

**Research n°FEM21-05**  
**Directed By Véronique Alary, CIRAD-Emvt/ ICARDA Tunis**

**MODELISATION COMMUNAUTAIRE**  
**COMMUNAUTE DE ZOGHMAR, TUNISIE**

**-CONCEPTION ET CONSTRUCTION DU MODELE -**

V. Alary, M. Elloumi, S. Selmi, A. Nefzaoui

Octobre 2004

## **Introduction**

Le développement du modèle communautaire en Tunisie a démarré dans le cadre du projet de recherche ICARDA « The Mashreq & Mashreq Project » et s'est achevé grâce au projet FEMISE. Ce modèle est le fruit d'une coopération importante avec les différents chercheurs impliqués dans le projet M&M, notamment les agronomes et zootechniciens de l'INRAT. En outre un projet d'évaluation de l'impact a posteriori de la technologie du cactus inerme en alley cropping a permis d'affiner le modèle, notamment par des enquêtes supplémentaires en 2004 et des mesures agronomiques des effets de la technologie.

Ce modèle s'inscrit bien dans le cadre des modèles mathématiques pour approcher le mode de fonctionnement des exploitations et simuler l'impact de changements technologiques ou/et politiques sur la viabilité des différents systèmes d'exploitation. On se propose ici de décrire la structure du modèle communautaire en insistant sur les différentes hypothèses réalisées pour représenter le comportement des exploitants.

## **I. Approche de la diversité des systèmes d'exploitation de la communauté de Zoghmar**

### **I.1. Passage d'un modèle ovin –céréales à un modèle ovin-céréales-plantations**

La communauté de Zoghmar dans la Province de Sidi Bouzid représente la situation des exploitations à dominante élevage de la zone semi aride. Créée en 1991, cette communauté s'étend sur 4300 ha, constitués d'un ensemble de collines séparées par des bas fonds et caractérisées par une déforestation et érosion importantes.

Cette communauté compte 2400 individus répartis dans six groupements sociaux, qui se définissent essentiellement par des liens lignagères. Deux groupements dominant : les Rhamma et la Hnazla, qui représentent respectivement 30% et 43% des exploitations de la communauté (dont le nombre total est estimé à 396 exploitations). Un groupement minoritaire, les Chouayhia (6% des exploitations), jouent cependant un rôle important en raison de la taille de leur exploitation.

La pluviométrie enregistrée à la station de Jelma située à 13 km de Zoghmar est de 270 mm en moyenne par an dont les deux tiers sont enregistrés en Automne et au Printemps. Cette zone est aussi régulièrement touchée par les vents du sud (Sirocco), vents chauds et secs, en été et en Automne qui durent 40 et 70 jours/an.

L'élevage de petits ruminants, et notamment ovin, est la principale activité économique. Le troupeau ovin est estimé à 10600 têtes, contre 300 têtes pour les caprins et 300 vaches de race locale ou croisée au faible potentiel (1 veau tous les deux ans).

Le système de culture est dominé par les cultures céréalières : l'orge pour les animaux et le blé dur pour la consommation familiale avec des rendements moyens de 2 à 3 Qx/ha en moyenne.

L'arboriculture se limite aujourd'hui à quelques oliveraies, dont la majeure partie de la production est auto-consommée.

Sous les recommandations du projet M&M et en collaboration avec l'Office de l'Elevage Pastoral (OEP), un programme de subvention de l'aménagement des parcours s'est mis en place pour valoriser les espaces non cultivés et faire face aux sécheresses périodiques de la saison estivale mais aussi aux sécheresses annuelles qui affectent la zone. Ce programme a concerné principalement les plantations de cactus mais aussi d'acacias et d'Atriplex. Aujourd'hui, respectivement 9 et 11 exploitants de la communauté de Zogmar ont bénéficié de subventions d'aide à l'implantation pour l'Acacia et l'Atriplex. Ces subventions sont versées par hectare mais sont plafonnées en fonction du nombre de têtes d'animaux. Il faut avoir au moins 100 têtes pour planter 10 ha. Le Cactus a rencontré le plus d'intérêt dans la communauté : 70 éleveurs ont bénéficié de subventions à l'implantation de cactus sur 2969 ha, avec un maximum de 20 ha subventionnés pour les plus grandes exploitations comptant plus de 100 têtes.

Actuellement est en cours une réforme des subventions. Différentes mesures se dessinent :

- enlèvement des subventions pour les frais d'arrosage sur l'acacia brise vent
- suppression de la compensation pour l'Acacia en bande

Ces plantations pérennes à destination du système d'élevage sont devenues une composante intégrante des systèmes mais aussi de la communauté....

## **I.2. Quelques éléments de régulation des principaux facteurs**

### **1.2.1. Foncier**

Il n'existe quasiment pas de vente ou de location formelle à l'intérieur ou à l'extérieur de la communauté. La vente de terre est quasiment absente du fait de son faible potentiel mais aussi de la gestion de la terre laissée par les membres émigrés aux autres membres du groupement, donc de la même famille. L'absence de marché de location de la terre s'explique en partie en raison des problèmes d'indivision sur les terres.

A l'extérieur de la communauté, les personnes qui ont abandonné leur terre pour une activité en ville laissent la terre à l'abandon ou la confient à un autre membre de la famille élargie.

### **1.2.2. Le travail**

Les principaux travaux de gardiennage et d'alimentation du troupeau sont assurés par les femmes de tout âge et les hommes âgés. Généralement les hommes entre 25 et 45 ans sont à la recherche ou ont un travail extérieur et reviennent pour les lourds travaux de moisson ou labour.

### **1.2.3. Conduite du troupeau**

Le principal pic d'agnelage se situe début novembre ; ensuite les agnelages sont répartis sur l'hiver jusqu'au mois de février. En moyenne, les éleveurs enregistrent 2 agnelages tous les 13-14 mois.

La conduite d'exploitation des antenais ou antenaises diffère en fonction de la taille du troupeau. Chez les grands éleveurs, les femelles sont vendues entre 6 et 12 mois (vers le mois de Mars) alors que les mâles sont gardés pour l'engraissement et seront vendus principalement durant les périodes de fêtes, notamment la fête de l'Aïd El Kebir. Ils attendent généralement un prix d'au moins de 200 DT par tête sachant qu'ils peuvent vendre jusqu'à 300 DT (2002). Chez les petits et moyens éleveurs, la vente est plus éparpillée sur l'année et se fait selon les besoins de la trésorerie.

Il n'existe pas réellement d'alternative pour parer aux saisons sèches. Les exploitants sèment de toute façon à l'automne. Si l'hiver est pluvieux ils pourront récolter l'orge vert sinon ils attendent le printemps pour récolter au moins les grains.

L'alimentation durant les périodes de sécheresse se réduit au cactus si les prix sur le son flambent. Sinon les moyennes ou bonnes années, le cactus ne rentre pas dans la ration énergétique des animaux ; ils constituent juste un complément pour l'éleveur.

#### **1.2.4. Destination des produits**

Dans l'ordre, les exploitants accordent le plus d'importance au blé dur qui est prioritairement gardé pour l'autoconsommation, une partie est stockée comme semences pour la saison prochaine et le reste est vendu dès la récolte. A titre d'exemple, un grand ménage de 20 membres, garde 50 quintaux pour son auto consommation dont 10 serviront comme semences la prochaine saison.

L'orge cultivée est entièrement stockée pour l'alimentation animale.

La paille, produit dérivé des céréales, est entièrement stockée. Les seules ventes se passent au niveau de la communauté et au prix du marché.

La traite des brebis est peu pratiquée à l'exception d'un excellent printemps ; seules les chèvres sont traitées et tout le lait est auto-consommé.

### **I.3. Analyse préliminaire des exploitations : des enquêtes à la typologie**

Dans le cadre du projet M&M, un système d'enquêtes a été conduit dans la communauté de Zoghmar :

- 1) Enquête rapide pour identifier/ caractériser la communauté et identifier les problèmes majeures à l'échelle communautaire
- 2) des suivis zootechniques et agronomiques pour raisonner les innovations technologiques,
- 3) des enquêtes approfondies pour analyser le mode de fonctionnement global des exploitations et approcher l'impact technologique à l'échelle exploitation et communauté.

Ces enquêtes ont été complétées par une enquête ménage auprès du même échantillon en 2002 et 2003, ce qui nous a permis de calibrer le modèle. L'identification des types d'exploitations a été réalisée à partir d'une analyse factorielle multiple. 6 types ont été identifiées : 3 types qui ne bénéficient pas d'irrigation et 3 types qui ont accès au périmètre irrigué (Figure ...).

L'introduction de l'irrigation dans la communauté a quelque peu complexifié les systèmes d'exploitations par l'introduction d'un ensemble de cultures qui changent à la fois les modes d'alimentation du troupeau (introduction des cultures fourragères) et les modes de gestion de l'exploitation (travail, trésorerie, etc.) par l'introduction des cultures maraîchères. Les visites de terrain montrent un changement des relations entre les différents groupements et une certaine opposition entre « irrigués » et « non irrigués », qui peut changer les modes de régulation de certains facteurs comme les échanges de travail, de fourrages, d'heures de mécanisation à l'intérieur de la Communauté. Ainsi le modèle communautaire constitue un moyen de saisir

## **II. Développement d'un modèle communautaire à Zoghmar**

### **II.1. Modèle d'exploitation**

#### **II.1.1. Les activités productives**

Cette tâche consiste à spécifier les diverses activités productives possibles destinées à être inscrites dans la matrice du modèle. Pour cela, il est nécessaire de déterminer, d'un côté, les besoins en ressources, en intrants, en main-d'œuvre, en capital... de chaque activité, et de l'autre, les résultats obtenus pour chaque activité au niveau de la production (rendements, biomasse, résidus, etc.) en fonction de diverses techniques de gestion, d'intensité... On distingue les activités présentes et observées mais aussi les opportunités dans la zone, notamment les activités introduites comme technologies pour répondre aux besoins des éleveurs.

Par simplification, on considère dans un premier temps deux grands types d'activités au sein de l'exploitation, la production de viande ovine pour la commercialisation et la production de céréales pour l'autoconsommation (alimentation du ménage ou du troupeau) et la vente. Ces deux activités sont extrêmement liées puisque la production de céréales sert prioritairement à la production animale et donc les modes d'exploitation des terres sont liés aux objectifs propres à l'activité ovine. Cependant, les éleveurs tentent toujours de maximiser la production céréalière pour la commercialisation même si dans la zone les rendements restent relativement faibles et aléatoires. Dans le Gouvernorat de Sidi Bouzid, les efforts politiques et économiques conduits en matière d'arboriculture ont conduit au développement d'une troisième activité à savoir la culture de fruitiers, principalement celle de l'olivier. Cette activité s'inscrit aujourd'hui dans le système global de production sachant que l'olivier va permettre de gérer une mauvaise année grâce à son comportement rétro actif.

##### **II.1.1.1. Les activités végétales**

Dans la communauté de Zoghmar, on peut distinguer deux systèmes de culture entre les zones sèches et les zones irriguées. Mais dans chaque système sont associées des cultures annuelles, principalement les céréales (Blé dur et orge), et des cultures pérennes : olivier et cactus dans les zones sèches et acacia et olivier dans les zones irriguées. Avec le périmètre irrigué, de nouvelles activités spéculatives se sont ajoutées comme le maraîchage (tomate, cucurbitacée, piment, ...), les cultures fourragères (avoine, sorgho) et les arbres fruitiers (pommier, poirier). Si les cultures pérennes représentent des orientations importantes des systèmes, le système cultural annuel sur les parcelles irriguées relève aujourd'hui plus de l'expérimentation que d'un modèle pour la communauté. Si les jeunes agriculteurs –éleveurs qui possèdent un petit troupeau (de moins de 20 têtes brebis) se lancent dans les cultures maraîchage à l'instar des communautés voisines du Gouvernorat, les agro-pasteurs qui ont pu bénéficier de parcelles dans le périmètre restent plus prudents et tentent davantage de sécuriser leur système de production basé sur l'élevage ovin et ce en implantant des cultures fourragères comme le sorgho ou l'avoine.

L'assolement sur les parcelles en sec dépend principalement de deux facteurs : 1) le respect d'une rotation entre blé dur -orge-jachère et 2) des conditions climatiques. Le Blé dur répond aux besoins d'autoconsommation du ménage alors que la culture d'orge, prédominante dans la zone, constitue le principal aliment noble de la ration alimentaire des petits ruminants.

Ainsi, on peut distinguer trois types de parcelles avec des vocations bien différenciées :

- Terres non cultivables (« Snc ») : surface de parcours difficile à aménager
- Terres cultivables en sec (« ScSec ») : surface cultivée en sec
- Terres en irrigué (« SI ») : surface sur le périmètre irrigué

On distingue 9 itinéraires techniques présentés dans le tableau 1 selon le type de semence (semence locale, semence améliorée), le type de labour (1 seul croisement ou 1 labour profond plus deux croisements), l'utilisation du phosphate et la fertilisation azotée. Le choix de l'itinéraire est fonction à la fois des rendements espérés (et donc des conditions climatiques au moment du semis), du précédent

cultural qui conditionnent les gains de rendements espérés et enfin facteurs travail et capital. Ces itinéraires résultent des suivis agronomiques conduits sur le terrain par l'INRAT.

**Tableau 1 : Caractéristique des itinéraires techniques**

	Semis	Phosphore	Recroisement	Labour profond+recroisement	Fertilisation azotée sur les cultures en sec	Fertilisation azotée sur les cultures irriguées (sauf maraîchage)	Fertilisation azotée Sur maraîchage
T0							
T1	Local	0	1				
T2	Local	0		1			
T3	Local	50		1			
T4	Amélioré	100		1			
T5	Amélioré	50	1				
T6	Amélioré	100	1				
T7	Amélioré	0		1	50	250	400
T8	Amélioré	50		1	50	250	400

**Tableau 2 : Coût variable des itinéraires selon les cultures**

	Blé dur	Organe	Avoin	Sorgho	Vesce non travaillée	Jachère travaillée	Jachère travaillée	Toma	Curcubi	-tacée	Olivier	Fruiter	Acacia	Cactus Parcours
T0														0
T1	43.2	24									12	69.5	69.5	
T2	75.2	56					44							
T3	89.7													
T4	122	97			127			384.5	284.5					
T5	75.5													
T6	90													
T7	104.5		115,5	185.5										
T8	119							416	316					

**Tableau 3 : Besoins en nombre de jours de travail par itinéraires et par culture**

	Blé dur	Organe	Avoin	Sorgho	Vesce non travaillée	Jachère travaillée	Jachère travaillée	Toma	Curcubi	-tacée	Olivier	Fruiter	Acacia	Cactus Parcours
T0														0
T1	1.128	1.18									1.18	1.18	1.18	
T2	1.68	1.68					0.68							
T3	2.18													
T4	2.88	2.88			2.88			21.68	16.68					
T5	1.88													
T6	2.38													
T7	1.88		1.88	1.88										
T8	2.38							20.18	16.18					

**Tableau 4 : Effet précédent sur les rendements**

	Blé dur	Orge	Avoine	Vesce	Jachère non travaillée	Jachère travaillée	Tomate	Curcubitacée	Sorgho
Blé dur	0.8	1	1	1.25	1.1	1.2	1.25	1.25	1
Orge	1	0.9	1		1.1		1.25	1.25	1
Avoine	1	1					1.25	1.25	1
Vesce	1	1							
Sorgho	1	1	1		1.1	1.2	1.25	1.25	1
Jach.	1	1	1				1.25	1.25	1
Jach. T	1	1	1				1.25	1.25	1
Tomate	1	1	1		1.1	1.2	1	1	1
Curcu	1	1	1		1.1	1.2	1	1	1

**Tableau 5 : Effet technique sur les rendements**

	Blé dur	Org e	Avoine	Sorgho	Vesce	Jachère non travaillée	Jachère travaillée	Toma te	Curcubi -tacée	Olivie r	Fruiti er	Acacia	Cactus Parcours
T0					1								1
T1	1									1	1	1	
T2	1.15	1.25				1							
T3	1.25												
T4	1.4	1.5		1				1	1				
T5	1.5												
T6	1.7												
T7	1.6		1	1									
T8	1.65							1.2	1.2				

**Tableau 6 : Possibilité d'itinéraire en fonction du précédent sur surface en sec**

	Blé dur	Orge	Avoine	Vesce	Jachère non travaillée	Jachère travaillée	Tomate	Curcubitacée	Sorgho
Blé dur	T1,T2,T3	T1,T2,T3		T4,T7,T8	T1,T4	T5,T6			
Orge	T1,T2,T4	T1,T2,T3			T1,T2				
Vesce	T4	T4							
Jach.	T0	T0							
Jach. T	T2	T2							

NB : dans les systèmes irrigués, il n'y a plus de rotation obligatoire. Par contre on suppose que le principal itinéraire technique pour le blé dur et le sorgho est T7 ; pour l'orge : T2 et T7 ; pour le maraîchage : T4 et T8.

### Sur les surfaces en sec

L'orge grain est essentiellement réservé à l'alimentation animale alors que le grain de blé dur peut être soit auto consommé soit vendu. A l'exception des bonnes années, peu d'exploitants étendent les surfaces en blé dur en vue de la commercialisation, en raison des faibles rendements dans la zone. Mais la superficie ensemencée est toujours fonction des besoins d'autoconsommation à l'intérieur du ménage. La consommation minimale de blé dur est estimée à 200 Kg par personne et par an. La paille des céréales est généralement récoltée et mise en botte pour être utilisée comme apport de matière sèche aux ruminants tout le long de l'année. En été, une fois la récolte finie, les chaumes sur les parcelles sont pâturés par les animaux. Les années difficiles où le rendement grain est catastrophique,

les exploitants laissent pâturés les animaux sans faire la moindre récolte.

Le choix de l'itinéraire technique sur les céréales est largement conditionné par le précédent cultural et dont par la rotation pluriannuelle. Les principales rotations sont de type triennale : BD-Orge-Jachère. Certains exploitants tentent la mise en place de cultures fourragères comme la vesce, introduite dans le cadre du projet et ainsi on a une rotation : BD-Orge-Vesce. **A compléter**

On distingue deux types de jachère : 1) la jachère non travaillée qui sera pâturée de l'automne au printemps et 2) la jachère travaillée qui sera pâturée uniquement en automne et hiver puis labourée dès le printemps.

Les cultures pérennes sur les parcelles en sec sont principalement l'olivier et le cactus. Les plantations d'olivier ont été encouragées dans les années quatre vingt dans le gouvernorat de Sidi Bouzid. Dans la communauté il s'agit principalement de quelques pieds d'olivier à proximité des maisons, dont l'essentiel de la production est à usage familial. Cependant que ce soit les produits de la taille que les résidus de l'huile d'olive (grignon), ils sont largement valorisés dans le système d'alimentation des petits ruminants. On suppose que l'olivier rentre en production la septième année et atteint son plein rendement la dixième année.

Le cactus a pris une importance depuis la décennie quatre vingt dix en raison 1) de la succession d'années catastrophiques où les raquettes de cactus se sont révélées être des apports importants d'eau et de matière pour combler les déficits et 2) des efforts conjoints de l'Office de l'Elevage Pastoral (OEP) et de la recherche (« The Mashreq/Maghreb Project ») pour assurer leur mise en place et leur valorisation. Pour l'instant on suppose l'absence de marché de raquettes et de fruits de cactus. **Ceci résulte d'observations de terrain. Un travail sur les conditions et modes de valorisation des produits du cactus devrait nous permettre d'affiner les hypothèses sur le cactus.** Les fruits appelées « figue de Barbarie » comme les cladodes (appelées « raquettes ») sont récoltées dès la quatrième année. Les rendements de cladodes avoisinent les 10 tonnes par hectare et par an qui se répartissent sur l'année avec deux pics en automne et printemps (40 et 30 Qt en Automne et printemps). Les raquettes sont utilisées comme complément de l'alimentation animale tout le long de l'année. Aujourd'hui ce type d'activité est encouragé par l'Etat dans les zones aux faibles rendements céréaliers. Dès lors les éleveurs bénéficient d'une incitation sur trois qui permet de couvrir les frais d'implantation (50 DT la première année) et le manque à gagner en terme de pâturage (30 DT de compensation sous forme de concentré qui est l'équivalent de la production d'un hectare de parcours dans la zone). Le nombre d'hectare aménagé dépend de la taille du troupeau. La subvention peut couvrir jusqu'à 20 hectare pour une exploitation comptant plus de 100 têtes.

Le développement récent de l'*Opuntia* dans la zone ne permet pas aujourd'hui de connaître précisément la courbe de rendement des plants dans le temps. A dire d'expert, avec un bon niveau d'entretien, les plantations pourraient se maintenir plus de quinze ans en produisant des rendements similaires. Par contre sans entretien, on observe une lignification des plants et une réduction de la production de raquettes et de fruits. Pour l'instant on suppose que les exploitants n'arrachent par leurs plants avant 5 ans d'âge ; par contre au delà ils peuvent soit arracher et replanter soit arracher et convertir leur parcelle en céréales. On suppose une durée de vie des plantations de cactus de 15 ans. Si cette période est sous estimée dans le cadre de la modélisation par rapport à la réalité, l'allongement de la durée n'aurait pas d'impact sur les choix de décision de plantation ou d'arrachage les 5 premières années de l'horizon de planification compte tenu des conditions climatiques fortement aléatoires qui réduisent la durée de planification des éleveurs.

Dès lors on distingue deux grands types de parcelles sur l'exploitation : les surfaces cultivées ou laissées en jachère qui représentent les terres disponibles (TERS) et les surfaces plantées en cactus ou en olivier (TERPLS). Le total des terres en superficie (terres cultivables et terres plantées) constitue les terres disponibles en sec (SDISPI('SnSec')). On distingue les superficies plantées selon l'âge de la plantation : age (a1 à a15)

Chaque année, l'exploitant décide de l'allocation de ses terres entre les différentes cultures et technologies compte tenu de la disponibilité des terres, des possibilités de location en dehors de la communauté mais aussi des terres données ou prises en métayage à l'échelle de la communauté. Les

locations hors de la communauté sont généralement limitées par un facteur de distance. Ainsi ont été estimées sur la base des données d'enquêtes le total des terres disponibles pour la location (estimé à 100 ha). Seulement sur les terres en location, le choix des cultures est indépendant du précédent. On suppose que sur les terres en location comme les terres en associations, il est interdit de planter.

Ainsi,

$$\sum_{Csa,cx,tech} TERS_{Csa,cx,tech,ex} < SDISPI_{ex} - \sum_{csp,tech,age} TERPLS_{csp,tech,age,ex} - \sum LOCOUT_{ex} + \sum LOCIN_{ex} \\ - \sum_{csa,cx,tech} ASSOSOUTS_{csa,cx,tech} + \sum_{csa,cx,tech} ASSOSINS_{csa,cx,tech} + \sum_{oxf} TACHATS_{ex,ox} - \sum_{oxf} TVentes_{ex,ox}$$

Avec :

Csa : cultures annuelles (orge, blé dur, vesce, jachère travaillée, jachère non travaillée)

Cx : cultures annuelles (orge, blé dur, vesce, jachère travaillée, jachère non travaillée)

Tech : itinéraire technique

Ex : type d'exploitation

Age : age des plantations de cactus et l'olivier

TERS : surface mise en culture annuelle

TERPLS : surface plantée

ASSOSOUTS : Surface donnée en association à un pair (exploitation de la communauté)

ASSOSINS : Surface prise en association à un pair (exploitation de la communauté)

SDISPI : Surface totale disponible

TACHATS : Terres achetées

TVENTES : Terres vendues

LOCOUTS : Terres louées à l'extérieur

LOCINS : Terres prise en location

La surface totale cultivée est la somme des surfaces en propriété cultivées, des surfaces prises en location et des surfaces louées à un tiers dans la communauté.

On suppose que le système de terre en association se pratique uniquement à l'échelle de la communauté et ne concerne pas les terres plantées. En outre les métayers ne peuvent cultiver que des céréales ou marginalement laisser la terre en jachère. Dans ce système voisin du métayage, les produits des cultures (grain, paille) sont partagés entre les deux parties : deux tiers pour le métayer et un tiers pour le propriétaire. Le métayer assure les coûts d'approvisionnement en intrants sur le marché (semences, désherbants), les coûts de mécanisation et prend en charge tous les travaux cultureux ; les chaumes sont pâturés par le troupeau du propriétaire de la parcelle (est ce vrai ? qui fait pâturer les terres données en association : le métayer ou le propriétaire).

Les paramètres et les coefficients technico-économiques retenus pour chacune de ces activités sont établis sur la base des résultats d'enquête dans la communauté et des travaux de terrain antérieurs (INRAT).

### Sur les surfaces en irrigué

Aujourd'hui le périmètre irrigué de 120 hectares compte 52 ayants droits dont la moitié est réellement motivée en raison des frais d'irrigation qui restent élevés (3.5 DT par heure sachant qu'il faut environ 40 heures pour irriguer 1 hectare). Les heures d'utilisation sont contrôlées et donc comptabilisées par un trésorier.

Sur les surfaces irriguées, certains exploitants pratiquent deux types de culture dans l'année : 1) l'orge ou blé dur semés en octobre et récoltés au printemps

2) le maraîchage du 15 juillet à fin septembre.



L'année dernière ont été tentées différentes cultures maraîchères. C'était une année de test, « d'expérience » pour les agriculteurs : ainsi ont été plantés et récoltés de la tomate, des courges, des pastèques, du melon. Selon les déclarations des agriculteurs, toutes les cultures ont produits avec des rendements moyens de 20 T/ha pour la tomate (au prix de 200 à 500 millimes par kg), 15 tonnes pour 0.5 ha pour la courge (cas d'un seul exploitant). Le nombre d'irrigation pratiqué est très variable selon les exploitants : 1 irrigation tous les 4 jours à 1 irrigation tous les 7 jours. Pour la tomate, certains ont pratiqué 8 à 10 irrigations pour la saison.

Constats de la visite sur le périmètre irrigué :

seuls les exploitants ayant une grande surface irriguée peuvent actuellement faire pâturer par leur troupeau l'orge ou le sorgho en vert.

Sur les surfaces irriguées on trouve un peu d'avoine, un seul exploitant, qui sera récolté en foin

Il existe sur les parcelles irriguées une pratique de mise en association des terres avec des proches du groupement : généralement les coûts de production (sauf le travail) et les produits de récoltes sont partagés à part égale entre le propriétaire et celui qui prend la parcelle en association. Le contrat est fixé pur une seule campagne.

Aujourd'hui il n'existe pas de vente des terres dans le périmètre irrigué.

Aussi sur les surfaces irriguées, on a supposé 6 types de cultures annuelles : 1) Céréales : orge, blé dur, 2) Cultures fourragères : avoine (foin), sorgho (récolte en vert), 3) Cultures maraîchage : tomate, curcubitacées. Le système de rotation est beaucoup plus flexible en raison du manque de recul d'observations. Les contraintes relatives à la location et au métayage sont identiques qu'en milieu sec avec un changement de modalité du contrat de métayage en irrigué. Pour l'instant on suppose que les achats et les ventes de terres irriguées sont nuls. Les locations concernent à peine 4 ha au total. Les principales cultures pérennes sont l'olivier, les arbres fruitiers (poirier, pommier) et l'acacia.

$$\sum_{Cl,cx,tech} TERI_{Cl,cx,tech,ex} < SDISPI_{ex} - \sum_{clp,tech,age} TERPLI_{clp,tech,age,ex} - \sum LOCOUTI_{ex} + \sum LOCINI_{ex} \\ - \sum_{cl,cx,tech} ASSOSOUTI_{cl,cx,tech} + \sum_{cl,cx,tech} ASSOSINI_{cl,cx,tech} + \sum_{oxf} TACHATI_{ex,ox} - \sum_{oxf} TVenteI_{ex,ox}$$

Avec :

Ci : cultures annuelles sur irrigué (orge, blé dur, avoine, sorgho, tomate, curcubitacée, jachère travaillée, jachère non travaillée)

Cx : Précédent (orge, blé dur, avoine, sorgho, tomate, curcubitacée, jachère travaillée, jachère non travaillée)

Tech : itinéraire technique

Ex : type d'exploitation

Age : age des plantations sur irrigué : acacia, olivier, fruitier

TERI : surface mise en culture annuelle

TERPLI : surface plantée

ASSOSOUTI : Surface donnée en association à un pair (exploitation de la communauté)

ASSOSINI : Surface prise en association à un pair (exploitation de la communauté)

SDISPII : Surface totale disponible

TACHATI : Terres achetées

TVENTEI : Terres vendues

LOCOUTI : Terres louées à l'extérieur

LOCINI : Terres prise en location

### Sur les surfaces de parcours appelées terres non cultivables

Les terres non cultivables sont les terres impropres à l'agriculture en raison de la nature des sols ou de l'érosion. Elles sont généralement réservées au pâturage. **Même appropriées, elles sont généralement ouvertes à l'ensemble de la communauté.** Un certain nombre de ces terres ont été aménagées soit avec des cultures arbusives comme l'*Atriplex* ou encore avec le cactus et ce grâce à un soutien financier et technique de la recherche et de l'Office de l'Élevage Pastoral. Ainsi sur ces terres, on distingue trois types de parcours : 1) les parcours non aménagés, 2) les parcours plantées avec de l'*Atriplex* et enfin 3) les parcours plantées avec du cactus. On suppose que ces terres ne font pas l'objet d'échanges que ce soit sous forme de location, association ou transaction d'achat et de vente. De plus les terres aménagées sont ensuite conservées tout le long de l'horizon de planification. En effet, les exploitants bénéficient de subventions publiques pour l'aménagement des terres de parcours sous la contrainte de la conservation des plantations durant au moins 5 ans qui est notre période de planification.

#### **II.1.1.2 Le système d'élevage**

Le troupeau est essentiellement composé d'ovins et caprins, dont le principal produit est la viande pour la commercialisation. La laine de mouton est uniquement exploitée à des fins personnelles; et les exploitants traitent les chèvres essentiellement pour la couverture des besoins familiaux. La vente de lait de chèvre est exceptionnelle. Les revenus annuels issus de l'activité ovine doivent, en effet, assurer en priorité la couverture des dépenses minimales d'exploitation : reproduction de l'exploitation et besoin de consommation des ménages, mais aussi essayer de dégager un surplus. Ce surplus peut servir à accroître les capacités productives, épargner (compte tenu du taux de rémunération de l'épargne) ou consommer. L'augmentation et/ou l'amélioration des capacités productives peut se faire de plusieurs façons : accroître le cheptel, valoriser le capital existant par l'amélioration génétique, l'amélioration de la ration des animaux ou intensification sur le système de culture (stratégie de maximisation des plus-values à court terme ou de libération de temps), etc. Dans le modèle actuel, on suppose que l'amélioration des capacités productives passent par l'adoption des nouvelles technologies dans le système d'élevage (utilisation des blocs alimentaires, implantation des parcours, etc.) ou l'amélioration des itinéraires cultureux. **Attention : les innovations techniques n'impliquent pas toujours capitalisation.** Un deuxième moyen de capitalisation est l'investissement dans l'élevage bovin qui tend à se développer depuis ces dernières années et malgré les 4 années de sécheresse. Dans la communauté, les exploitants ont développé un système d'engraissement des veaux sous la mère. Ils achètent un veau qui nourrissent avec le lait de leur vache pour le revendre à l'engraissement.

Afin de prendre en compte les spécificités de cette activité dans notre modèle dont la dimension dynamique et réursive répond parfaitement à celles-ci, nous allons essayer de suivre l'évolution des effectifs animaux et le changement de leur régime alimentaire, saison par saison, tout en considérant l'année 2000 comme année de référence. Pour cela, les paramètres et les critères techniques régionaux de conduites d'élevage à retenir seront ceux de l'année considérée.

**Tableau : Paramètres zootechniques (en %)**

	Taux de mortalité	Taux de prolificité	Taux de réforme	Répartition agnelage (en %)					
				Aut	Hiv	Prin	Ete		
Brebis	0.04			0.8		0.2			
Chèvre	0.05			0.8		0.2			
Bélier	0.01								
Bouc	0.02								
Agneau/agnelle de moins de 3mois	0.07								
Chevreau/chevrette de moins de 3 mois	0.16								
Agneau/agnelle de 3 mois à 18 mois	0.03								
Chevreau/chevrette de 3 mois à 18 mois	0.03								
Veau/ velle de moins de 6 mois	0.12								
Genisse/taurillon de 6 mois à 18 mois	0.03								
Vache	0.01								
Taureau	0.01								

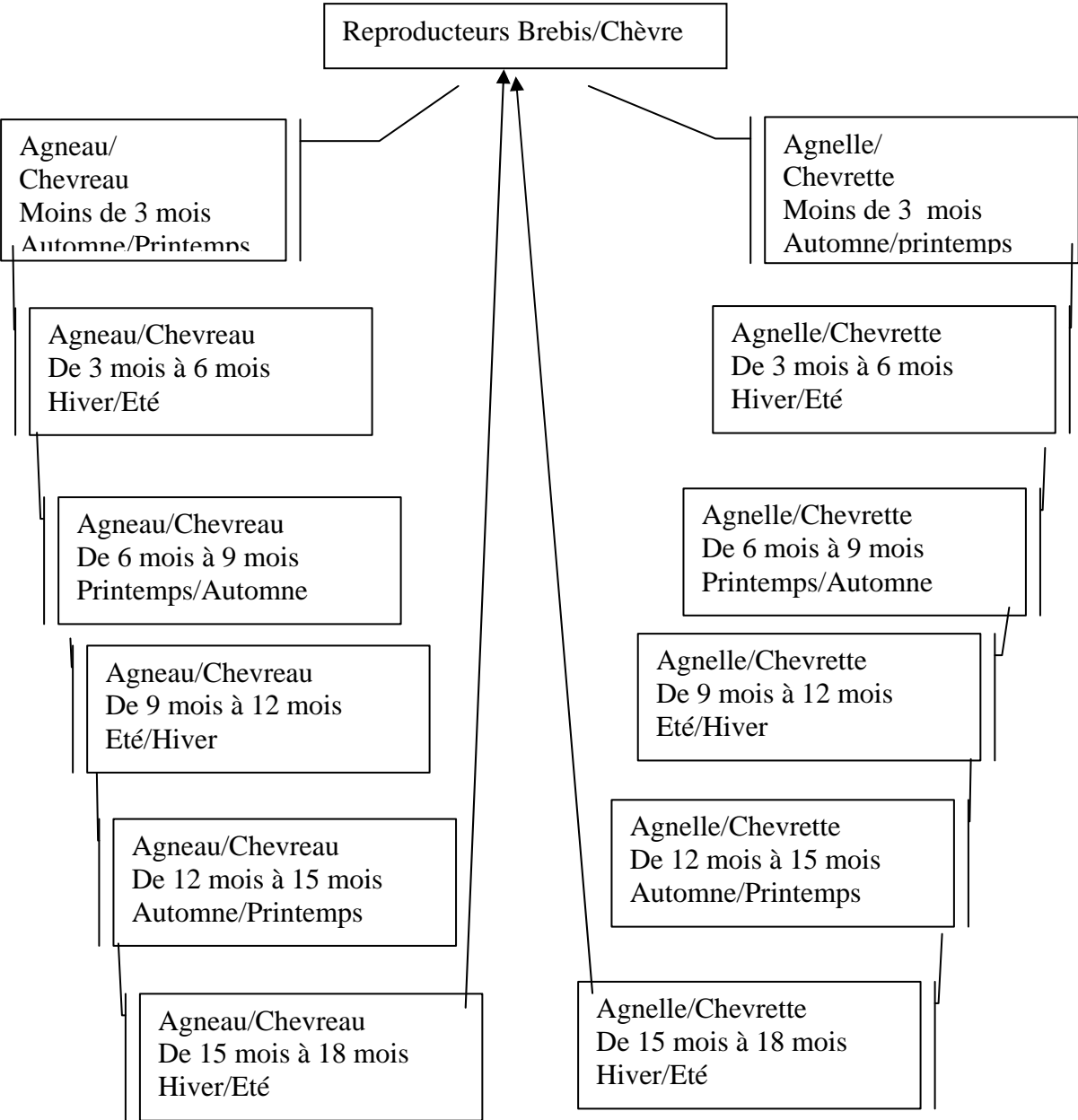
Légende : Aut : Automne ; Hiv : hiver ; Prin : printemps ; ete :été

On suppose que le taux de fécondité est fonction des pratiques d'élevage de chaque groupe d'exploitation (Tableau )

**Tableau : Taux de fécondité par exploitation**

	Agropastoraux	Agropasteurs diversifiés	Vieux Agro-éleveurs	Pluriactifs	Jeunes agriculteurs	Agro-éleveurs Diversifiés
Brebis	1.2	1.1	1	1	0.8	0.91
Chèvre	1.2	1.2	1.1	1.1	1	1.1
Vache	0.5	0.5	0.5	0.8	0.8	0.8

Graphique : Dynamique des troupeaux de petits ruminants

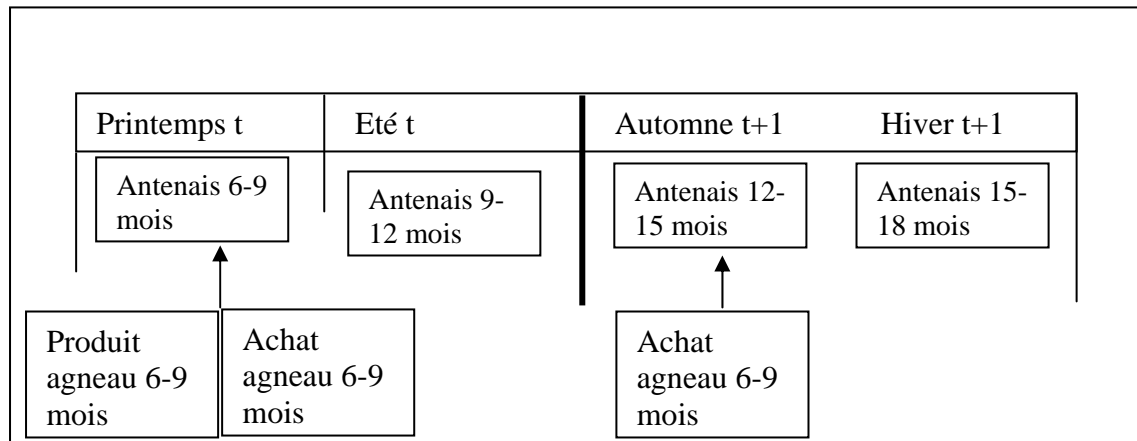


Hypothèses sur la dynamique du troupeau :

- 1) les achats et ventes d'agneau et d'agnelle ne peuvent se réaliser qu'à partir du troisième mois c'est-à-dire après le sevrage
- 2) On suppose un sex ratio à la naissance de 50% entre mâle et femelles
- 3) Le nombre de brebis ou de chèvres reproducteurs est l'effectif présent et gardés pendant trois saisons.

Depuis ces dernières années, se développe une importante activité d'engraissement. Les agneaux engraisés proviennent en partie de l'exploitation bien que certains exploitants se spécialisent dans l'engraissement et ont abandonné l'activité d'élevage. Les éleveurs achètent généralement les agneaux entre 6 et 9 mois au printemps, grâce à la trésorerie réalisée par la vente des agneaux pour l'Aïd El Kébir qui se situe actuellement en fin d'hiver (février). Les agneaux sont élevés jusqu'à la fin de l'été et sont ensuite engraisés près de 6 mois jusqu'au prochain l'Aïd. Ainsi dans le modèle on suppose que l'éleveur peut acheter des agneaux au printemps pour un engraissement long ou à l'automne pour un engraissement court. Les agneaux engraisés sont composés des agneaux achetés et des agneaux nés sur l'exploitation et cédées à l'atelier engraissement au printemps. Ces agneaux préparés pour l'Aïd bénéficient généralement de plus de soin et à partir de l'automne sont rassemblés pour l'engraissement.

### Calendrier de l'engraissement



Parmi les produits traditionnels de l'élevage, il faut compter la production laitière des vaches et des chèvres, la production de laine du troupeau ovin et la production de fumure.

En fait, généralement, les éleveurs investissent dans une vache améliorée ou croisée qui va produire un veau tous les 18 mois. L'une des pratiques courantes dans la communauté est l'achat d'un deuxième veau qui sera élevé sous la mère, avec le veau né sur l'exploitation. Aussi la production laitière est très faible de l'ordre de 6 litres/jour réservée essentiellement à l'autoconsommation. Pour les chèvres, la production n'excède pas 12 litres par saison, qui sont aussi auto-consommés.

La production de laine est de l'ordre de 0.8 kg par antenais et près de 1.5 kg par brebis. La laine peut être vendue ou utilisée par le ménage. Le prix de vente est de l'ordre de 1 DT/kg.

#### **II.1.1.3 Le système d'alimentation**

Le système d'alimentation du troupeau est à l'interaction entre le système cultural et le système d'élevage. Autrement dit l'exploitant organise son système cultural en fonction des besoins de son troupeau et vice versa le système d'alimentation et donc les performances du troupeau vont dépendre des ressources agricoles disponibles. Les ressources agricoles disponibles comprend la production

agricole, les stocks d'aliments mais aussi les ressources disponibles sur le marché. Les stocks d'aliments, en dehors de la complémentation, ne concernent que les grains, la paille et le foin. Tout ce qui est chaumes, brindilles, pâture, grignon est consommé, vendu ou perdu au moment où il est disponible.

Ainsi pour les biens stockables (grain, paille, foin), le bilan fourrager saisonnier s'écrit :

$$Prodsto_{c,stoprod,s} + Stockini_{c,stoprod,s} + Achatalim_{s,stoprod,s} = Consani_{c,stoprod,s} + Stockfin_{c,stoprod,s} + Ventalim_{c,stoprod,s}$$

Avec :

- C : type de culture ; Stoprod : produit récolté ; S : saison
- Prodsto : Production de grain/paille/foin de la saison s
- Stockini : Stock initial
- Achatalim : achat
- Consani : consommation animale
- Stockfin : Stock final
- Ventalim : vente des aliments stockables

Pour les biens non stockables (chaumes, raquettes, bois, vert), le bilan fourrager saisonnier s'écrit :

$$Prodnsto_{c,nstoprod,s} + Achatalim_{s,nstoprod,s} = Consani_{c,nstoprod,s} + Ventalim_{c,nstoprod,s}$$

Avec :

- C : type de culture ; nstoprod : produit disponible ; S : saison
- Prodnsto : Production de chaumes, raquettes, bois, vert de la saison s
- Achatalim : achat
- Consani : consommation animale
- Ventalim : vente des aliments non stockables

Hypothèses :

- les ventes d'aliments stockables de l'automne au printemps se font sur le stock de l'été de l'année précédente. Cad que les exploitants n'achètent pas d'aliments pour le revendre.
- Pour les produits non stockables, les ventes ou les achats sont fonctions de la demande et de l'offre au niveau communautaire.

Les choix décisionnels des éleveurs relatifs à l'affouragement comme à la complémentation sont un facteur important des résultats économiques de l'activité d'élevage qui constituent le principal revenu des exploitations de la communauté. C'est souvent par la maîtrise des coûts d'affouragement que les exploitants sont mieux à même de résister à des années catastrophiques.

Les enquêtes conduites lors de la première phase du projet Maghreb & Mashreq permettent d'établir un calendrier des rations alimentaires par saison tel que pratiqué par les éleveurs. Cependant l'introduction d'innovation technologique que ce soit les blocs alimentaires ou de nouvelles variétés de céréales par exemple peuvent changer les rapports entre grains, paille et concentrés dans les rations alimentaires pour toutes les saisons compte tenu des possibilités de stockage et du rapport des prix. Dès lors il est difficile de fixer un calendrier par saison si l'on veut approcher les changements relatifs à l'introduction d'une innovation sur les modes d'alimentation.

Dès lors une seconde option a été choisie : la satisfaction des besoins minimum en matière azotée et en énergie, compte tenu d'une contrainte d'encombrement exprimée par le niveau de matière sèche. Ainsi chaque saison, les éleveurs choisissent leur ration alimentation sous contrainte de couvrir les besoins minima en MAD (matière azotée digestible) et UF (unité fourragère).

Les apports en MAD, UF et teneur en matière sèche des aliments ainsi que les besoins minima en MAD et UF ou maximum en matière sèche sont évalués à partir des tables nutritives existantes et des recherches effectuées (INRAT).

La somme des besoins en unités énergétiques (UF) et protéiques (MAD) de chaque catégorie d'animaux par période doit être inférieure ou égale au nombre d'unités nutritives disponibles par période (intra consommation + achats extérieurs). On ne tient pas compte de la couverture des besoins vitaminiques compte tenu de la priorité des éleveurs donnée à la couverture énergétique dans un contexte fortement incertain.

Ainsi cette formulation permet de chercher l'adéquation permanente entre les besoins des animaux et les ressources alimentaires disponibles et permet d'approcher la détermination des modes d'alimentation des animaux par saison.

En résumé, les aliments stockables et non stockables et la complémentation doivent couvrir les besoins en matière sèche (MS), matière azotée digestible (MAD) et unité fourragère (UF) des animaux. Les compléments peuvent être : les blocs alimentaires, le son, le pain, les concentrés ou la luzerne. Pour les blocs alimentaires, on a considéré un seul bloc alimentaires à base d'huile d'olive.

Aussi la couverture des besoins alimentaires du troupeau s'écrit :

$$\sum_{c, produit} Consani_{c, produit} * Nutprod_{c, produit, nut} \geq \sum_{ani} Eff_{ani, s} * Besnut_{ani, nut}$$

Avec :

- Consani : consommation de produits agricoles
- Nutprod : composition des produits en MS, UF, MAD
- Eff : effectif d'animaux de chaque catégorie présent sur l'exploitation la saison donnée
- Besnut : besoin des animaux en MS, UF, MAD selon leur catégorie
- Nut : MS, MAD, UF
- ANi : catégorie d'animaux

Hypothèses :

- on suppose que la ration en matière sèche doit être supérieure à 80% des besoin et inférieure à 120%. Ceci pour rendre compte de la flexibilité des exploitants selon les saisons.
- La consommation de grignon est inférieure à 30 % des besoins en matière sèche.
- La consommation de grain d'orge est compris entre 15 et 60 % de la ration totale en matière sèche.
- Les chaumes ne peuvent couvrir que 15 % de la ration
- Pour les agneaux et agnelles de moins de 3 mois, on suppose seulement une ration de 50 grammes par tête et par jour.
- Les blocs alimentaires sont réservés aux reproducteurs
- Les fruits de cactus n'excèdent pas 5% de la ration

Pour les caprins, on suppose que les éleveurs ne couvrent que 30% des besoins recommandés au printemps, 80% en hiver et 50% à l'automne et l'été du fait des apports liés aux résidus, etc.

## II.1.2. Les contraintes techniques et financières

### II.1.2.1. La contrainte de travail

La main d'oeuvre familiale est composée de femmes, d'hommes et d'enfants de plus ou moins 16 ans qui sont soit scolarisés soit non scolarisés. Parmi les hommes actifs et les enfants de plus de 16 ans, on distingue ceux qui sont formés à la taille des oliviers. Dès lors on aura une main d'œuvre dites « formées » (form) ou « non formées » (nform). Le ménage alloue son travail disponible entre le travail agricole sur l'exploitation et le travail extérieure en fonction de ses besoins sur l'exploitation, des possibilités d'embauche et des opportunités de travail à l'extérieur. Pour les enfants scolarisés, la disponibilité est fonction des vacances scolaires. Pour les femmes on suppose que 20% de leur temps est alloué aux tâches ménagères.

Parmi les temps de travaux, on distingue les temps relatifs à l'itinéraire technique et les temps de récolte selon le type d'année.

Tableau : Temps de travaux en nombre de jours par hectare et par itinéraire technique

	Type de surface	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T0
Blé dur	Sec	1.12	1.56	2.06	2.76	1.8	2.32	1.76	2.26	
Blé dur	Irrigué							1.76		
Orge	Sec	1.12	1.56		2.76					
Orge	Irrigué		1.56					1.76		
Avoine	Irrigué							1.76		
Sorgho	Irrigué							1.76		
Vesce	sec				2.76					
Jachère non travaillé	sec									0
Jachère travaillé	sec		0.56							
Tomate	Irrigué				21.56			20.06		
Curcubitacée	Irrigué				16.56			15.06		
Cactus	sec									0
Parcours	sec									0
Parcours amélioré	sec									0
Olivier	sec	1.25								
Fruitier	Irrigué	1.25								
Acacia	Irrigué	1.25								



Tableau : Temps de travaux en nombre de jours par hectare pour la récolte

Culture	Surface	Saison	Récolte	Battage	Traitement	Binage	Irrigation	Taille coupe
Blé dur, Orge	Sec	Eté	8	2				
Vesce	Sec	Printemps	10	1				
Blé dur, Orge	Irrigué	Automne					3	
Blé dur, Orge	Irrigué	Hiver					1	
Blé dur, Orge	Irrigué	Printemps					4	
Blé dur, Orge	Irrigué	Eté	14	2				
Avoine	Irrigué	Automne					3	
Avoine	Irrigué	Hiver					1	
Avoine	Irrigué	Printemps	8	2			3	
Sorgho	Irrigué	Eté	8				5	
Tomate	Irrigué	Printemps				2	1	
Tomate	Irrigué	Eté	22	4	2	2	10	
Curcubitacée	Irrigué	Printemps				2	1	
Curcubitacée	Irrigué	Eté	10	2	2	4	10	
Olivier	Sec	Automne	7					
Olivier	Sec	Hiver						3
Olivier	Irrigué	Automne	10				4	
Olivier	Irrigué	Hiver						5
Fruitier	Irrigué	Automne	20			8	4	
Fruitier	Irrigué	Hiver			2			10
Fruitier	Irrigué	Printemps			2	6	6	
Fruitier	Irrigué	Eté					12	
Acacia	Irrigué	Automne						2
Acacia	Irrigué	Hiver						2
Acacia	Irrigué	Printemps						2
Acacia	Irrigué	Eté						
Cactus	Sec		25					
Cactus fruit	sec	Eté	15					2

Les temps de travail relatif aux petits ruminants ont été estimés à partir des besoins de main d'œuvre par taille de troupeau. On suppose qu'il faut un plein temps pour un troupeau de plus de 100 têtes, deux tiers de temps pour un troupeau entre 50 et 100 têtes et enfin un mi temps pour un troupeau de moins de 50 têtes. En moyenne on compte 0.89 jours par tête et par saison (trois mois) pour les ovins et 0.79 pour les caprins. Pour les bovins, on compte en moyenne 12 jours par saison (soit 2 heures/jour/vache).

Les besoins en travail sur les activités culturelles et l'élevage bovin sont couverts par le travail familial et le recours à des salariés occasionnels alors que le travail relatifs aux petits ruminants dépend des actifs familiaux et du recours à un berger. Dans la communauté, le paiement du berger comprend une partie en nature (1 agnelle + 1 quintal de blé+1 quintal d'orge pour 10 brebis) et une partie en monnaie (30 DT par mois). On suppose dès lors un salaire journalier de 1 DT et 0,04 DT par brebis gardé et par jour.

Le travail de taille que ce soit pour l'olivier ou les fruitiers demandent de la main d'œuvre formée, qu'elle soit familiale ou salarié. Sans données réelles sur les opportunités de travail extérieur, on a estimé à partir des revenus extérieurs que les possibilités de travail ne pouvaient excéder un tiers de la disponibilité du travail familial. Le prix de location de la main d'œuvre comme de valorisation de la main d'œuvre familiale à l'extérieur varie selon le genre et le degré de formation.

### II.1.2.2. La contrainte d'irrigation et couverture des besoins en fumure

Au stade actuel on suppose des besoins fixes d'irrigation et de matière organique par culture sur le périmètre irrigué, estimés à partir des données d'enquête.

Cultures	Saison fumure	de Qt fumure (en kg/ha)	Besoins en irrigation (heure/ha)			
			Automne	Hiver	Printemps	Eté
Blé dur	Automne	1000	13.3	4.4	17.7	
Orge	Automne	900	12.18	4.1	16.25	
Avoine	Automne	1300	16.5	5.5	16.5	
Sorgho	Printemps	1300				45
Tomate	Printemps	700			7.1	70.5
Curcubitacée	Printemps	700			7.1	70.5
Olivier en sec	Hiver	1200				
Olivier	Hiver	2250	10			
Fruitier	Hiver	2000	14		21	42
Acacia	Hiver	0				

Les besoins de fumure sont couverts par la fumure produites sur l'exploitation et les achats de fumure. D'après P. Lhoste, on suppose qu'un petit ruminant de 25 kg excrète 170 kg de MS par an dont 40% sont mobilisables pour les animaux élevés et 80% pour les animaux engraisés qui restent en enclos.

### II.1.2.3. Les contraintes financières et de trésorerie

**Les revenus fonciers :** ces revenus proviennent des terres en propriété données en association à d'autres agents économiques. Ils dépendent du nombre d'hectares cédés optimisés par le modèle et de la forme du contrat, paramètre exogène.

On suppose que chaque année :

- 1) les producteurs peuvent remettre en cause les contrats d'association les années suivantes, qu'ils soient oraux ou écrits.
- 2) Sur les terres en sec en association, le propriétaire reçoit un tiers de la production et tous les coûts de production sont à la charge du métayer
- 3) Sur les terres en irrigué en association, les produits comme les coûts de production (à l'exception de la main d'oeuvre) sont partagés entre le propriétaire et le métayer

**Les charges financières :** On suppose deux types de crédit de court terme : le crédit bancaire et le crédit informel auprès des amis ou de la famille. Ces crédits réalisés auprès des amis sont des crédits annuels qui sont systématiquement remboursés un an après. Le crédit auprès des amis est limité au niveau communautaire et n'excède pas 1500 DT sur l'année. Le crédit bancaire est très difficile pour les exploitations qui ne bénéficient pas d'irrigation. Et bien souvent ces crédits aident à financer les frais engagés à la mise en culture sur les parcelles irriguées. Ainsi on suppose que le crédit bancaire de court terme est plafonné à 300 DT/ha pour le maraîchage et 80 DT/ha sur les cultures céréalières. Il s'agit d'un crédit de campagne automatiquement remboursé en été, au moment de la récolte et de la vente des produits agricoles. Le taux d'intérêt annuel est de 6% pour le crédit bancaire.

Le crédit de moyen terme (5 ans) est très rares et il est alloué uniquement pour financer des projets d'investissement (achat d'animaux, de terre ou encore de matériel d'irrigation). Pour avoir l'autorisation du crédit, on suppose qu'au moins 20% du montant de l'investissement est couvert par l'autofinancement et 20% par les subventions, à l'exception des investissements relatifs aux plantations de cactus, d'Atriplex et d'Acacia qui sont entièrement subventionnés. L'autofinancement provient de l'épargne accumulées par les exploitants chaque année. L'épargne est formée par les surplus réalisés en fin d'année et la décapitalisation d'animaux en vue d'un investissement à venir. Le crédit de moyen terme est remboursé annuellement (un cinquième du montant emprunté plus les intérêts).

**Les revenus financiers** : L'épargne est rémunérée au taux de 3% et entre dans les revenu financier. Par contre, les prêts effectués au sein de la communauté sont non rémunérées et on suppose un taux de dépréciation élevé de 3%

### Contraintes de trésorerie

Les dépenses d'exploitation sont l'ensemble des dépenses d'exploitation variables sur les activités de l'exploitation. On enlève des dépenses l'achat des animaux dans un objectif de capitalisation qui seront financés en partie par l'épargne.

DEPENSE<sub>ex,s</sub> =

$$\begin{aligned}
 & \sum_{Ca,ex,tech} TERCA_{ca,ex,tech,ex,s} * (COUTCUL_{Ca,tech,s} * DATEop_{tech,s} + Fumu_{csa,s} * Px_{Fum} + trait_{ca}) \\
 & \sum_{Cp,tech,age} TERPL_{cp,age,ex,s} * (COUTCUL_{Cp,tech,s} * DATEop_{tech,s} + Fumu_{cp,s} * Px_{Fum} + trait_{cp}) \\
 & + \sum_{tmo,mo} MOSAL_{mo,tmo,s} * Px_{MO}_{mo,tmo} + BERGER * 3000/4 \\
 & + \sum_{ani} ACHATANI_{ani,s} * Px_{ANI}_{ani,s} * 1,05 \\
 & + \sum_{C,product} ACHATALIM_{c,produit,s} * Px_{Produit}_{c,produit,s} * 1.15 \\
 & + \sum_{Concani} ACHATCOMP_{concani,s} * Px_{Feed}_{concani,s} \\
 & + LOCINS * Px_{locs} + LOCINI * Px_{loci} \\
 & + DEPFAMI_{s,ex} \\
 & + COUT_{IR}_{s,ex} \\
 & + 0.75 * EFF_{ani,'S1',ex} \\
 & + 0.75 * EFF_{ani,'S4',ex} \\
 & + 30 * (EFF_{vache,'S,ex'}) / 4 \\
 & + \sum_{Cp,tech,age} TERPL_{cp,tech,age,ex} * PLANTCOUT_{Cp,tech,age} \\
 & + \sum_{Cp,tech,age} ARRACH_{cp,tech,age,ex} * ARRACOUT_{Cp,tech,age} \\
 & - \sum_{ani} CAPITA_{ani,s} * Px_{ANI}_{ani,s} * 1,05
 \end{aligned}$$

avec:

TERCA<sub>ca,ex,tech,ex,s</sub>: Terres cultivées avec des cultures annuelles (sec/irrigué)

COUTCUL<sub>Ca,tech,s</sub>: Cout des cultures fonction de l'itinéraire

DATEop<sub>tech,s</sub>: Date des operations techniques

Fumu<sub>csa,s</sub>: Quantité de fumier nécessaire

Px<sub>Fum</sub>: Prix du fumier

Trait: Prix des traitement par culture en irrigué

TERPL<sub>cp,age,ex,s</sub>: surface plantée (sec/irrigué)

MOSAL<sub>mo,tmo,s</sub>: Quantité de main d'oeuvre occasionnels louée

Px<sub>MO</sub><sub>mo,tmo</sub>: prix de la main d'oeuvre

BERGER: quantité d'heures de gardiennage pour le troupeau de petit ruminant

ACHATANI<sub>ani,s</sub>: Achat d'animaux

Px<sub>ANI</sub><sub>ani,s</sub>: prix des animaux achetés

ACHATALIM<sub>c,produit,s</sub>: quantité de produits alimentaires achetés pour les animaux

Px<sub>Produit</sub><sub>c,produit,s</sub>: Prix des produits alimentaires achetés pour les animaux

ACHATCOMP<sub>concani,s</sub> : Quantité de compléments achetés  
 PxFeed<sub>concani,s</sub> : Prix des compléments  
 LOCINS : surface louée en sec  
 Pxlocs : prix de la location des surfaces en sec  
 LOCINI : surface louée en irrigué  
 PxlocI : prix de la location des surfaces en irrigué  
 DEPFAMI<sub>s,ex</sub> : dépenses familiales  
 COUT\_IR<sub>s,ex</sub> : Cout d'irrigation  
 EFF<sub>ani,'S1',ex</sub> : Effectif animaux  
 PLANTCOUT<sub>Cp, tech,age</sub> : Coût de plantation (Hors investissement de la 1<sup>er</sup> année)  
 ARRACH<sub>Cp,tech,age,ex</sub> : Surface de plantations arrachée  
 ARRACOUT<sub>Cp, tech,age</sub> : Coût de l'arrachage

A l'instar de l'équation des dépenses, on écrit l'équation des recettes liées à la vente des produits et des services sur l'exploitation. On déduit des recettes la vente des animaux (EPAex) en vue de réaliser un investissement.

$$\begin{aligned}
 \text{RECETTE}_{\text{Ex},s,\text{Ye}} = & \sum_{C,\text{produit},s} [\text{VENTALIM}_{C,\text{produit},s} * \text{PxProduct}_{C,\text{produit},s} * 0.95 \\
 & + \text{LOCOUTS} * \text{Pxlocs} + \text{LOCOUTI} * \text{Pxloci} \\
 & + \sum_{\text{Ani},s} \text{VENTANI}_{\text{ani},s} * \text{PRIXANI}_{\text{ani},s} \\
 & + \sum_{\text{mo},\text{tmo},s} \text{VENTMOF}_{\text{mo},\text{tmo},s} * \text{pxmo}_{\text{mo},\text{tmo}} \\
 & + \sum_{\text{Ani},s} \text{EPAex}_{\text{ani},s} * \text{PRIXANI}_{\text{ani},s}
 \end{aligned}$$

Avec :

VENTALIM<sub>C,produit,s</sub> : vente des produits agricoles  
 PxProduct<sub>C,produit,s</sub> : prix de vente des produit en fonction des saisons  
 LOCOUTS : Surface en sec données en location  
 Pxlocs : prix de la location de surfaces en sec  
 LOCOUTI : Surface en irrigué données en location  
 Pxloci : prix de la location de surfaces irriguées  
 VENTANI<sub>ani,s</sub> : vente d'animaux par catégorie  
 PRIXANI<sub>ani,s</sub> : prix des animaux par saison  
 VENTMOF<sub>mo,tmo,s</sub> : vente de jours de travail familial (par genre, degree de formation)  
 pxmo<sub>mo,tmo</sub> : prix de la main d'oeuvre

### BILAN : La trésorerie

$$\begin{aligned}
 \text{SOLde}_{\text{ex},s} = & \text{RECETTE}_{\text{ex},s} + \text{REVEXT}_{\text{ex},s}/4 + \text{Solde}_{\text{ex},s-1} \\
 & + (\text{CREDCT}_{\text{ex},s}/3) + \sum_{\text{oxf}} \text{Credami}_{\text{ex},\text{ox},s} + \text{Rembpreta}_{\text{ex},s} \\
 & - \text{DEPENSE}_{\text{ex},s} \\
 & - \text{CREDCT}_{\text{ex},s} * (1 + \text{TxCT}) \\
 & - \sum_{\text{oxf}} \text{Preta}_{\text{ex},\text{ox},s} - \text{Rembami}_{\text{ex},\text{ox},s}
 \end{aligned}$$

Avec :

SOLde<sub>ex,s</sub> : Solde de trésorerie de fin de saison  
 RECETTE<sub>ex,s</sub> : Total recettes agricoles

REVEXT<sub>ex,s</sub>: Revenu extérieur  
 Solde<sub>ex,s-1</sub>: solde de la trésorerie de la saison précédente  
 CREDCT<sub>ex,s</sub>: Crédit de court terme  
 Credami<sub>ex,ox,s</sub>: Crédit ami  
 Rembpret<sub>ex,s</sub>: Remboursement des prêts amis  
 DEPENSE<sub>ex,s</sub>: dépenses exploitation  
 CREDCT<sub>ex,s</sub>: Crédit court terme  
 Preta<sub>ex,ox,s</sub>: prêt aux amis  
 Rembami<sub>ex,ox,s</sub>: remboursement des crédits effectués auprès des amis

## II.1.3 Formulation de la fonction objectif et prise en compte du risque

### II.1.3.1 La fonction objectif sans risque

Dans un premier temps, on suppose que les éleveurs maximisent une fonction objectif proche du revenu net actualisé sur 5 ans, auquel on ajoute la valeur de l'augmentation de la productivité numérique animale (augmentation du produit brut des animaux présents) et la variation des stocks de denrées alimentaires non vendus. Donc cette fonction tient compte du revenu dont une partie servira à la reproduction du système d'exploitation (y compris de la force de travail), une autre à l'augmentation de la trésorerie et à la consommation. En outre si la productivité monétaire des animaux reproducteurs est nulle, on rajoute le patrimoine cheptel et plantation dans la fonction objectif pour tenir compte du souci des éleveurs d'accroître leur capital, seul garant d'une amélioration de leur revenu les années futures mais aussi sorte d'épargne sur pieds que soit des animaux ou des cultures pérennes. Cette fonction est bien sûr contestable : les agriculteurs intègrent de nombreux facteurs sociaux dans leurs objectifs de production difficiles à prendre en compte.

A partir des anticipations sur les prix et les aides futures et des moyens de production disponibles, on suppose que l'éleveur choisit son système cultural et animal sur l'horizon de planification dans l'objectif de maximiser son revenu et son capital. Les prix anticipés sont fonction de la variabilité des prix observés les années passées et de l'anticipation de la succession d'année à venir (% année bonne, normale, mauvaise ).

**Maximiser :**

$$U = \sum_{ex,ye} NBRE_{ex} * \left\{ \frac{(Cons_{ex,ye} + CAF_{ex,ye})}{(1+ta)^{Ye}} - CumulMT_{ex,an5} + \sum_{cp,tech,age} [TERPL_{cp,tech,age} * Venal_{cp,tech,age}] + \sum_{adult} Eff_{adult,S4,an5} \right\}$$

Avec:

U : l'objectif à maximiser

Nbre<sub>ex</sub> : le nombre d'exploitation par groupe

Cons : Consommation familiale

CAF : Capacité d'autofinancement

Ta : taux d'actualisation

CumulMT : les emprunts de moyen terme non remboursés

TERPL\*Venal : Capital plantation estimé à sa valeur vénale (cad prix de vente)

Eff : effectif des animaux reproducteurs estimés à la valeur vénale

Le consommation et la capacité d'autofinancement est le revenu annuel d'exploitation (Rev) qui s'écrit :

**REV<sub>Ex,Ye</sub> =**

$$\sum_{C,produit,s} [VENTALIM_{c,produit,s} * PxProduct_{c,produit,s} * 0.95]$$

$$\begin{aligned}
& + \text{LOCOUTS} * \text{Pxlocs} + \text{LOCOUTI} * \text{Pxloci} \\
& + \sum_{\text{Ani},s} \text{VENTANI}_{\text{ani},s} * \text{PRIXANI}_{\text{ani},s} \\
& + \sum_{\text{mo},\text{tmo},s} \text{VENTMOF}_{\text{mo},\text{tmo},s} * \text{pxmo}_{\text{mo},\text{tmo}} \\
& + \sum_s \text{CONSFAMI}_{\text{BD}',\text{'Grain}',s} * \text{PxProduct}_{\text{BD}',\text{'grain}',s} \\
& + \sum_{c,\text{product},s} [\text{STOCKFIN}_{c,\text{produit},\text{'S4'}} - \text{STOCKINI}_{c,\text{produit},\text{'S1'}}] * \text{PxProduct}_{c,\text{produit},\text{'S4'}} * 0.9 \\
& + \sum_{\text{Ani},s} \text{VAR\_ANI}_{\text{ani}} \\
& - \sum_{\text{Cp},\text{tech},\text{age}} \text{TERPL}_{\text{cp},\text{tech},\text{age},\text{ex}} * \text{PLANTCOUT}_{\text{Cp},\text{tech},\text{age}} \\
& - \sum_{\text{Cp},\text{tech},\text{age}} \text{ARRACH}_{\text{cp},\text{tech},\text{age},\text{ex}} * \text{ARRACOUT}_{\text{Cp},\text{tech},\text{age}} \\
& - \sum_s \text{DEPENSE}_s - \text{DEP\_FAMI}_s \\
& + \text{CREDMT} + \text{SUBV} + \text{AUTOFI} \\
& - \text{CREDCT}_{\text{'S4'}} * \text{TxCt} - \text{REMBMT} \\
& - \text{DEP\_INVEST} \\
& + \text{SURPLUS}_{\text{'S4'}} \\
& + 0.5 * \text{SOLDE}(\text{'S4'}, \text{'ye5'}) \\
& + \text{REVEXT} \\
& + \text{CUMULCAF} * 0.03
\end{aligned}$$

**avec :**

**VENTALIM**<sub>c,produit,s</sub> : vente des produits agricoles  
**PxProduct**<sub>c,produit,s</sub> : prix de vente des produit en fonction des saisons  
**LOCOUTS** : Surface en sec données en location  
**Pxlocs** : prix de la location de surfaces en sec  
**LOCOUTI** : Surface en irrigué données en location  
**Pxloci** : prix de la location de surfaces irriguées  
**VENTANI**<sub>ani,s</sub> : vente d'animaux par catégorie  
**PRIXANI**<sub>ani,s</sub> : prix des animaux par saison  
**VENTMOF**<sub>mo,tmo,s</sub> : vente de jours de travail familial (par genre, degré de formation)  
**pxmo**<sub>mo,tmo</sub> : prix de la main d'oeuvre  
**CONSFAMI**<sub>BD',\text{'Grain'},s</sub> : Auto Consommation familiale en blé dur  
**STOCKFIN**<sub>c,produit,\text{'S4'}</sub> : Stock final de produits agricoles stockables  
**STOCKINI**<sub>c,produit,\text{'S1'}</sub> : Stock initial de produits agricoles stockables  
**VAR\\_ANI**<sub>ani</sub> : Variation de stocks d'animaux  
**TERPL**<sub>cp,tech,age,ex</sub> : Superficie de terres plantées  
**PLANTCOUT** : Coût de plantation  
**ARRACH**<sub>cp,tech,age,ex</sub> : Superficie arrachées  
**ARRACOUT**<sub>Cp,tech,age</sub> : Coût d'arrachage  
**DEPENSE**<sub>s</sub> : dépenses d'exploitation  
**DEP\\_FAMI**<sub>s</sub> : dépenses familiales incompressibles (Alimentation, santé, scolarité)  
**CREDMT** : credit moyen terme  
**SUBV** : subvention d'exploitation  
**CREDCT**<sub>\text{'S4'}</sub> \* **TxCt** : intérêt sur le credit court terme  
**REMBMT** : remboursement (principal+intérêt) des credits moyen terme  
**AUTOFI** : autofinancement  
**SURPLUS**<sub>\text{'S4'}</sub> : surplus de fin d'année qui sera consommé ou épargné  
**SOLDE**<sub>\text{'S4'},\text{'ye5'}</sub> : Solde de dernière année  
**CUMULCAF** : taux d'intérêt sur l'épargne réalisée

REVEXT: revenu extérieur fixe par groupe d'exploitation  
 DEP\_INVEST: achat animaux+terre+plantations

### II.1.3.2 La fonction objectif avec risque

Le risque ou l'incertitude joue un rôle capital dans la prise de décision du producteur, il modifie profondément le comportement du sujet économique. Comme l'indiquent Hazell et Norton (1986), « ignorer le comportement d'aversion au risque dans les modèles d'exploitations amène souvent à des résultats qui sont inacceptables pour l'exploitant ou qui ont très peu de relations avec les décisions que (le producteur) prendra ».

En agriculture, le risque est omniprésent : risque climatique, risque technique et risque économique se combinent ou se juxtaposent et expliquent bien souvent les écarts entre décision optimale et décision réelle. Plusieurs modèles de risque ont été développés : *Safety first* , Target MOTAD, stochastique discret, espérance – variance, espérance - écart type, MOTAD (voir Hazell et Norton, 1986), pour approcher les décisions des producteurs en situation de risque.

Dans un premier temps, nous avons retenu la méthode classique Target Motad, formulée par Tauer (1983), qui a l'avantage d'être simple d'utilisation et qui donne des solutions dominantes au premier et second degré de stochasticité. Cette méthode dont la formalisation mathématique a l'avantage de maintenir la linéarité, suppose que l'agriculteur maximise son revenu espéré sous contrainte de ne pas dépasser un maximum de déviations par rapport à l'objectif de revenu  $Z_0$ , qu'il définit à l'avance (qui peut être le revenu minimum de survie ou le revenu seuil que se fixe le producteur pour éviter toute catastrophe). Elle consiste donc à maximiser non plus la somme de revenu espéré et de capital mais plutôt une fonction d'utilité espérée  $U_{HP}$  qui est définie comme une combinaison linéaire du risque, du revenu net espéré et du capital.

$$\mathbf{Max} : U_{HP} = \left[ \sum_{n=1}^{nf=5} \frac{\bar{Z}_n - \phi \lambda_n}{(1 + \tau)^{n-1}} \right] + \left[ \frac{K_{nf}}{(1 + \tau)^{nf-1}} \right] \quad n \in [1 \dots 5] : \text{années}$$

Avec:

- $\lambda_n$  : la somme des écarts négatifs ;
- $\phi$  : coefficient d'aversion au risque ;
- $U_{HP}$  : utilité espérée par horizon de planification.

Le coefficient d'aversion au risque ( $\phi$ ) peut s'interpréter comme le taux de substitution ou d'arbitrage entre revenu espéré et la somme des écarts négatifs ( $\lambda_n$ ). Il varie selon l'attitude des agriculteurs : il est plus fort en cas d'aversion pour le risque et moins fort en cas d'une attitude plus « preneuse » de risque. Il est généralement calibré l'année de base et reste inchangé au cours des simulations.

Le niveau de risque ( $\lambda_n$ ), qui est calculé d'une façon endogène, correspond à la somme sur les différents états de la nature  $v$  (conditions climatiques, niveaux des primes et des prix ) des écarts négatifs à l'objectif de revenu  $Z_0$  fixé par les producteurs :

$$Z_0 - \bar{Z}_n - Z_{n,v}^- \leq 0$$

$$\lambda_n = \sum_v P_v Z_{n,v}^-$$

Avec:

- $Z_{n,v}^-$  : l'écart négatif à l'objectif de revenu  $Z_0$  du scénario  $v$
- $Z_0$  : l'objectif de revenu que se fixe l'agriculteur

- $v$  : scénario aléatoire (dans notre modèle défini par la variabilité des rendements des cultures et d'anticipations sur la variabilité des prix et des primes)
- $P_v$  : la probabilité d'occurrence du scénario  $v$
- $\lambda_n$  : la somme des écarts négatifs

Ainsi on définit dans le modèle de Zoghmar quatre états de la nature qui correspondent à quatre grands types d'années climatiques (bonne, moyenne, mauvaise et sèche) avec une probabilité d'occurrence de chaque état de nature, estimée selon les observations climatiques des 10 dernières années. Pour chaque état de la nature, est calculé le revenu espéré, nommé  $TOTREVR_{o_{ex,etat}}$  où  $etat$  représente les états de la nature. Les états de la nature font varier les rendements sur les cultures, les prix de vente des aliments et les prix d'achat et de vente des animaux ainsi que la valeur des stocks. Si les prix sur les grains de céréales sont relativement stables du fait de l'intervention de l'Etat, les prix sur les sous produits tels que la paille ou le foin peuvent enregistrer des augmentations de plus de 50% en année sèche alors que le prix des animaux peut chuter de 30%.

On suppose que les producteurs décident leur plan de production de façon à ne pas descendre en dessous d'un revenu seuil, appelé aussi revenu minimum, qui pourrait mettre en péril la reproductibilité de l'exploitation. On écrit :

$$TOTREVR_{o_{ex,etat}} + ECART_{ex,etat} > TARGET_{ex} \text{ avec } TARGET_{ex} : \text{revenu minimum}$$

$$\text{Et } \sum_{etat} [ECART_{ex,etat} * PROBA_{etat}] < LAMBDA_{ex} * TARGET_{ex}$$

Avec :  $LAMBDA_{ex}$  : attitude vis à vis du risque

Ainsi on suppose que la principale source de variabilité est liée au climat et que les producteurs modèrent ou ajustent leur décision en fonction de cette variabilité.

#### II.1.4. Formulation des contraintes de multipériodicité

Le terme multipériodique signifie qu'on définit une situation initiale de référence et on choisit des plans de production pour les périodes à venir, en tenant compte de toute l'information disponible sur le futur, à savoir les anticipations sur les prix, les subventions, les rendements, etc. Le critère de choix de la longueur de l'horizon de planification, qui est de cinq années, est lié ici au type de production dont le processus s'étale dans le temps.

La formulation de ces types de contraintes de programmation consiste à écrire toutes les relations qui limitent le choix des valeurs possibles des variables de décision. Cette formulation traduit la concurrence qui existe entre plusieurs activités ou variables pour l'emploi d'une ressource limitée ainsi que l'influence du choix d'un certain plan de production d'une année sur l'année qui suit.

##### II.1.4.1. Facteur terre : contrainte occupation du sol

Avec cette contrainte, notre objectif est de limiter, pour chaque campagne agricole (Sept. A sept.), la somme des superficies consacrées aux différentes activités de production à une superficie inférieure ou égale à la disponibilité en terre labourable. Les terres cultivables sur les parcelles en sec en propriété sont formées par les terres cultivées l'année précédente, plus les terres achetées et cultivables et les terres défrichées, moins les terres vendues, les terres plantées et les terres données en association ou location. L'assolement total comprend aussi les terres prises en location à l'extérieur de la communauté ou en association à l'intérieur de la communauté. Seules les plantations de cactus de plus de 5 ans et les plantations d'olivier de plus de 10 ans peuvent être défrichées pour être cultivées.

Sur les parcelles du périmètre irriguées, il s'agit des mêmes contraintes bien que les terres en location représente moins de 4 ha pour toute la communauté.



Les terres en plantation sont les terres plantées l'année précédente, moins les terres reconverties en culture, plus les terres nouvellement plantées. Pour l'ensemble des plantations (cactus, olivier, fruitier, acacia), l'aire plantée est découpée par âge de plantation.

On suppose que toutes les décisions de plantation ou d'arrachage sur les plantations se prennent en Automne au moment des choix de culture sur les terres labourables. Et les décisions d'arrachage ne se font que sur les plantations de plus de 5 ans d'âge pour le cactus et de plus de 10 ans pour les autres plantations.

#### **II.1.4.2. Facteur travail : contrainte de main-d'œuvre**

Du fait du caractère saisonnier de l'activité agricole, la contrainte de travail doit s'écrire non seulement pour chaque type de travail, mais aussi pour chaque période de l'année susceptible de devenir un goulot d'étranglement pour l'utilisation de ce facteur. Ceci entraîne de nombreuses conséquences pour l'évaluation du coût d'opportunité des inputs agricoles (Boussard J.M., 1987). Le manque de main-d'œuvre permanente, d'une part, et l'existence d'un caractère saisonnier des activités agricoles, d'autre part, peuvent conduire les agriculteurs à recruter de la main-d'œuvre occasionnelle pour accomplir certains travaux.

Pour formuler cette contrainte, nous avons supposé que, pour chaque période, la somme des besoins en main-d'œuvre de chaque activité ne devrait pas dépasser les ressources en main-d'œuvre disponibles pendant cette période aidée par des employés saisonniers si besoin et ôtées des ressources en main d'œuvre cédées à l'extérieur.

En effet, la main d'œuvre familiale, au sein d'une exploitation agricole, peut être utilisée de deux manières différentes : soit pour réaliser les travaux agricoles au sein de cette exploitation et sa rétribution est comprise dans le bénéfice global de l'exploitation, soit pour travailler hors de l'exploitation, en cas de non besoin pour cette dernière et dans la limite de la demande extérieure. Le travail extérieur est limité à un tiers du disponible familial qui correspond à la part de revenu **de l'émigration ou encore d'exode rural**.

On distingue la main d'œuvre formée et non formée pour les opérations de taille. Si la main d'œuvre formée peut réaliser toutes les opérations, la main d'œuvre non formée ne peut réaliser les opérations de taille. Le gardiennage des petits ruminants ne peut être assuré que par la main d'œuvre familiale ou le berger.

#### **II.1.4.3. Facteur capital : contrainte de traction mécanique**

Dans la communauté de Zoghmar, seulement deux exploitants possèdent un tracteur. Et les récoltes de céréales ne sont réalisées **qu'une année sur deux** en fonction des rendements. Dès lors on suppose que tout le travail mécanisé est réalisé sur le marché de la location et il est compris dans les coûts variables.

#### **II.1.4.4. Contraintes relatives à l'élevage**

Les principales contraintes relatives à l'élevage sont la dynamique du troupeau et la couverture des besoins nutritionnels en énergie, protéine et matière sèche. Dans la communauté étudiée, la plupart des troupeaux sont maintenus dans un enclos à l'air libre la nuit. Le jour ils sont conduits sur les aires de pâturage. Dès lors il n'existe pas de bâtiments à proprement parlé.

Les effectifs se raisonnent période par période, ce qui permet de suivre très précisément leur évolution en fonction des naissances, des ventes/achats et des changements de catégories. Cependant, vu la multiplicité des équations expliquant l'évolution des effectifs pour chacune des catégories d'animaux, nous avons préféré synthétiser la dynamique sous forme graphique, sachant qu'on détaille toutes les équations dans le programme GAMS dans la partie des annexes.

### **(1) Contrainte de reproduction**

Compte tenu de la structure des troupeaux sur la communauté, on suppose que les éleveurs maintiennent en moyenne 1 bélier pour moins de 40 brebis.

### **(2) Contrainte de réforme**

A Zoghmar, la réforme n'est pas encore une opération « formalisée » dans le sens où les agropasteurs maintiennent les femelles tant qu'elles sont productives. Dans le modèle, on suppose que la vente des femelles de reproduction en-deçà de 20% de l'effectif correspond au renouvellement ; au-delà de 20%, il s'agit soit d'une décapitalisation pour couvrir des dépenses urgentes soit d'un capital pour assurer des investissements de moyen et long terme. Lorsqu'il s'agit d'une décapitalisation, les éleveurs vendent généralement à un prix inférieur à ceux qu'il aurait pu vendre du fait de la précipitation. Aussi on applique un coefficient 80%

### **(3) Contrainte de renouvellement**

On suppose que les antenaises ou les chevrettes de plus de 15 mois sur l'exploitation sont entièrement gardées pour assurer le renouvellement du troupeau reproducteur.

### **(4) Dynamique du troupeau**

- **Pour les animaux adultes**

Les effectifs d'animaux adultes (males ou femelles) par période sont égaux aux animaux de la période précédente moins les animaux morts (taux de mortalité), les animaux réformés et les adultes vendus. L'augmentation du troupeau adulte se fait par les jeunes animaux de remplacement ou par l'achat d'anténais(es) ou chevreaux (chevrettes).

- **Pour les animaux de 6 mois à 12 mois**

L'effectif des animaux de 6 mois, 9 mois et 12 mois sont égaux aux effectifs des animaux respectivement de 3 mois, 6 mois et 9 mois la saison d'avant, diminués du taux de mortalité et des ventes de fin de la période précédente, plus les achats des animaux en début de saison. En d'autres termes, les achats pour chaque catégorie d'animaux sont réalisés en début de période alors que les ventes sont réalisées en fin de période et les recettes sont comptées dans la saison qui suit.

Les agneaux de 3 à 6 mois en hiver peuvent être cédés à l'atelier d'engraissement au printemps. Il s'agit donc d'un capital immobilisé jusqu'au prochain l'Aïd.

- **Pour les animaux de 3 mois**

Les animaux de 3 mois sont exclusivement constitués des animaux nés sur l'exploitation. On suppose qu'il n'existe pas d'achat ou de vente d'animaux de moins de 3 mois. Seuls les veaux ou velles peuvent être achetées et ce pour valoriser le lait des vaches présentes.

Compte tenu du calendrier des mises bas dans la communauté, et notamment des pics d'agnelage en automne (80% des agnelages) et printemps (20% des agnelages), on distingue la dynamique des jeunes dits « printemps » (qui seront des agneaux de 3-6 mois en été) et la dynamique des jeunes dits « automne » (qui seront des agneaux de 3-6 mois en hiver pour le grand l'Eïd).

Tableau : dynamique des animaux nés en Automne

Automne	Hiver	Printemps	Eté
Agneau(elle)03			
	Agneau(elle)06		
		Antenais(e)09	
			Antenais(e)12
Antenais(e)15			
	Antenais(e)18		
		Male(Brebis)	

Tableau : dynamique des animaux nés au Printemps

Automne	Hiver	Printemps	Eté
		Agneau(elle)03	
			Agneau(elle)06
Antenais(e)09			
	Antenais(e)12		
		Antenais(e)15	
			Antenais(e)18
Male(Brebis)			

#### II.1.4.5. Contrainte trésorerie

La contrainte de trésorerie présente une spécificité particulière qui se manifeste par la présence de deux types de trésoreries : une trésorerie de la période et une trésorerie de début de l'année.

Le solde de trésorerie de la période précédente, majoré des rentrées monétaires de la période et diminué des déboursements périodiques, donne l'état de la trésorerie de la période en cours.

##### **Solde de trésorerie de la période**

Dépenses périodiques : charges opérationnelles, location de terre, location main d'œuvre, intérêts payés, remboursements emprunts.	Solde de trésorerie de la période précédente
<b>Solde de trésorerie périodique</b>	Recettes périodiques : ventes, location de terre, location main d'oeuvre, emprunts périodiques, intérêts perçus et revenus extérieurs

La trésorerie du début de l'année correspond à la trésorerie de la fin de l'année précédente, diminuée des annuités de remboursement des emprunts restants et du surplus qui servira à la consommation familiale au-delà de la couverture de biens de première nécessité..

#### II.1.4.6. Contrainte liée à l'autoconsommation

On suppose que les besoins familiaux en grains de céréales sont couverts par la production de l'exploitation et les achats extérieurs.

$$\text{CONSFAM}('BD', 'Grain', \text{ex}, \text{s}) + \text{ACHATC}('BD', 'Grain', \text{ex}, \text{s}) > \text{Npers}(\text{ex}, \text{s}) * 0.200;$$

#### Conclusion

La récursivité nous permet d'approcher le processus séquentiel des décisions dans le temps : cad les décisions une saison donnée pour une année donnée auront des répercussions sur les autres périodes et les autres années. L'exemple le plus simple est l'achat de femelles reproductrices : quand un éleveur achète une brebis, c'est une bouche supplémentaire les périodes suivantes mais aussi un bénéfice en

fonction de son taux de fécondité. L'assolement une année donnée aura des conséquences sur le systèmes d'alimentation l'année suivante. Il est vrai que le système d'alimentation dépendra aussi de paramètres aléatoires comme le climat de l'année précédente.

Dès lors l'année est insuffisante pour comprendre les décisions saisonnières des exploitants et l'on est bien dans un système de fonctionnement pluriannuel à savoir l'exploitant conduit son système au moins sur une période de 5 ans. En effet, la période reproductive des petits ruminants est au minimum de 4 ans ; les décisions d'investissement dans des plantations se fait sur des horizons parfois plus longs : 4 ans minimum pour le cactus et plus de 10 ans pour les plantations d'arbres fruitiers. Pour prendre en compte ces décisions pluriannuelles, on maximise la fonction objective sur les 5 ans à venir. Pour les plantations dont la durée de vie est supérieure à 5 ans, on tient compte de la valeur au delà de l'horizon de planification.

La récursivité notamment sur la trésorerie nous permet de prendre en compte le souci des exploitants de faire face aux besoins saisonniers et annuels du ménage et de l'exploitation.

Ainsi vient d'être décrit le modèle de fonctionnement d'une exploitation. On suppose que les producteurs compte tenu de la disponibilité en capital (terre ou animaux), travail et financier choisissent leur plan de production pour satisfaire une fonction de revenu sous des contraintes agronomiques, zootechniques, financières (possibilité d'accès au crédit), mais aussi de risque et ce compte tenu des prix espérés sur les produits et les intrants.

Cependant, dans ces systèmes agropastoraux, il est rare d'avoir des systèmes d'exploitation fermées : les animaux des autres membres de la communauté viennent pâturés sur l'ensemble des terres après la récolte ; les échanges de fourrages grossiers non stockables comme les chaumes, les raquettes de cactus, etc. sont généralement fonction des conditions d'offre et de demande au niveau communautaire ; les échanges de terres que ce soit pour la location ou l'association n'excèdent pas un certain périmètre. Ces contraintes exigent la prise en compte des modes de régulation de certains facteurs à l'échelle de la communauté.

## **II.2. Le modèle communautaire Zoghmar**

Outre les questions techniques de l'agrégation, le modèle agrégé pose une série de questions relatives aux rapports et interactions entre agents économiques et leur formalisation, le choix des variables à endogénéiser, le degré de désagrégation des produits (inputs, outputs), des facteurs, des régions, des types et dimensions d'exploitations, le traitement du temps.

Le modèle agrégé retenu est un modèle de maximisation de l'utilité espérée globale sous contraintes, selon les principes néoclassiques, auxquels sont ajoutées les contraintes individuelles et les contraintes de transferts entre les exploitations. L'originalité est donc la prise en compte simultanée des objectifs et contraintes particuliers (max de rev, attitude face au risque) et des contraintes et des objectifs agrégés.

Pour l'instant, compte tenu de l'hétérogénéité de la demande (demande transfrontalière), on ne tient pas compte de la demande et les prix restent exogènes. Les principales contraintes communautaires concernent les échanges en facteurs et les droits d'accès sur les parcours. Les principaux transfert entre les exploitations agricoles concernent essentiellement la terre et les produits non stockables.

### 1) Transfert de terre

Les échanges de terre dans la communauté sont réalisés sous des formes de contrats de métayage avec partage des intrants (fertilisants, semences, mécanisation) et des produits. En fait le prix de location du métayer correspond à son travail. Mais on distingue deux grands types de contrats qui correspondent respectivement aux parcelles en sec et aux parcelles irriguées. Sur les parcelles en sec, peu productives, généralement la rémunération de la terre est un tiers de la récolte alors que tous les intrants et facteurs travail sont à la charge du métayer. Ceci dit on a affaire sur ces parcelles à une gestion très extensive où les coûts se limitent principalement aux semences et au travail. Par contre sur les parcelles du périmètre irrigué, les formes de métayage sont plus des moyens de collaboration pour acquérir la maîtrise du processus de production. Ainsi les coûts des intrants et des produits sont

partagés à part égale entre métayer et propriétaire. En outre, il s'agit de système plus intensif en main d'oeuvre qui sera donc couvert par l'aide du métayer.

Mais dans les deux cas, la contrainte de possibilité de métayage au niveau de la communauté s'écrit :

$$\sum_{ox} NBR_{ex} * SUPASSOX_{c,tech,ex,ox} = \sum_{ox} NBR_{ox} * SUPASSODX_{c,tech,ox,ex}$$

avec :

SUPASSOX<sub>c,tech,ex,ox</sub> : Terres prises en métayage par les exploitations ex aux exploitations ox

SUPASSODX<sub>c,tech,ex,ox</sub> : Terres données en métayage par les exploitations ox aux exploitations ex

Nb<sub>ex</sub> : Nombre d'exploitation ex

Nb<sub>ox</sub> : Nombre d'exploitation ox

Ainsi la somme pondérée des terres pris en métayage doit être égale à la somme pondérée des terres données en métayage.

Par contre à l'extérieur de la communauté, les principaux contrats sont des contrats de fermage ou de location. Ici les terres prises en location sont limitées au montant total des terres louées l'année d'enquête.

$$\sum_{cultures,techno,ex} NBR_{ex} * LOCS_{c,tech,ex} < DISLOC_{edaph}$$

Dans le périmètre irrigué, les contrats de location restent cependant interne à la communauté ????

## 2) Contraintes d'échanges de ressources non stockables

Les ressources non stockables comme les chaumes ou les raquettes de cactus sont des biens difficilement transportables et qui relèvent d'un système extensif. Si les raquettes de cactus pourraient être échangées au niveau d'un marché, plusieurs freins existent au niveau de Zoghmar :

- Isolement de la communauté : Zoghmar ne bénéficie pas à ce jour de pistes faciles d'accès qui permettraient un trafic important ;
- Zoghmar est une communauté relativement isolée à l'intérieur de son Gouvernorat qui a bénéficié depuis deux décennies de soutien important en matière d'équipements d'irrigation et d'infrastructure. Dès lors les difficultés en période de sécheresse que subit Zoghmar ne sont pas partagés par les autres communautés du Gouvernorat ce qui freine l'échange de fourrages grossiers comme les raquettes.

Aussi les possibilités d'achat ou de vente des chaumes comme des raquettes sont bien souvent limitées au niveau communautaire. On suppose dès lors que les achats pour ces ressources sont limités par la mise à disposition des autres producteurs de la communauté.

$$\sum_{ex} NBR_{ex} * ACHAT\_NSTOCK_{c,produit,ex,period} < \sum_{ox} NBR_{ox} * VENT\_NSTOCK_{c,produit,ox,period}$$