Opuntia en 2003.

La moitié d'entre eux déclarent vendre les fruits d'Opuntia. La vente se fait soit uniquement sur pied (la moitié de ceux qui vendent), soit au poids (plus d'un tiers de ceux qui vendent), soit selon les deux modes (ceux qui restent). Parmi les producteurs interrogés ayant des plantations d'Opuntia, 54,4 % déclarent vendre aussi des raquettes. Le marché des fruits ou des raquettes est organisé au niveau communautaire. Les accords commerciaux se déroulent en juillet ; la collecte est faite en grande partie par les enfants et les ventes ont lieu en juillet et août. Seuls quelques producteurs acheminent directement leur production en bord de route pour la vente. Enfin, 47,4 % des chefs d'exploitation ont déclaré désirer augmenter leur surface d'Opuntia alors que 45,6 % ont déclaré vouloir maintenir leur surface ; aucun exploitant de l'échantillon ne semble souhaiter en diminuer les surfaces.

Les superficies d'Opuntia sont corrélées positivement aux surfaces céréalières de la communauté (tableau 1). Ainsi, un gros producteur d'Opuntia aura des chances d'être également un gros producteur de céréales. Cela souligne l'intérêt de la culture d'Opuntia pour tous les producteurs, pas seulement les plus pauvres ou les plus démunis.

En revanche (tableau 2), rien n'indique que les superficies d'Opuntia

soient corrélées à la taille du cheptel. Les coefficients sont certes positifs, mais non statistiquement significatifs.

## Résultats de la micro-simulation et discussion

La micro-simulation permet d'approfondir l'étude de la réaction des 60 exploitants à une variation unitaire du prix de l'Opuntia pour un prix moyen de référence des fruits de 142 500 DA/ha (de 127 500 à 158 250 DA/ha selon le type de sol) et des raquettes de 27 000 DA/ha (de 15 000 à 30 000 DA/ha selon le type de sol) en 2003. Et elle permet d'approcher les effets induits du développement de l'Opuntia sur les cultures céréalières, l'évolution du troupeau ovin et donc les inégalités en dotation de terre et de stocks d'animaux. Les résultats présentés concernent la première année de simulation (2003) correspondant à une bonne année climatique.

Pour chacun des 60 chefs d'exploitations, l'augmentation du prix de l'Opuntia a un effet positif sur sa production (figure 3). Cependant, l'augmentation du prix de l'Opuntia a un effet homothétique : chacun des producteurs augmente sa superficie proportionnellement à sa surface déjà plantée. Ce résultat n'est pas dû à un problème du modèle et est robuste par rapport aux variations des prix.

Nous avons cherché à vérifier si l'augmentation du prix de l'Opuntia induisait des effets de substitution ou

provoquait des effets de complémentarité avec les productions de céréales. La théorie du producteur déterministe indique que l'exploitant choisit un rapport entre deux productions en fonction des rapports de prix. En situation d'aversion au risque, le degré de concavité de la fonction d'utilité influence le rapport des productions : c'est ce qui explique pourquoi les agriculteurs diversifient leurs productions. Selon la théorie de la diversification, si deux productions ont des prix (ou des rendements) indépendants ou corrélés négativement, alors il est possible de choisir un portefeuille de production optimal qui réduit la variabilité totale de la recette agricole. Rien n'indique dans les enquêtes que le développement de l'Opuntia se fait au détriment des céréales. Généralement, les nouvelles plantations ont été réalisées sur les terres en jachère. Comme le montre la figure 4, la production du blé dur (nous obtenons les mêmes résultats pour le blé tendre) augmente à la suite de l'augmentation du prix de l'Opuntia. Pour expliquer ce phénomène, il faut prendre en compte le fait que les superficies cultivées deviennent supérieures aux superficies possédées en propriété propre, du fait des extensions sur les terres en métayage ou en location, et qu'il s'agit d'une bonne année en 2003. Les ménages utilisent plus de terres en association et réduisent aussi les jachères. Plus résistant aux conditions climatiques, l'Opuntia constitue un moyen efficace de diversification des risques. Dès lors, compte tenu de nos hypothèses de modélisation (maximisation d'une fonction objective collective), nous pouvons

**Tableau 1. Matrice de corrélation entre les superficies de l'Opuntia et les surfaces cultivées en céréales dans la communauté de Sidi Fredj (Algérie).**

Table 1. Matrix of correlation between the cactus area and the cereal area in the Sidi Fredj community, Algeria.

	Opuntia	Blé dur	Blé tendre	Orge
Opuntia	1,00000 (0,0)	0,34047 (0,0078)	0,32867 (0,0103)	0,27293 (0,0349)
Blé dur	0,34047 (0,0078)	1,00000 (0,0)	0,60971 (0,0001)	0,63879 (0,0001)
Blé tendre	0,32867 (0,0103)	0,60971 (0,0001)	1,00000 (0,0)	0,64354 (0,0001)
Orge	0,27293 (0,0349)	0,63879 (0,0001)	0,64354 (0,0001)	1,00000 (0,0)

Valeur  $p$  entre parenthèses

Source : 60 ménages enquêtés en 2003.

**Tableau 2. Matrice de corrélation entre les superficies d'Opuntia et les effectifs du cheptel dans la communauté de Sidi Fredj (Algérie).**

Table 2. Matrix of correlation between cactus area and animal stock in the Sidi Fredj community, Algeria.

	Opuntia	Brebis	Bélier	Chèvre	Bouc	Agneau
Opuntia	1,00000 (0,0)	0,15106 (0,2153)	0,01572 (0,8980)	0,12360 (0,1316)	0,03516 (0,7742)	-0,07704 (0,5292)
Brebis	0,15106 (0,2153)	1,00000 (0,0)	0,38413 (0,0011)	0,53078 (0,0001)	0,28773 (0,0165)	0,05420 (0,6583)
Bélier	0,01572 (0,8980)	0,38413 (0,0011)	1,00000 (0,0)	0,21556 (0,0753)	0,54982 (0,0001)	0,00510 (0,9668)
Chèvre	0,12360 (0,3116)	0,53078 (0,0001)	0,21556 (0,0753)	1,00000 (0,0)	0,42459 (0,0003)	0,03523 (0,7738)
Bouc	0,03516 (0,7742)	0,28773 (0,0165)	0,54982 (0,0001)	0,42459 (0,0003)	1,00000 (0,0)	0,02131 (0,8620)
Agneau	-0,07704 (0,5292)	0,05420 (0,6583)	0,00510 (0,9668)	0,03523 (0,7738)	0,02131 (0,8620)	1,00000 (0,0)

Valeur  $p$  entre parenthèses.

Source : 60 ménages enquêtés en 2003.

conclure que d'un point de vue technique et d'un point de vue économique il est profitable de produire de l'Opuntia et que le développement de l'Opuntia n'est pas contradictoire avec les objectifs du gouvernement de développement de la production de céréales.

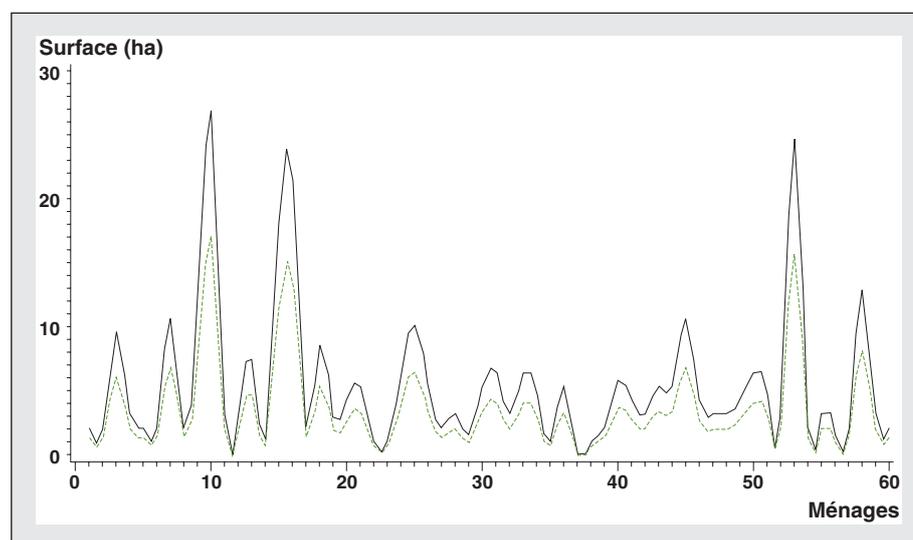
Même en postulant des fonctions de coûts non linéaires ayant des paramètres spécifiques à chaque individu de l'échantillon, la réaction

de chaque exploitant est homothétique. En outre, à court terme, rien n'indique que le développement de l'Opuntia modifiera les dotations en terres des moins démunis. Cela conduit à penser que le développement de l'Opuntia ne réduira pas les inégalités de revenu intracommunautaires du fait de la structure des coûts fixes et constants.

Bien que l'analyse empirique ne montre aucune corrélation entre la

taille du cheptel et les superficies d'Opuntia, le modèle montre que l'augmentation du prix a un effet positif spécifiquement pour les petits producteurs. En effet, comme le montre la *figure 5*, les gros producteurs modifient peu la taille de leur cheptel. Seuls les petits producteurs augmentent leur cheptel, ce qui amène à penser qu'au moins pour cette catégorie l'Opuntia permet de capitaliser dans le cheptel. En effet, dans le modèle, il est supposé que l'Opuntia contribue à l'alimentation du bétail par les apports de raquettes. Par conséquent, un accroissement du prix de l'Opuntia qui permet d'augmenter la production diminue le coût relatif de la production animale. Le coût de l'alimentation pour les plus petits est plus faible après simulation. Selon nos calculs, les gros producteurs ne modifient pas leur comportement car la production de l'Opuntia n'est pas destinée à l'alimentation mais est affectée au marché. Il apparaît donc que pour les grands producteurs, l'Opuntia est un faible substitut à l'alimentation animale. En termes d'inégalité, nos résultats montrent que la distribution des revenus d'élevage sera moins inégalitaire du fait de l'amélioration des revenus des petits éleveurs.

Enfin, notons qu'un modèle agrégé, qui ne prend pas en compte le comportement de chaque individu de l'échantillon, ne pourra pas mettre en évidence l'hétérogénéité des réponses des producteurs. En effet,



**Figure 3.** Simulation des effets d'une augmentation du prix de l'Opuntia sur l'évolution des surfaces en Opuntia pour les 60 ménages de la communauté de Sidi Fredj (Algérie) en 2003.

**Figure 3.** Simulation of the impact of the increase of the unit price of Opuntia on the Opuntia area in the Sidi Fredj community, Algeria.

Scénario de référence en pointillés et scénario de simulation en continu.

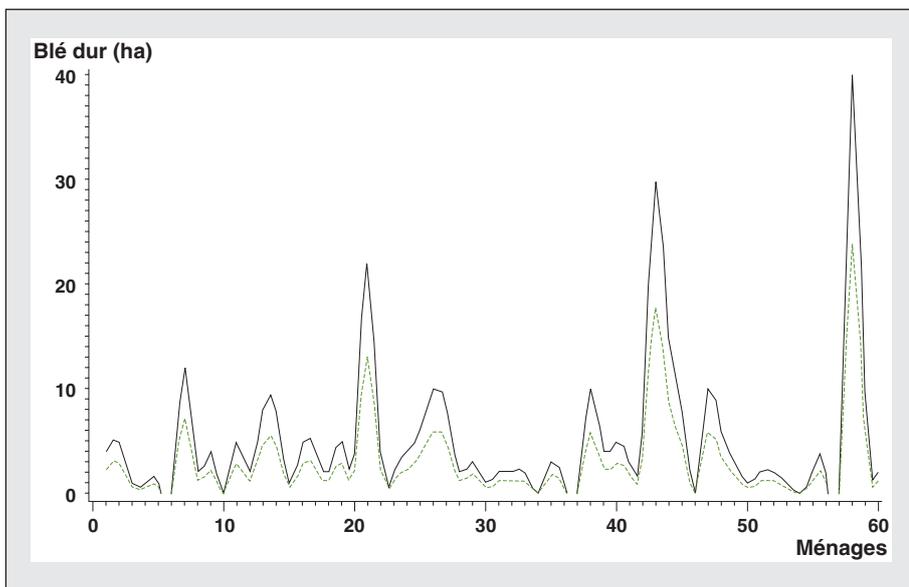


Figure 4. Simulation d'une augmentation du prix de l'Opuntia sur la superficie en blé dur pour les 60 ménages de la communauté de Sidi Fredj (Algérie) en 2003.

Figure 4. Simulation of the impact of the Opuntia price on the durum wheat area in the Sidi Fredj community, Algeria (individual results for the 60 holders surveyed in 2003).

Scénario de référence en pointillé et scénario de simulation en continu.

le calcul des corrélations sur les résultats de simulation des 60 ménages confirme que, globalement, la corrélation entre le nombre de brebis simulé et les superficies cultivées en

Opuntia (valeurs simulées) n'est pas statistiquement significative. Un modèle agrégé aurait pu nous pousser à conclure à une absence de réaction de l'ensemble des producteurs.

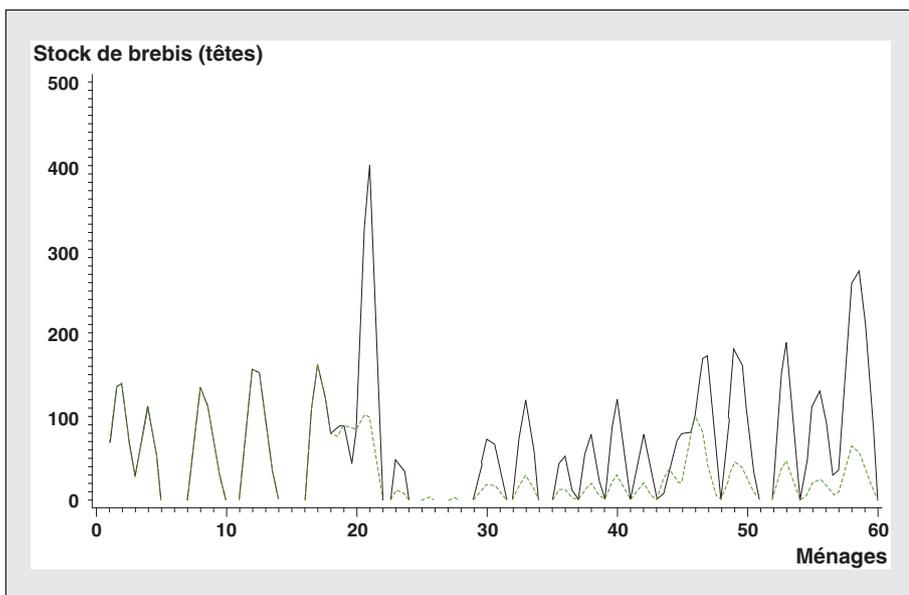


Figure 5. Simulation d'une augmentation du prix de l'Opuntia sur l'évolution du stock de brebis pour les 60 ménages de la communauté de Sidi Fredj (Algérie) en 2003.

Figure 5. Simulation of the impact of the Opuntia price on the ewe stock in the Sidi Fredj community, Algeria (individual results for the 60 holders surveyed in 2003).

Scénario de référence en pointillé et scénario de simulation en continu.

## Conclusion

Ainsi, l'originalité de ce travail est double. Dans un contexte où les données empiriques sont rares, ce travail a permis d'approcher les modes de fonctionnement de 60 ménages et d'obtenir des informations précieuses sur les déterminants de leurs comportements. En utilisant la micro-simulation, il a été possible d'étudier les différences observées dans les allocations des ressources et les inégalités ou hétérogénéités intracommunautaires en matière de ressources disponibles à l'échelle des ménages (foncier, cheptel) et de revenu. Alors que les travaux de recherche antérieurs ont mis en évidence l'homogénéité intérieure de la communauté en opposition à une hétérogénéité extérieure (intercommunautaire) (Hazell et Norton, 1986), nous montrons ici qu'une communauté agissant selon des processus coopératifs présente une hétérogénéité interne persistante en matière de dotation et de revenu face à un changement tel que le développement de l'Opuntia.

Nous montrons que la culture d'Opuntia est complémentaire de l'ensemble des productions céréalières. Rien n'indique que son développement se fera au détriment des céréales qui ont été des productions soutenues par le gouvernement algérien jusqu'à la fin des années 1990 et qui constituent un élément de base de la consommation des ménages et de leur troupeau. Et tant que les exploitants peuvent augmenter leurs superficies cultivées grâce à une gestion collective (ou communautaire) de la terre, le développement de l'Opuntia n'induit pas d'effet de substitution en défaveur des céréales. Ni l'étude statistique, ni la simulation numérique n'indiquent que le développement de l'Opuntia réduira les ressources affectées aux céréales.

En revanche, en ce qui concerne l'élevage, tout indique que globalement au niveau de la communauté (à un niveau agrégé), le développement de l'Opuntia est indépendant du niveau d'accumulation du cheptel. Mais grâce aux simulations réalisées à l'échelle des exploitations, nous avons observé que ce sont les petits éleveurs qui ont le plus de chance d'accroître simultanément les superficies d'Opuntia et le cheptel.

La micro-simulation permet également de constater que l'accroissement des recettes céréalières suite à une augmentation du prix de l'Opuntia pour l'ensemble des producteurs de notre échantillon signifie une certaine persistance des inégalités. La seule modification des revenus perceptible concerne les revenus des petits éleveurs qui pourraient accroître leur cheptel par effet lié au coût de l'alimentation. Mais rien n'indique que cette capitalisation modifiera profondément la nature des inégalités intracommunautaires. ■

---

### Remerciements

Le présent travail s'inscrit dans le cadre du projet de recherche FEMISE : « *Les obstacles au transfert technologique dans les petites et moyennes exploitations des zones arides et semi-arides du Maghreb* » (2002-2004), coordonné par l'Icarda et financé par l'Union européenne. Nous remercions le soutien apporté par les deux instituts.

---

### Références

Alary V, Bendaoud M, Mekersi S, Redjel N, Selmi S, 2003. *Approche de la vulnérabilité des systèmes de*

*production en zone aride et semi-aride du Maghreb – Hypothèses et méthodes*. Conférence Forum Euro-méditerranéen des Instituts de sciences économiques (FEMISE), Marseille (France). [www.femise.org/PDF/fem21/fem2105-alary-PPT.pdf](http://www.femise.org/PDF/fem21/fem2105-alary-PPT.pdf)

Alary V, ed, 2005. *Les obstacles aux transferts technologiques dans les petites et moyennes exploitations agricoles des zones arides et semi-arides du Maghreb – Discussion sur les conditions d'amélioration de la productivité en Algérie, Maroc et Tunisie*. FEMISE Research programme 2002-2004. Research project n° FEM21-05. Tunis (Tunisie) : FEMISE. [www.femise.org/activites/pub\\_ao21.html](http://www.femise.org/activites/pub_ao21.html)

Alary V, Nefzaoui A, Ben Jemaa M, 2007. Conditions of development of a technology in arid and semi arid areas – Modeling impact of spineless cactus in alley cropping in Central Tunisia. *Agricultural System* 94 : 573-85.

Alvarez S, 2007. *Intérêt de l'introduction des systèmes de culture sous couvert végétal (SCV) : approche par la modélisation économique pour les exploitations issues de la réforme agraire dans les Cerrados, Brésil*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'agronomie approfondie, Ensam (Montpellier). [https://web.supagro.inra.fr/pmb/opac\\_css/index.php?lvl=author\\_see&id=32364](https://web.supagro.inra.fr/pmb/opac_css/index.php?lvl=author_see&id=32364)

Arfini F, Paris Q, 1995. *A positive mathematical programming model for regional analysis of agricultural policies*. Proceedings of the 40th Seminar of the European Association of Agricultural Economists, Ancona (Italy).

Arfini F, 1996. The effects of CAP reform on two Italian regions: a positive mathematical programming application. In : Ferro O, ed. *What future for the CAP? Perspectives and expectations for the common agricultural policy of the European Union*. Kiel : Wissenschaftsverlag Vauk.

Ben Salem H, Nefzaoui A, Abdouli H, Ørskov ER, 1996. Effect of increasing level of spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) on intake and digestion by sheep fed straw-based diets. *Animal Science* 62 : 293-9.

Ben Salem H, Nefzaoui A, Ben Salem L, 2002. Supplementing spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) based diets with urea-treated straw or oldman saltbush (*Atriplex nummularia* L.). Effects on intake, digestion and growth. *Journal of Agricultural Science* 138 : 85-92.

Hazell P, Norton RD, 1986. *Mathematical programming for economic analysis in agriculture*. London : MacMillan.

Howitt RE, 1995a. Positive mathematical programming. *American Journal of Agricultural Economics* 77 : 329-42.

Howitt RE, 1995b. Calibration methods for agricultural economic production models. *Journal of Agricultural Economics* 46 : 147-59.

Nefzaoui A, 2002. Rangeland management options and individual and community strategies of agropastoralists in central and Southern Tunisia. In : Ngaido T, McCarthy N, Di Gregorio M, eds. *International conference on policy, institutional options for the management of rangelands in dry areas. Workshop summary paper*. CAPRI Working Paper N° 23. Tunis (Tunisia) : CAPRI.

Nordblom TL, Goodchild AV, Shomo F, Gintzburger G, 1997. Dynamics of feed resources in mixed farming systems of the North Africa, West and Central Asia regions. In : Renard C, ed. *Crop residues in sustainable mixed crops/livestock farming systems*. London : CAB International.