



# THÈSE

Pour obtenir le grade de  
Docteur

Délivré par **Montpellier Sup'agro**

Préparée au sein de l'école doctorale EDEG  
Et de l'unité de recherche MOISA

Spécialité : **Economie**

Présentée par **Ahmed Ferchiou**

**Quelles mesures de relances pour l'agriculture  
familiale en zone aride : Evaluation intégrée par  
la modélisation bio économique des ménages  
agricoles de Sidi Bouzid**

Soutenue le 9/06/2017 devant le jury composé de

Mme Aude RIDIER, Maître de conférences, Agrocampus ouest

M. Abderraouf LAAJIMI, Professeur, ONAGRI

Marie-Josèphe AMIOT-CARLIN, Dir. de recherche, INRA Montpellier

Sophie Drogué, ingénieur d'études, Sup'agro Montpellier

Mme Florence JACQUET, Dir. de recherche, INRA Montpellier

M. Hatem BELHOUCLETTE, Enseignant chercheur, IAMM

Rapporteur

Rapporteur

Présidente du jury

Examinatrice

Directrice de thèse

Co-directeur de thèse



« L'université n'entend donner aucune probation ni improbation aux opinions émises dans cette thèse ; ces opinions doivent être considérés comme propres à leur auteur »

## **AVANT PROPOS**

La thèse a été réalisée au sein de l'UMR Moisa dans le cadre du projet MEDINA (ANR-12-TMED-0004). Elle a bénéficié d'un financement d'Agropolis Fondation et de l'ANR et d'un financement complémentaire du laboratoire LAMES. Le doctorant a été accueilli de septembre 2013 à décembre 2014 au Cirad-Lavalette Montpellier et à partir de Janvier 2015 au laboratoire d'accueil des doctorants LAMES à l'institut agronomique méditerranéen de Montpellier.

# REMERCIEMENTS

Au terme de cette thèse de doctorat qui aura duré près de 3 ans et demi et constitué un fil conducteur de cette tranche de ma vie; de nombreuses personnes se sont retrouvées, de manière fortuite ou non, dans ce parcours. Ce sont certaines de ces personnes que j'aimerais mettre en avant dans ces remerciements.

J'exprime tout d'abord mes vifs remerciements, à **Mme. Florence Jacquet**, ma directrice de thèse pour avoir cru en moi et en ce travail et pour m'avoir encouragé et offert ses judicieux conseils.

Ensuite, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance pour **M. Hatem Belhouchette** qui encadré de près ce travail. Merci Hatem de m'avoir accompagné pendant les quelques moments de faiblesse et d'avoir judicieusement orienté mon effort.

Je remercie Mme. **Aude Ridier** et M. **Abderaouf Laajimi** d'avoir accepté de participer à mon jury de thèse en tant que rapporteurs.

Je tiens également à remercier infiniment M. **Guillermo Flichman** pour son soutien et son aide précieuse durant ce travail.

Mes remerciements vont aussi à l'équipe du projet Medina. Merci à madame **Marie-Josèphe Amiot-Carlin**, coordinatrice du projet pour sa vision limpide et son ouverture scientifique. Un grand merci à madame **Sophie Drogué** et à monsieur **Pierre-Marie Bosc** pour leurs conseils et leur disponibilité.

Par ailleurs, ce travail n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide et l'accueil des différents acteurs de terrain. Merci aux agents de la CRDA et des CTV de Sidi Bouzid et je remercie particulièrement les agriculteurs que j'ai pu interroger. Un grand merci à madame **Jalila El Ati** pour son accueil dans les locaux de l'INNTA.

J'adresse de sincères remerciements à la famille de l'IAM de Montpellier : Isabelle, Virginie, Marie-Hélène, Cécile, Dominique, Raphaëlle, Mapie, Marie-Noëlle, Yves, etc. Merci de vous être rendus disponibles au besoin et de vos sourires généreux. Je remercie également madame **Hélène Ilbert** pour son écoute et ses encouragements. Et je tiens à remercier particulièrement **Zied Ahmed**, **Oussama Mghirbi** et **Fayçal Kefi**, je ne saurai dire pourquoi je vous remercie tellement vous m'aurez apporté.

Je remercie profondément mes amis qui m'ont soutenu et encouragés jusqu'au bout. Merci à Wael, Hamza<sup>2</sup>, Nehed, Mehdi<sup>2</sup>, Haithem, Hammouda, Lobna, Dali, Raouf, Islem, Yosr, Sarra, Asma... Je tiens également à remercier tout particulièrement et à témoigner toute ma reconnaissance à Mariem et Omar pour leur soutien.

Enfin, je remercie et exprime ma gratitude envers ma dulcinée. Merci d'avoir été présente et aimante durant cette période de ma vie, c'est ton sourire qui illuminé les voies les plus sombres dans lesquelles je me suis aventuré.

Ces remerciements ne peuvent s'achever, sans avoir exprimé ma reconnaissance éternelle envers mes professeurs de vie, l'avocat de mon être et le pilote de mon cœur. Papa, Maman, Amyne et Mehdi® ; je vous aime.

*Je dédie ce modeste travail à la mémoire de mes grands parents  
Bouraoui et Med Salah, reposez en paix !*

## RESUME

Les populations rurales dans les zones arides sont souvent confrontées à des pressions démographiques et climatiques qui impactent leur sécurité alimentaire, leurs revenus réels mais également les ressources naturelles. En réponse à ces pressions, la plupart des politiques agricoles de développement au niveau de ces zones ont été basées sur l'intensification de l'agriculture. Aujourd'hui; plusieurs partis se mobilisent pour trouver d'autres alternatives plus durables. L'objectif de ce travail de recherche est de concevoir des mesures de relances ciblées pour différents types de ménages producteurs et de simuler leurs impacts sur des indicateurs socioéconomiques, d'exploitation de ressources et consommation alimentaire.

Pour cette étude, nous avons choisi Sidi-Bouزيد, une zone aride et rurale tunisienne. La zone a connu un développement agricole considérable depuis la fin des années 80 grâce à l'intensification, à l'irrigation et à la privatisation de la propriété foncière. Cependant, ce modèle de développement a atteint ses limites et est aggravé par les incertitudes climatiques.

Pour répondre à nos objectifs, notre approche méthodologique s'est basée sur une analyse intégrant à la fois des enquêtes de terrain auprès d'agriculteurs et décideurs locaux pour mieux caractériser la diversité agricole, un modèle de ménage basé sur la programmation mathématique, et le calcul d'indicateurs biophysiques, socio-économiques et de consommation. Le modèle de ménage a été conçu avec une fonction objectif qui tient compte conjointement de la production et de l'autoconsommation.

Cette approche a permis, dans un premier temps, de classer les ménages agricoles de Sidi Bouزيد en ménages producteurs consommateurs, producteurs consommateurs marchands et producteurs marchands. Ensuite, de tester et d'évaluer la mise en place de scénarios de relance basés sur une meilleure valorisation des olives dans un contexte de changement climatique. Ces scénarios ont visé un meilleur compromis entre la production agricole, la consommation des ménages, mais également la préservation des ressources hydriques et fourragères.

Les simulations ont montré que, sans mesure de relance, les revenus des ménages ont baissé de 1% à 19% selon les ménages. Cette baisse est due à une augmentation des coûts d'achats d'aliments pour le cheptel ovin, la réduction des ventes de céréales et une réduction des surfaces irriguées. Cependant, la mesure de relance a amélioré le revenu et la consommation des agriculteurs ayant le plus fort potentiel oléicole, le ménage ayant une grande exploitation pluviale (ménage 1) a vu son revenu augmenter de 10% et ses dépenses alimentaires de 23%. L'efficacité de la mesure de relance repose cependant sur la disponibilité de la force de travail familiale sur l'exploitation. Par ailleurs, sur le long terme, les résultats des scénarios combinés ont montré que la mesure de relance devrait atténuer les effets du changement climatique sur le revenu des ménages agricoles.

Au-delà des résultats obtenus, ce travail a mis l'accent sur la nécessité de reconsidérer les méthodes d'analyse mais également sur l'urgence de la réflexion autour des mesures de relance dans les zones arides pour une agriculture plus durable. La démarche proposée dans cette étude permet dans sa structure actuelle de tester au niveau des zones arides, et en concertation avec les acteurs locaux, d'autres scénarios de relance plus complexes.

### **Mots clés :**

Agriculture familiale, typologie, modélisation bioéconomique, alimentation, évaluation intégrée.

## ABSTRACT

Rural populations in drylands often face demographic and climate pressures that do not only affect natural resources and real incomes but also their food security. In response to these pressures, most agricultural development policies in these areas have been based on agricultural intensification.

Today, several parties are mobilizing to find more sustainable alternatives. The objective of this research is to design targeted levers for different types of agricultural households and to simulate their impacts on socio-economic, resource and food consumption indicators. For this study, we chose Sidi-Bouzid, an arid and rural Tunisian zone. The area has experienced considerable agricultural development since the late 1980s through intensification, irrigation and privatization of land ownership. However, this development model has reached its limits and is aggravated by climate uncertainties.

To meet our objectives, our methodological approach was based on an analysis integrating field surveys with farmers and local decision-makers to better characterize agricultural diversity, a household model based on linear programming, and computation of biophysical, socio-economic and consumption indicators. The household model was designed with an objective function that takes into account both production and self-consumption.

Initially, this approach allowed us to classify the agricultural households of Sidi Bouzid into three major categories: consumers producers, traders consumers producers and finally market producers households. Furthermore, this approach enabled us to test and evaluate the implementation of reflation scenarios which are based on a better valuation of olives in a context of climate change.

These scenarios aimed at a better compromise between agricultural production, household consumption, as well as water and fodder resources preservation.

The simulations showed that, without any stimulus measure, household incomes have decreased from 1% to 19% depending on the household. This decrease is due to an increase in the cost of feed purchases for the sheep population, a reduction in cereal sales and a reduction in irrigated areas. However, the stimulus measure improved the income and consumption of farmers with the greatest olive oil potential, the household with a large rain-fed farm (household 1) saw its income increase by 10% and its food expenditure by 23%. The effectiveness of the stimulus measure, however, is based on the availability of family labor force on the farm. Moreover, over the long term, the results of the combined scenarios showed that the stimulus measure should mitigate the effects of climate change on farm household income.

Beyond the achieved results, this work emphasized the need to reconsider the methods of analysis but also on the urgency of the reflection on the agricultural levers in the drylands for a more sustainable agriculture. The suggested approach in this study makes it possible in its current structure to test other scenarios at arid zone level and in consultation with local actors.

### **Key words :**

Family farming, bio economic modelling, typology, food, integrated assessment.

# SOMMAIRE

<b>Contexte, problématique et démarche générale</b>	<b>0</b>
Introduction	1
Démarche générale de la thèse	9
Structure de la thèse	12
<b>Partie 1 : Enquêtes et description des exploitations étudiées</b>	<b>13</b>
1. Introduction	14
2. Démarche	17
3. Caractérisation de la diversité agricole globale et zonage des activités agricoles à Sidi Bouzid	19
4. Echantillonnage à dire d'experts	23
5. Analyse technicoéconomique du fonctionnement des exploitations et importance de l'autoconsommation des ménages agricoles	49
6. Les données des exploitations enquêtées	78
<b>Partie 2 : Modélisation bio économique des ménages</b>	<b>87</b>
1. Modélisation des ménages agricoles	88
2. Modélisation conceptuelle :	92
3. Collecte de données	97
4. Modélisation numérique	99
5. Démarche de construction du modèle	104
6. Conclusion	115
<b>Partie 3 : Formulation des scénarios et simulations</b>	<b>117</b>
1. Introduction	118
2. Contexte : menaces du changement climatique et cadre de formulation des scénarios à simuler	118
3. Planification des simulations	125
4. Choix d'indicateurs	131
5. Résultats des simulations	135
6. Conclusion	154
<b>Discussion générale</b>	<b>156</b>
Retour sur la démarche méthodologique	157
Retour sur les résultats	162
Conclusion	172

<i>Références bibliographiques</i>	174
<i>TABLE DES MATIERES</i>	188
<i>LISTE DES FIGURES</i>	191
<i>LISTE DES TABLEAUX</i>	193
<i>LISTE DES CARTES</i>	195
<i>LISTE DES EQUATIONS</i>	195
<i>ANNEXES</i>	196

## **Contexte, problématique et démarche générale**

## Introduction

Les zones arides sont une partie non négligeable de la surface terrestre présentant divers enjeux de développement. Il existe de multiples définitions des zones arides. Les définitions les plus reprises par la communauté scientifique sont les définitions de l'UNCCD et de la FOA. La première les définit par la longueur de la période de végétation (1-179 jours) (Unccd, 2000). La seconde, les définit par le ratio entre les précipitations annuelles et l'évapotranspiration potentielle (Fao, 2000). Selon la définition de l'UNCCD, les zones arides couvrent environ 41% de la superficie de la terre et abritent près du tiers de la population mondiale, dont 90% dans les pays en développement (White, Nackoney, 2003). L'environnement de ces zones est caractérisé par une saison relativement froide et sèche, suivie par une saison relativement chaude et sèche, et enfin par une saison pluvieuse et une température modérée (Fao, 2008b). Nous retrouvons trois principaux types de climats : le climat tropical, continental et méditerranéen. Les populations rurales de ces zones arides peuvent être regroupées en populations agricoles nomades, semi-nomades, transhumantes et sédentaires (Fao, 2008a). Les ruraux nomades sont les producteurs pastoraux qui dépendent de l'élevage pour leur subsistance et pour qui la production agricole végétale est souvent marginale. Les ruraux semi-nomades sont les producteurs pastoraux qui dépendent principalement de l'élevage mais qui sont également propriétaires de terres sur lesquelles ils cultivent en dehors des périodes de transhumance. Les ruraux transhumants sont des producteurs qui combinent l'agriculture et la production animale pendant les saisons favorables, mais qui migrent vers des zones plus favorables au pâturage quand le fourrage diminue sur leur exploitation. Les producteurs sédentaires pratiquent la culture pluviale ou irriguée souvent associée à de l'élevage (Ffolliott *et al.*, 2002).

### Quels enjeux pour les zones arides

Nous assistons ces dernières années à un regain d'intérêt pour les débats sur les relations entre la production agricole et alimentaire, la conservation et l'usage des ressources naturelles et la croissance démographiques et économique. Dans les zones arides caractérisées par des ressources en eau rares et des sols fragiles, la population rurale est confrontée à deux pressions majeures.

La pression climatique qui entrainera d'avantage de baisse de pluviométrie, augmentation des températures et dégradation des terres dont plus de 70% sont déjà affectées par la désertification (Reynolds, 2017). La pression démographique sachant que le taux de croissance démographique des zones arides est plus important que toute autre zone agro-écologique (18,5%) (Mea, 2005)

Ces pressions exercées sur les écosystèmes arides excèdent déjà les niveaux de durabilité pour quelques services écosystémiques, tels que la formation de sols et l'approvisionnement en eau (Mea, 2005). Elles menacent les moyens de subsistance des populations rurales en zones arides, notamment leur sécurité alimentaire, revenus et ressources naturelles et les amènent à détériorer leurs propres ressources naturelles productives dans une optique productiviste (Robertson, Swinton, 2005)

La menace sur la sécurité alimentaire mondiale. 30% des plantes cultivées actuellement sont des espèces endémiques aux zones arides ; 44% des systèmes cultivés du monde sont situés dans des zones arides et les pâturages situés dans ces zones font vivre plus de 50% du cheptel mondial (UNCCD, 2006). La baisse des rendements due au dérèglement climatique affecte fortement la production alimentaire de base des populations de ces zones (Bird *et al.*, 2016; Tarrasón *et al.*, 2016).

Dans un contexte de pressions de plus en plus accrues, la production alimentaire mondiale risque d'être mise en péril. Par ailleurs ; la plupart des pays les plus sous alimentés dans le monde et ceux pour qui l'objectif de développement du millénaire pour l'alimentation n'est pas atteint, se trouvent dans des zones sèches<sup>1</sup>.

La détérioration des revenus réels des producteurs. Les populations des zones arides font partie des populations les plus pauvres du monde, beaucoup vivant avec moins d'un dollar par jour (White *et al.*, 2002). L'évaluation pour le millénaire (Mea, 2005) a constaté que les habitants des zones arides ont tendance à avoir des niveaux de bien-être les plus bas, y compris les plus faibles PIB par habitant et les plus forts taux de mortalité infantile. Le dérèglement climatique affecte la production agricole dans ces zones (Thornton *et al.*, 2011) et provoque une instabilité des rendements des agriculteurs perceptible à travers l'instabilité des revenus des ménages producteurs (Reynaud, 2008). Par ailleurs, le cycle vicieux de la pauvreté s'avère être une des principales raisons de l'inefficacité de la production agricole dans ces zones (Fao, 2008b).

La dégradation de l'environnement et des ressources naturelles. Les habitants des zones arides sont confrontés à plusieurs défis dont la pénurie de l'eau et la dégradation de la terre dus à la surexploitation de ces ressources (Ipcc, 2013; McIntyre, 2009). Ces zones comportent 8% de la ressource en eau renouvelable mondiale. Alors qu'en moyenne, une personne a besoin de 2000 m<sup>3</sup> par an, les habitants des zones arides ne disposent que de 1300 m<sup>3</sup> (Mea, 2005). Certaines personnes dans ces zones où l'eau est de plus en plus rare ont les ressources économiques, les compétences et les possibilités d'outre passer le problème de la pénurie d'eau tandis que bon nombre de ruraux, comme les petits agriculteurs, les travailleurs agricoles et les pasteurs des pays pauvres, ne le font pas (Ipcc, 2007; Undp, 2006). Selon l'évaluation pour le millénaire, la dégradation de la terre touche 12 millions d'hectares chaque année dans les zones arides, limitant le potentiel de ces zones. Parallèlement, la biodiversité sauvage est toujours en déclin rapide (Iucn, 2009), dans une large mesure en raison de l'expansion des zones agricoles (Mea, 2005).

Ainsi la combinaison de la haute variabilité des conditions climatiques, l'accroissement de la demande alimentaire et les niveaux de pauvreté relativement élevés engendrent des situations où les habitants des zones arides, surtout ceux vivant de l'agriculture, peuvent être très vulnérables aux modifications d'agroécosystèmes.

Pour accroître la production alimentaire mondiale et le bien-être des populations rurales en zones arides, des efforts ont été déployés dans plusieurs disciplines scientifiques, notamment dans le champ de l'écophysiologie des cultures, la génétique végétale, la nutrition des plantes et de la protection des cultures. Soutenus par le développement des technologies et de la mécanisation, ils ont permis d'augmenter considérablement l'efficacité d'usage de l'eau, des nutriments et de la lumière et de l'intensification de culture de la production alimentaire (Tilman *et al.*, 2002). La recherche sur la physiologie animale, leur reproduction, leur nutrition et le contrôle des maladies a conduit à des développements similaires pour l'élevage (Leakey *et al.*, 2009). Mais en dépit des avancées fournies par la science, les augmentations potentielles de production alimentaire sont loin d'être réalisées dans des conditions de terrain de bon nombre de pays, notamment les pays situés en zones arides. La Banque Mondiale (2007) considère les principaux obstacles comme étant liés aux faibles systèmes éducatif et sanitaire, le dysfonctionnement des marchés, l'instabilité politique, ainsi

---

<sup>1</sup> FAO hunger Map 2015 : <http://www.fao.org/hunger/en/>

que le manque de moyens de subsistance pour les producteurs qui ne sont pas en mesure de faire la transition d'une agriculture de subsistance vers une agriculture marchande. Le changement climatique aggrave la situation pour la conservation des ressources naturelles et la sécurité alimentaire par l'augmentation des risques d'échec des cultures et la demande en ressources grandissante en raison de la fréquence plus élevée d'événements climatiques extrêmes et des changements progressifs dans les variables climatiques clés (Sivakumar *et al.*, 2005).

Dans un contexte de faim et de dégradation environnementale persistant, deux approches se présentent aux agricultures de ces zones.

L'approche de l'agriculture intensive, dont résulte souvent une agriculture industrialisée et qui repose sur l'idée qu'il existe un compromis entre la production alimentaire globale et environnementale (Brussaard *et al.*, 2010). Selon cette approche, l'amélioration de l'efficacité d'utilisation des intrants doublera la production alimentaire mondiale tout en réduisant les externalités négatives environnementales par unité de produit (Cassman, 1999; Rabbinge, Van Latesteijn, 1992). Si le substrat de production se dégrade ou que la production atteint un niveau au-delà de son potentiel, les contraintes doivent être identifiées puis des actions incitatives ou mesures de relance doivent être mises en place. Selon cette approche, si l'agriculture restait concentrée sur les terres les plus fertiles, il serait possible d'augmenter les surfaces consacrées à la production d'externalités positives (Huston, 1995).

L'approche d'écoagriculture, dont la logique représente celle des agricultures extensives et diversifiées. Selon cette approche, le rôle de l'agriculture va au-delà de la production alimentaire globale pour fournir un large éventail de services écosystémiques (Scherr, Mcneely, 2008). Ces externalités positives alimentent le bien-être des populations locales. Cette approche met l'accent sur la diversification des cultures, élevages et paysages au lieu de la spécialisation implicite de la première approche (Pascual, Perrings, 2007), sur la multifonctionnalité de l'agriculture (Caron *et al.*, 2008), sur le caractère extensif de la production agricole (Marriott *et al.*, 2004) et sur la régionalisation au lieu de la mondialisation (Babin, 2003).

De nos jours, les perspectives de développement dans les zones arides des pays en développement sont particulièrement dépendantes des actions visant à empêcher la dégradation des écosystèmes et à ralentir ou à inverser cette dégradation là où elle se produit (Mea, 2005). Alors que la spécialisation et l'intensification des systèmes de production a conduit à une réduction de la biodiversité des cultures et de l'élevage, à une demande en eau croissante dans des zones où cette ressource est de plus en plus rare, à l'augmentation de la vulnérabilité génétique et à la dégradation des terres (Fao, 2007; Gepts, 2006) ; des changements importants au niveau des politiques et des institutions sont nécessaires pour faire progresser l'état de la sécurité alimentaire et des niveaux de vie dans les zones arides en conciliation avec les enjeux environnementaux (Brussaard *et al.*, 2010).

Les populations en zones arides deviennent de plus en plus vulnérables face aux pressions climatiques et démographiques qui risquent de mettre en péril leur sécurité alimentaire, d'appuyer d'avantage la surexploitation de leurs ressources naturelles et de dégrader leurs revenus.

De nos jours l'enjeu pour les décideurs politiques dans les zones arides est de concevoir et de proposer des mesures de relance pour les moyens de subsistance de la population rurale de ces zones tout en préservant l'intégrité environnementale, sans compromettre d'avantage la sécurité

alimentaire et nutritionnelle, et ce dans un contexte de changement climatique de plus en plus contraignant.

Ceci implique deux enjeux essentiels pour notre travail. Le premier consiste à identifier les leviers socioéconomiques ou techniques pour la relance des moyens de subsistance des populations rurales en zones arides. Et ce dans un contexte profondément marqué par : des ressources rares et de plus en plus dégradées ; une population pauvre, une activité agricole très sensible au contexte climatique (Tarrasón *et al.*, 2016), une faible productivité agricole et de faibles revenus qui freinent le développement socioéconomique dans ces zones (Fao, 2008b) et des structures de production agricole en mutation vers des systèmes de plus en plus sédentaires (Haji, Legesse, 2017; Schmidt, Pearson, 2016).

Le second enjeu est de d'évaluer l'impact de ces leviers en considérant la diversité agricole des structures de production et de considérer l'aspect multicritère de cette analyse.

Quel cadre d'analyse pour évaluer des mesures de relances, qui intègre des composantes techniques et socio-économique et qui permet d'évaluer l'impact de ces mesures sur les revenus, la consommation alimentaire et la gestion des ressources des populations rurales en zones arides ?

### *Enjeux et problématique de la thèse*

Prenons l'exemple de la Tunisie, pays en développement du sud de la méditerranée. La Tunisie a connu après son indépendance une transition démographique importante. La population a doublé entre 1960 et 1990<sup>2</sup>. Ainsi la fin des années 80 a été marquée par l'aggravation du déficit de la balance commerciale suite à l'augmentation de la facture alimentaire. Sous pressions d'institutions financières, la Tunisie a adopté en 1986, un plan d'ajustement structurel qui a donné une place importante aux réformes agricoles, reflets de la volonté étatique d'orientation vers le libéralisme et porteuses d'un processus de modernisation agricole qui a reposé essentiellement sur l'exploitation des ressources naturelles et les améliorations techniques provoquant de profondes mutations agraires dont : la privatisation des terres ayant conduit d'une part à la raréfaction des terres de parcours et la mutation de la société pastorale à une société agropastorale, et d'autre part à la mise en circuit économique des terres. A cela s'ajoute une libéralisation progressive de la ressource hydro agricole marquant d'avantage une agriculture Tunisienne à deux vitesses (une agriculture capitaliste productive et une agriculture familiale diversifiée). L'ensemble de ses mesures productivistes a entre-autre permis à la Tunisie de bien se positionner en termes de sécurité alimentaire avec moins de 5% de la population sous-alimentée<sup>3</sup>. Cependant, la transition nutritionnelle qui a accompagné l'amélioration du niveau de vie des Tunisiens, et comme dans les autres pays du sud de la méditerranée, a engendré un modèle nutritionnel et sanitaire qui s'aggrave de plus en plus (Padilla M. , 2008). Trois évolutions peuvent être identifiées : (i) Une consommation de lipides en augmentation qui s'explique par une consommation accrue de matières grasses d'origine animale<sup>4</sup> mais plus encore par la consommation de matières grasses végétale<sup>5</sup>. (ii) Une consommation de sucres en augmentation en lien avec la consommation de boissons et d'aliments sucrés. Cependant

---

<sup>2</sup> Chiffres de l'Institut national des statistiques Tunisien

<sup>3</sup> Chiffres de la banque mondiale

<sup>4</sup> La consommation de produits laitiers et viandes qui a augmenté avec l'amélioration des niveaux de vie

<sup>5</sup> Les huiles utilisées pour la cuisson, l'assaisonnement et incorporées dans les aliments industriels

la consommation de sucres lents est en diminution. (iii) Augmentation de la part des protéines animales au détriment des protéines végétales.

Bien que le mode alimentaire des méditerranéens, ou diète méditerranéenne, a été reconnu comme étant une référence internationale pour ses qualités nutritionnelles et organoleptiques (Willet, 2003), les études sur la santé mettent de plus en plus en évidence l'importance des maladies chroniques liées à l'alimentation en Tunisie (Fao 2005).

Pour mieux illustrer ces mutations et les menaces encourues en termes de production et de consommation, nous prenons l'exemple de Sidi-Bouزيد, zone aride à dominante rurale de la haute steppe Tunisienne. Sidi-Bouزيد a connu un développement agricole important à partir de la fin des années 80, faisant d'elle un des plus importants bassins de production agricole du pays. Ce développement de l'agriculture, opéré par le biais de l'intensification par irrigation et privatisation des propriétés foncières, n'a pas abouti au développement d'autres secteurs ni pallié à la faible diversification du tissu économique de la zone (Abaab, 1999). Paradoxalement ; Sidi-Bouزيد est très touchée par le phénomène d'exode rural dont la raison principale est la recherche d'emploi<sup>6</sup> et souffre en même temps d'une crise de la main d'œuvre agricole. Le secteur agricole, emploie plus de 40% de la population active de Sidi-Bouزيد. Cette région doit faire face à une crise provoquée par la surexploitation des ressources hydroagricoles et des terres de parcours et qui témoigne des limites du développement rural qu'a connu Sidi-Bouزيد. Cette crise est aggravée par des incertitudes climatiques qui prévoient pour l'horizon 2020 une baisse de la pluviométrie annuelle de 7 mm et une augmentation de 1° C (Gtz, 2007). A l'image des menaces encourues par les habitants des zones arides, le gouvernorat de Sidi Bouزيد doit faire face à 3 menaces majeures :

1) La menace de dégradation des revenus des habitants de la zone dont 75% des ménages sont des ménages ruraux et donc vivant directement ou indirectement de l'activité agricole. Sidi Bouزيد est un gouvernorat du centre ouest, laquelle zone où le taux de pauvreté est le plus élevée par rapport aux autres régions en Tunisie. Les revenus les plus faibles sont ceux des travailleurs agricoles et agriculteurs<sup>7</sup> (Ins, 2012). Par ailleurs, face aux impératifs de la mondialisation et de l'ouverture aux marchés internationaux, les agriculteurs familiaux en Tunisie adoptent certes des mesures d'adaptation comme la réduction de la taille des cheptels, l'irrigation, le travail hors exploitation, mais le revenus réel des ménages agricoles familiaux est en baisse (Jouili M., 2008).

2) La menace d'épuisement des ressources, notamment la ressource hydro agricole et la terre. La surexploitation de la ressource hydrique a tendance à avoir lieu dans les pays dont la production alimentaire dépend fortement de l'agriculture irriguée et les zones ayant connu une urbanisation et un développement industriels rapides (Undp, 2006). La Tunisie est un pays où la ressource en eau est rare, en effet la quantité d'eau disponible pour chaque habitant est inférieure à 1000m<sup>3</sup>/an ([Annexe 1](#)). Cependant cette ressource est fortement surexploitée ([Annexe 2](#)) provoquant multiples problèmes d'ordre environnemental et freinant l'activité agricole de plusieurs ménages agricoles familiaux à cause de la baisse du niveau des nappes. A Sidi Bouزيد, la surexploitation hydroagricole affecte essentiellement les nappes phréatiques dont l'exploitation a atteint en 2012 143% de leur

---

<sup>6</sup> Source : données de l'Institut national des statistiques Tunisien

<sup>7</sup> Les dépenses par membre d'un ménage dont le chef est : agriculteur = 1770 dinars ; travailleur agricole 1530 dinars. La moyenne nationale est de 2600 dinars.

capacité de renouvellement. 835 puits de surface ont été abandonnés en 2010<sup>8</sup>. Par ailleurs, la ressource foncière est également menacée en Tunisie. Entre 1981 et 2003, 1247600 ha soit 7.6% des terres en Tunisie se sont dégradées dont 60% sont des terres cultivées et arables (Bai, Dent, 2008). 15% de la population Tunisienne vit dans des zones affectées par la dégradation des terres. A Sidi Bouzid la dégradation des terres concerne essentiellement les terres de parcours et des zones alfatières à cause du surpâturage et des pratiques culturales inadéquates (Elloumi *et al.*, 2006)

3) La potentielle menace sur la sécurité alimentaire des producteurs agricoles. Il existe très peu de données sur le statut nutritionnel des habitants de Sidi Bouzid et la population rurale qui y vit. Nous partons du constat que seulement moins de 5% des Tunisiens ont une consommation calorique insuffisante ; la problématique de la sécurité alimentaire en Tunisie et à Sidi Bouzid est d'ordre qualitatif et non quantitatif. La menace d'insécurité alimentaire de la population rurale de Sidi Bouzid est en réalité une menace de malnutrition carentielle. La raréfaction des ressources et les faibles revenus des agriculteurs constituent une menace pour la sécurité alimentaire et nutritionnelle de la population rurale de Sidi Bouzid. Les ménages de Sidi Bouzid dépensent en moyenne 38% en moins pour leur alimentation que la moyenne des Tunisiens (Institut National De La Statistique, 2013b). Cependant, l'enquête de budget et de la consommation (Institut National De La Statistique, 2013a) montre que les ménages agricoles du centre ouest Tunisien couvrent leur besoins nutritionnels en calories, protéines, calcium, fer, vitamine A et vitamine C. Par ailleurs, le statut nutritionnel des habitants du centre ouest présente une situation contrastée. Ils présentent certes un taux plus élevé de prévalence de cas de malnutrition carentielle, mais une faible prévalence de maladies liées à une alimentation excédentaire telle que le diabète, l'hypertension artérielle et hypercholestérolémie<sup>9</sup> (Annexe 3).

L'objectif de ce travail de recherche est de concevoir des mesures de relances ciblées pour différents types de ménages producteurs et de simuler leurs impacts sur des indicateurs socioéconomiques, d'exploitation de ressources et consommation alimentaire.

Le constat présenté montre que les agriculteurs de Sidi Bouzid disposent pour la plupart d'une alimentation quantitativement suffisante, qui repose en grande partie sur la dominance des systèmes où les ménages se procurent une alimentation de base issue de l'activité agricole. Cependant ces systèmes traditionnels sont très fragiles à cause des risques climatiques, de la surexploitation des ressources et des faibles capacités de reproduction des exploitations liées aux revenus relativement faibles dégagés par l'activité agricole. Pour ces systèmes, la consommation du ménage est plus ou moins prioritaire à la vente et pourrait constituer un manque à gagner pour les ménages agricoles de Sidi Bouzid. Ainsi les mesures de relance doivent tenir compte des spécificités des systèmes de la zone, notamment l'importance de l'autoconsommation dans l'alimentation des ménages et du risque climatique.

Aujourd'hui les décideurs politiques doivent réfléchir aux mesures de relance à Sidi Bouzid qui se sont basées sur la mobilisation des ressources et l'intensification. Elle ont certes été nécessaires et efficaces pour accompagner le développement socio-économique en Tunisie, mais se sont avérées être non durables sur le plan environnemental et nutritionnel et atteignent leurs limites face à des ressources qui se font de plus en plus rares et un contexte de changement climatique de plus en plus

---

<sup>8</sup> Chiffres du CRDA de Sidi Bouzid

<sup>9</sup> Données de l'institut national de nutrition et technologies alimentaires

oppressant (Thabet *et al.*, 2015). Dans ce sens, les mesures de relance à identifier dans ce travail ne peuvent s'appuyer d'avantage la mobilisation des ressources déjà menacées dans la zone de Sidi Bouzid, qui sont les ressources hydriques et les terres de parcours.

Par ailleurs, les mesures qui ont été prises jusqu'ici ont certes engendré une amélioration des revenus des producteurs qui ont eu accès aux ressources financières et naturelles mais ont surtout engendré une grande disparité des systèmes agricoles. En effet, l'agriculture à deux vitesses est clairement perceptible à Sidi Bouzid et cache une dualité des structures des systèmes exploitation-ménage fortement corrélée à l'accès aux ressources naturelles et financières. D'une part une agriculture familiale diversifiée et d'autre part une agriculture d'entreprise spécialisée ([Annexe 4 : Agriculture familiale comparée: définitions et sécurité alimentaire](#)). Ainsi, les mesures de relance doivent être formulée dans l'optique d'accompagner et maintenir les structures de production actuelles sans déformer ; au risque de fragiliser d'avantage ; les systèmes. Son impact doit être évalué en tenant compte de la diversité des structures de production de Sidi Bouzid.

Cependant, le paysage agricole à Sidi Bouzid est marqué par la dominance de l'agriculture pluviale et la dominance de l'oléiculture. Les faibles revenus dégagés par ce mode de production extensif aggrave le faible niveau d'investissement dans l'agriculture et accentue la pauvreté des ménages agricoles. Ainsi, pour des ménages dont l'alimentation provient en importante partie de l'autoconsommation : Quelle mesure de relance pour améliorer les revenus des ménages producteurs sans compromettre leur alimentation ?

Nous avons également constaté une sous valorisation des produits oléicoles qui sont vendus à des prix bas sans aucune transformation. Jusqu'où une transformation de l'huile d'olive peut-elle améliorer le revenu des agriculteurs dans un contexte où la main d'œuvre est déjà limitante ? Et jusqu'où cette mesure demandée par plusieurs décideurs politiques et activistes pourra compenser les effets futurs du changement climatique et leurs impacts sur la production agricole ?

Ce travail de recherche s'intéresse aux ménages producteurs en zones arides et plus particulièrement ceux de Sidi Bouzid. Il présente deux principaux enjeux.

Le premier enjeu correspond aux problématiques des zones arides, exposés auparavant. Il s'articule en deux points complémentaires.

- Le premier point est la caractérisation de la diversité et les performances des ménages agricoles de Sidi Bouzid en termes de systèmes de production, revenu et de consommation alimentaire issue de l'activité agricole.
- Le second point consistera à proposer et simuler dans un contexte de changement climatique et par le biais d'un modèle bio économique de ménage l'impact de mesures de relance sur les revenus, les décisions de production, et la consommation alimentaire de ces ménages.

Le second enjeu de ce travail est d'ordre méthodologique. Il consiste à proposer une méthode d'analyse intégrée des questions de développement relatives aux zones arides. Ce qui implique de proposer un cadre d'analyse qui puisse mettre en lien une mesure de relance empirique et un modèle d'évaluation multicritères (Fisher-Vanden *et al.*, 2014). Plusieurs études ont indiqué la pertinence de l'évaluation intégrée pour l'évaluation de politiques agricoles et environnementales et leur rôle dans l'accompagnement des décideurs politiques (Abaza *et al.*, 2004; Bezlepkina *et al.*,

2011; Janssen, Van Ittersum, 2007). La finalité d'une telle approche est d'informer les décideurs politiques des conséquences socio-économiques et environnementales d'un changement au sein d'un système agricole ou d'une politique liée au système (Bezlepkina *et al.*, 2011). Elle leur permet de vérifier que la mesure politique permet d'atteindre les objectifs qu'ils se sont fixés (Salter *et al.*, 2010). Par le biais du développement de scénarios, cette approche repose sur l'usage de modèles d'évaluation des conséquences d'un levier politique ou d'un système agricole alternatif (Van Ittersum *et al.*, 2008). Plusieurs types de modèles peuvent être mobilisés à cet effet, notamment la modélisation bio économique (MBE) (Delmotte *et al.*, 2013). La MBE permet de formaliser les interactions entre l'homme et son environnement et de comprendre et analyser des relations complexes au sein du système analysé (Ewert *et al.*, 2006), car permettant de tenir compte de l'interaction entre les composantes biophysiques et socio-économiques d'un système agricole (Reidsma *et al.*, 2015). Elle repose sur l'usage de solveurs d'optimisation permettant d'identifier un optimum à travers des arbitrages entre objectifs souvent contradictoires. Par conséquent, la MBE est un outil adéquat pour simuler l'impact d'une mesure de relance sur des indicateurs socioéconomiques et de consommation alimentaires des ménages agricoles des zones arides. Ce en proposant un cadre d'analyse intégré transparent entre données, modèle de simulation et les indicateurs (Bezlepkina *et al.*, 2011). Cependant, ceci implique un travail collaboratif exigeant un engagement dans l'apprentissage des méthodes et concepts des disciplines voisines, ce qui rend l'analyse des résultats des évaluations intégrées relativement compliquée (Harris, 2002) et la construction du modèle bio économique incertaine (Volk, Ewert, 2011).

Par conséquent, L'enjeu méthodologique dans ce travail consiste à construire un MBE qui puisse :

- Prendre en considération la diversité des ménages agricoles de Sidi Bouzid,
- simuler les arbitrages que réalise un ménage agricole entre différentes ressources pour prendre ces décisions de production et de consommation alimentaire
- évaluer l'impact des scénarios combinant mesure de relance et effet du changement climatique sur les revenus, la stratégie de production et la consommation alimentaire
- exploiter plusieurs types de bases d'informations/données issues de plusieurs disciplines scientifiques (économie, agronomie, Nutrition, etc.)

## Démarche générale de la thèse

Pour répondre à nos objectifs nous avons adopté une démarche méthodologique axées sur 3 étapes interconnectées (Figure 1)

### I. *Caractérisation de la diversité agricole à Sidi-Bouزيد et analyse de fonctionnement des ménages agricoles.*

Une première phase a pour objectif de caractériser la diversité des ménages producteurs de Sidi Bouزيد et d'identifier les potentiels leviers d'amélioration à travers le diagnostic des performances des exploitations. Elle consiste en la formulation de la problématique de terrain qui va de pair avec la collecte de données. Cette phase implique 3 sous-étapes.

#### *a. Diagnostic régional des activités agricoles*

*(Voir : Caractérisation de la diversité agricole globale et zonage des activités agricoles à Sidi Bouزيد)*

Réaliser un diagnostic régional des activités agricoles à travers l'implication des experts locaux, mais également avec l'exploitation de base de données locale de production et de distribution géographique. Ce premier diagnostic nous permettra de nous affranchir d'un découpage administratif de la zone d'étude et de cibler la collecte d'informations auprès d'agriculteurs se situant dans les différentes zones homogènes identifiées.

#### *b. Typologie des ménages agricoles*

*(Voir : Echantillonnage à dire d'experts)*

Ensuite, identifier les différents types de ménages à travers des enquêtes exploitation. Afin d'analyser des actions de développement au niveau d'une région qui tienne compte de la diversité des stratégies et des situations des exploitants. Le choix des exploitations types est ici utilisé pour expliquer les stratégies d'allocation des ressources des ménages producteurs comme expliqué par Chenoune *et al.* (2016). La question sera dès lors de sélectionner les critères de classification. Nous avons considéré 3 groupes de critères pour cette classification des ménages. Les critères inhérents à la dotation en ressources de l'exploitation, à l'objectif de la production<sup>10</sup> et aux niveaux d'intensification.

#### *c. Analyse de fonctionnement des ménages*

*(Voir : Analyse technicoéconomique du fonctionnement des exploitations et importance de l'autoconsommation des ménages agricoles)*

Puis, avec un retour sur le terrain ; une collecte de données à travers une enquête ménage pour la description des différents types de ménages, l'identification des différents systèmes de production et leurs performances ; et également pour collecter les données nécessaires à l'exercice de modélisation.

### II. *La seconde phase : conception d'un modèle de simulation des mesures de relance*

*(Voir Partie 2 : Modélisation bio économique des)*

La modélisation constitue donc la seconde étape de notre démarche. Les modèles de ménages représentent un des outils de la recherche de la microéconomie rurale. Ils sont souvent développés

---

<sup>10</sup> Production alimentaire ou marchande

autour d'agricultures paysannes ou familiales. Dans ce mode de fonctionnement agricole, les pôles de décisions de consommation et de production sont liés à cause des imperfections de marché (De Janvry *et al.*, 1991). Plusieurs modèles reproduisant l'activité économique d'agents existent, mais ne sont pas capables de reproduire la diversité agricole de manière détaillée. Les modèles de programmation mathématique en sont capables, ils permettent de prendre en considération autant de types contraintes que nécessaire : agronomiques, économiques, environnementales et économiques (Sanfo, Gérard, 2012). Flichman Guillermo, Allen (2014) et Louhichi, Gomez Y Paloma (2014) présentent un état de l'art des modèles de ménages agricoles utilisant l'approche de la programmation mathématique. Nous avons donc construit un modèle non linéaire, de programmation mathématique et non séparables. C'est-à-dire qui considère les décisions de production et de consommation alimentaire du ménage de manière conjointe. Ce modèle a pour objectif de maximiser l'utilité globale d'un ménage agricole, sous contraintes. La fonction d'optimisation est assujettie à un certain nombre de contraintes : agronomiques, de ressources, de travail familial et de besoins et préférences alimentaires.

### III. *La troisième phase : Formulation des scénarios et simulations* (Voir Partie 3 : Formulation des scénarios et simulations)

Dans une troisième phase nous formulons les scénarios à simuler à partir du constat issu du diagnostic agricole des différents ménages producteurs. Ces scénarios comprennent un pilote interne au système exploitation ménage défini par le modèle et des pilotes externes permettant de simuler un effet direct du changement climatique sur les ménages simulés. Ensuite, nous formulons les hypothèses de recherche pour chaque scénario et identifions les indicateurs d'évaluation pertinents pour chaque simulation.

Les résultats du calibrage du modèle nous amènent vers la situation de base qui reproduit au mieux les décisions observées du ménage pour la production et la consommation (avec un différentiel inférieur à 10% entre les valeurs simulées et observées). Les simulations seront réalisées sur cette version calibrée du modèle et notre analyse reposera sur les variables décisionnelles sélectionnées pour chaque scénario.

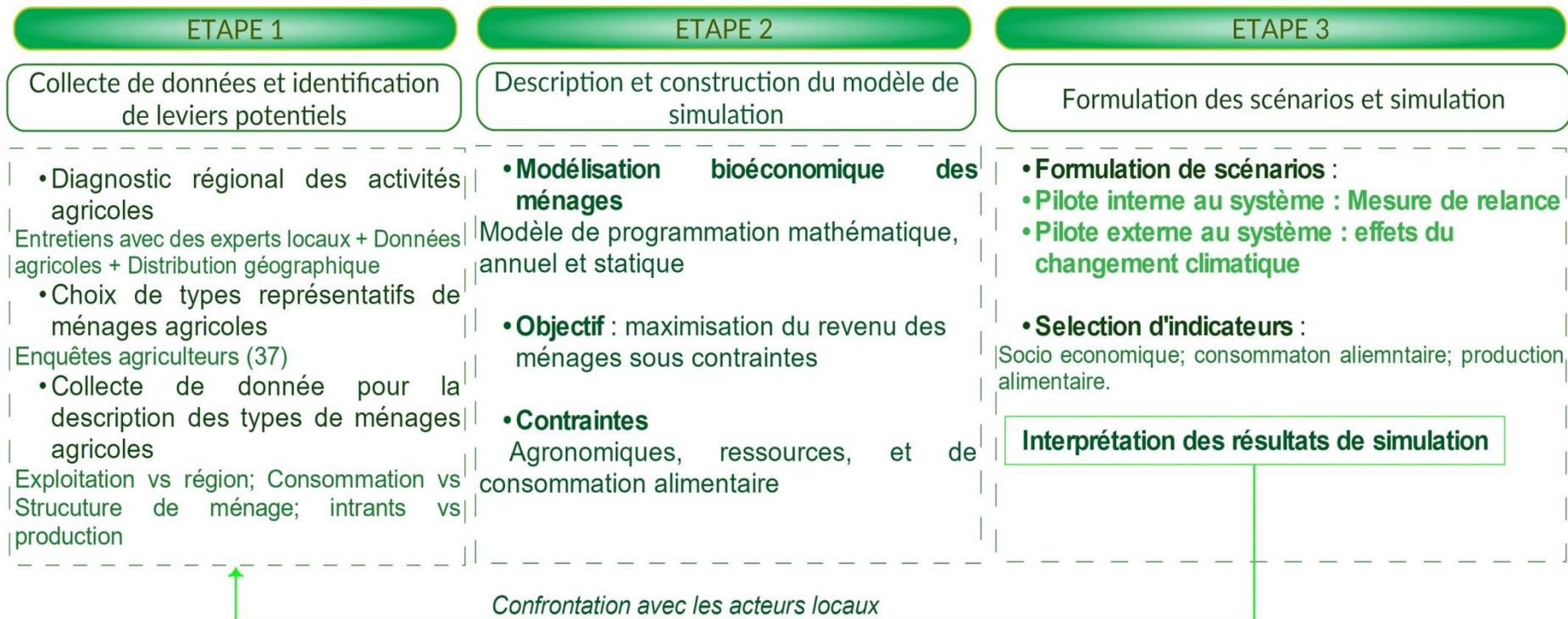


Figure 1 : Démarche générale de la thèse

## Structure de la thèse

Ce rapport de thèse s'articule autour de 5 parties interconnectées

L'introduction éclaire la construction de la problématique traitée par ce travail à partir de la problématique des zones arides jusqu'à la sélection de la zone d'étude. Puis nous définissons les enjeux empiriques et méthodologiques de la thèse. Ensuite nous exposons la démarche méthodologique globale articulée autour de 3 étapes complémentaires.

La partie 1 correspond à la première étape de la démarche méthodologique. Ce chapitre décrit les phases de collecte des différents types de données. Il a pour objectifs, de caractériser la diversité agricole de Sidi Bouzid et de diagnostiquer la situation des ménages agricoles de Sidi Bouzid afin d'identifier les mesures de relance qui seront étudiées. Ce chapitre s'articule autour de 3 sections. La première a pour objectif de caractériser la diversité agricole globale de la zone à travers le zonage des activités agricoles sur le territoire de Sidi Bouzid. La seconde a pour objectif de réaliser une typologie des ménages agricoles de Sidi-Bouzid à travers un échantillonnage à dire d'experts. Puis, dans une troisième section nous proposons une analyse détaillée du fonctionnement technicoéconomique des exploitations agricoles et de la place de l'autoconsommation dans l'alimentation des ménages agricoles.

La partie 2 correspond à la seconde étape de la démarche méthodologique. Ce chapitre décrit le modèle bio économique développé dans cette thèse. Ce chapitre s'articule autour de 3 sections. La première ayant pour objectif de construire un modèle conceptuel de ménage permettant de simuler les mesures de relance. La seconde, définit le modèle numérique soit la fonction objectif du ménage et les équations mathématiques de l'ensemble des contraintes. La troisième section décrit la démarche de construction du modèle de programmation mathématique sous Gams.

La partie 3 correspond à la troisième étape de la démarche méthodologique. Ce chapitre a pour objectif de formuler les scénarios à simuler et d'exposer les résultats des simulations avec le modèle bioéconomique de ménage. Il s'articule autour de 3 sections. Nous formulons dans la première section les scénarios à simuler sous forme d'un scénario principal correspondant à la mesure de relance identifiée autour de laquelle nous considérons des pilotes externes inhérents aux effets du changement climatique sur les ménages agricoles de la zone. Ensuite, nous présentons la planification de ces simulations entre les différents ménages réels afin de formuler les hypothèses et identifier les indicateurs à analyser. La troisième section de ce chapitre présente les résultats des simulations.

La cinquième partie représente la discussion générale de la thèse ou nous situons notre travail par rapport à la littérature scientifique internationale, discutons les enjeux empirique et méthodologique de ce travail et identifions ses limites et ses perspectives.

**Partie 1 :**  
**Enquêtes et description des exploitations étudiées**

## 1. Introduction

Fruit de changements politiques, socio-économiques et climatiques ; le paysage agricole dans le gouvernorat de Sidi-Bouzyd est marqué par plusieurs problèmes d'ordre économique et environnemental. Mais la région présente une surprenante diversité agricole, tant par rapport aux activités agricoles, que pour les structures et systèmes de production ; et ce malgré un climat aride et une société rurale anciennement pastorale.

L'objectif de cette partie est de, d'abord caractériser la diversité agricole de Sidi Bouzyd en termes de production des ménages agricoles et caractéristiques des comportements alimentaires. Ensuite de réaliser un diagnostic visant à identifier les problèmes et les leviers adéquats.

Nous avons identifié des types d'exploitations, décrit les systèmes de production et calculé les revenus de leur exploitations. Ces revenus agricoles sont considérés comme étant composés de revenus monétaires issus des recettes de la vente et de revenus non monétaires tels que l'autoconsommation agricole des ménages (Cochet H., 2011).

Chaque type représente des caractéristiques propres et est assujéti à un ensemble de contraintes comme l'accès aux ressources productives, la contribution de la force de travail du ménage aux activités de l'exploitation, l'aptitude à assurer les besoins nutritionnels du ménage à travers le marché des produits alimentaires et les produits de l'exploitation.

La production agricole de Sidi Bouzyd est diversifiée, elle concerne plusieurs types de produits. Bien que la céréaliculture épisodique associée à la culture de l'olivier et l'élevage ovin représentent l'essentiel des activités agricoles à Sidi Bouzyd (Selmi S., Elloumi M., 2007) ; les producteurs de la zone produisent une grande variété de fruits, légumes, légumineuses en plus de quelques céréales et fourrages. A l'échelle nationale, la production de Sidi Bouzyd contribue considérablement à la production nationale. Elle couvre<sup>11</sup> : 19% de la production maraichère essentielle à la lutte contre la faim invisible<sup>12</sup> (Saltzman *et al.*, 2014), 12% du lait, produit pilier de la politique alimentaire pour assurer une sécurité alimentaire et améliorer la part des produits d'origine animale depuis les années 90 (Fao 2005), ainsi que 10% des olives, produit agricole stratégique qui représente 40% de la valeur des exportations alimentaires Tunisiennes (Bachta, 2011).

Quant aux producteurs, l'agriculture familiale caractérise près de 80% des producteurs de la zone et plus de 64% des exploitants possèdent une superficie inférieure ou égale à 10 hectares (Marh, 2007). Mais les producteurs de la zone, suivent différentes stratégies ; pour la gestion de l'eau par exemple

---

<sup>11</sup> Calculs réalisés en confrontant les données de production de Sidi Bouzyd (CRDA, 2012) aux données de production nationale (FAOSTAT, 2012).

<sup>12</sup> « la faim invisible due au manque de nutriments, elle n'entraîne pas la faim que nous connaissons généralement. Ce n'est pas une faim que l'on ressent au ventre, mais elle frappe en plein cœur votre santé et votre vitalité » (Kul Chandra Gautam, Unicef)

(Kahouli Ismahen, Elloumi, 2011)<sup>13</sup>, ou pour l'élevage ovin (Elloumi *et al.*, 2006)<sup>14</sup>. Aussi pour l'engraissement/commercialisation (Selmi *et al.*, 2005)<sup>15</sup>.

L'accès aux ressources productives, contribue également à façonner le tissu des producteurs de Sidi Bouzid, notamment à travers des disparités d'accès aux ressources hydroagricoles, foncières et financières.

En effet, la gestion de la ressource en eau se fait essentiellement par les agriculteurs<sup>16</sup>. La pression s'est accrue sur l'eau d'irrigation appuyant la concurrence entre les différentes formes d'agriculture de la région de Sidi Bouzid au point de générer des phénomènes d'exclusion-différenciation (Jouili *et al.*, 2013) qui génèrent des difficultés d'accès aux ressources pour les petits agriculteurs (Kahouli I, 2007). Avec la libéralisation du marché foncier, le prix des terres a fortement grimpé et la barrière financière pour l'accès aux terres agricoles devient de plus en plus importante et s'ajoute à la contrainte d'accès à la ressource financière. Quant à l'accès à la ressource financière, notons que l'accès au crédit est soumis aux règles bancaires de rentabilité et durabilité économique renforçant ainsi le processus de différenciation entre les grandes exploitations dont l'activité est plus rentable, et les petites exploitations qui subissent les aléas climatiques et de marché (Marx M. *et al.*, 2013).

En ce qui concerne le comportement alimentaire des ménages producteurs de Sidi Bouzid, notons que la transition nutritionnelle en Tunisie s'est accompagnée, entre autres, d'un recours de plus en plus important à la consommation de produits transformés industriels et ce même dans le fin fond du rural Tunisien (Fao 2005; Inc, 2013). Ceci marque le passage d'une société pastorale nomade dont l'alimentation reposait essentiellement sur la production agricole de proximité, vers une société agro pastorale sédentaire dont l'alimentation de base est de plus en plus industrialisée mais qui recourt, à des différents degrés, à des aliments sauvages et cultivés sur l'exploitation familiale (Elloumi M., 2006).

Ainsi, à partir d'une multitude de systèmes de production, de disparités quant à l'accès aux ressources productives ainsi qu'un comportement alimentaire reflétant l'arbitrage presque forcé des ménages producteurs entre autoconsommation agricole et alimentation issue du marché; nous faisons le constat que la production agricole de Sidi Bouzid est très diversifiée. Cette diversité (Figure 2) inclut, les systèmes agricoles de la zone d'étude et également les ménages producteurs pour ce qui concerne le mode de fonctionnement des exploitations<sup>17</sup> et les comportements alimentaires des ménages producteurs.

---

<sup>13</sup> Il y est présenté deux grands types d'irrigants : les irrigants installés dans un périmètre privé (avec 3 sous-groupes) et les irrigants installés dans des périmètres publics (avec 3 sous-groupes)

<sup>14</sup> Font la distinction entre : Pasteurs, agropasteurs, les petites et moyennes exploitations, les maraichers et les pluriactifs

<sup>15</sup> Engraisseurs de courte durée, engraisseurs de longue durée, naisseurs engraisseurs et éleveurs trésoriers.

<sup>16</sup> 83% des périmètres irrigués de Sidi Bouzid sont des périmètres privés

<sup>17</sup> Nous faisons allusion aux flux monétaires entre la famille et l'exploitation et également la contribution du ménage au travail nécessaire sur l'exploitation



Figure 2 : Déterminants de la diversité des ménages agricoles

Pour répondre aux questionnements, quant à la caractérisation de la diversité agricole de Sidi Bouzid, et au choix de systèmes agricoles représentatifs de cette diversité, le chapitre ci présenté s’articule autour de 3 axes principaux.

Le premier consiste en un diagnostic agricole global<sup>18</sup> de la zone d’étude. A partir de données régionales de production et une base cartographique de Sidi-Bouzid, nous délimitons des zones agricoles homogènes qui vont au-delà du découpage administratif de la zone.

La seconde partie décrit la phase de collecte de données qui trouve justification dans le besoin d’approfondir les informations disponibles pour la caractérisation de la diversité agricole de Sidi Bouzid surtout à l’échelle des exploitations et non à l’échelle des zones administratives/agricoles. Ainsi, pour chaque zone agricole homogène identifiée et avec l’aide d’experts locaux, nous avons réalisé 37 entretiens avec des agriculteurs pour classer les ménages agricoles en 3 types.

La troisième partie s’intéresse à la description des systèmes agricoles représentatifs de la diversité agricole de Sidi Bouzid. Ainsi, à partir des types d’exploitations identifiées, nous avons sélectionné un sous échantillon auprès duquel des entretiens ménage approfondis ont été réalisés et qui nous ont permis de proposer une description fine des performances des différents types de systèmes de production et de l’autoconsommation des ménage et de compléter le diagnostic par constatations réelles.

<sup>18</sup> Nous entendons par global, une analyse par activité agricole à l’échelle régionale sans étudier les unités de production (exploitations/ménages).

## 2. Démarche

La démarche que nous avons adoptée pour décrire la diversité des exploitations agricoles de Sidi Bouzid s'articule en 5 étapes interconnectées (Figure 3).

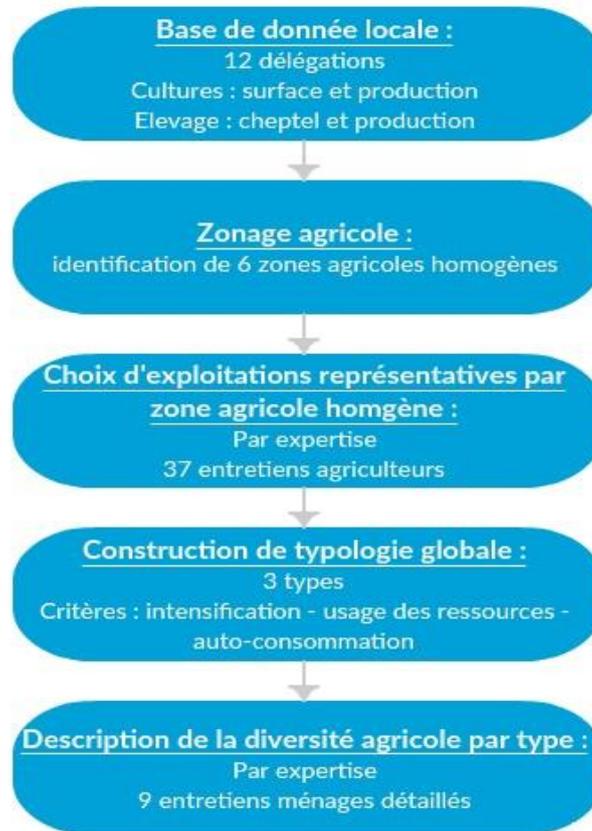


Figure 3 : démarche de description de la diversité agricole de Sidi Bouzid

- La première étape consiste en une collecte d'informations à l'échelle régionale auprès d'agents du commissariat régional de développement agricole (CRDA).

D'une part, une base de données de production agricole de Sidi Bouzid de 2014 réalisée par les agents du CRDA du Sidi Bouzid. Cette base centralise les informations fournies par les cellules territoriales de vulgarisation. Ainsi, pour chaque délégation, elle présente la répartition des terres en différentes vocations du foncier, ainsi que la répartition des terres et de la production agricole. Elle présente également la répartition du cheptel et de la production animale dans chaque délégation, ainsi que les investissements par délégation. ([Annexe 5 : structure de la base de données de production agricole de Sidi Bouzid](#))

D'autre part, une base d'information sur la répartition géographique de répartition et limites spatiales des 12 délégations de Sidi Bouzid, exploitable à l'aide d'un logiciel de système d'information géographique (SIG).

- La seconde étape consiste à réaliser un zonage/découpage agricole de la zone d'étude qui va au-delà du découpage administratif des délégations pour identifier les grandes zones agricoles ; nous basons notre analyse sur trois critères (Figure 4):

- Les délégations
- La répartition régionale de la SAU par famille de cultures
- La répartition régionale des cheptels

A partir du découpage administratif de la zone, nous effectuons un zonage des systèmes de cultures dominants à partir de la répartition de la SAU des principaux groupes de cultures de chaque délégation. Auquel nous superposons les systèmes d'élevage dominants à partir de la répartition des cheptels dans chaque délégation. Et ce pour obtenir un zonage agricole qui s'affranchit du découpage administratif (Figure 4).



Figure 4 : Démarche de découpage agricole de la zone

- Ensuite, la troisième étape, consiste en un choix d'exploitants à enquêter dans chaque zone agricole homogène avec l'aide de responsables locaux dans chaque zone. En effet ; avec l'aide d'experts locaux nous avons sélectionné des agriculteurs représentatifs de la diversité agricole dans chaque zone agricole homogène en fonction de deux critères : l'usage de la ressource en eau et l'implication de la famille sur l'exploitation. Puis nous avons réalisé 37 entretiens avec les agriculteurs répartis proportionnellement au nombre d'agriculteurs dans chaque zone.

- Puis, la quatrième étape où nous avons réalisé une classification globale mais sensée des ménages sur la base de 3 critères: l'usage des ressources ; l'intensification et la consommation alimentaire. Ceci nous a permis de classer les exploitations entre « producteurs consommateurs », « producteurs consommateurs marchands » et « producteurs marchands ». Puis nous avons défini les caractéristiques propres à chaque type identifié, et grâce à des entretiens avec des experts, nous avons représenté sur une carte le poids de chaque type. Par ailleurs, nous avons confronté les données des 37 exploitations enquêtées avec les données de l'enquête de structure des exploitations de 2004-2005 pour positionner notre échantillon au niveau de plusieurs paramètres.

- Et la cinquième étape : Avec un retour sur le terrain, nous avons réalisé des entretiens détaillés avec des ménages de chaque type identifié. Nous avons réalisé des entretiens auprès de 9 ménages agricoles ayant différents systèmes de production. Ces ménages ont été choisis avec l'aide d'experts locaux sur la base de notre description des types d'exploitations. Les entretiens ont porté sur : la structure, les activités et le budget et ce au niveau du ménage et de l'exploitation.

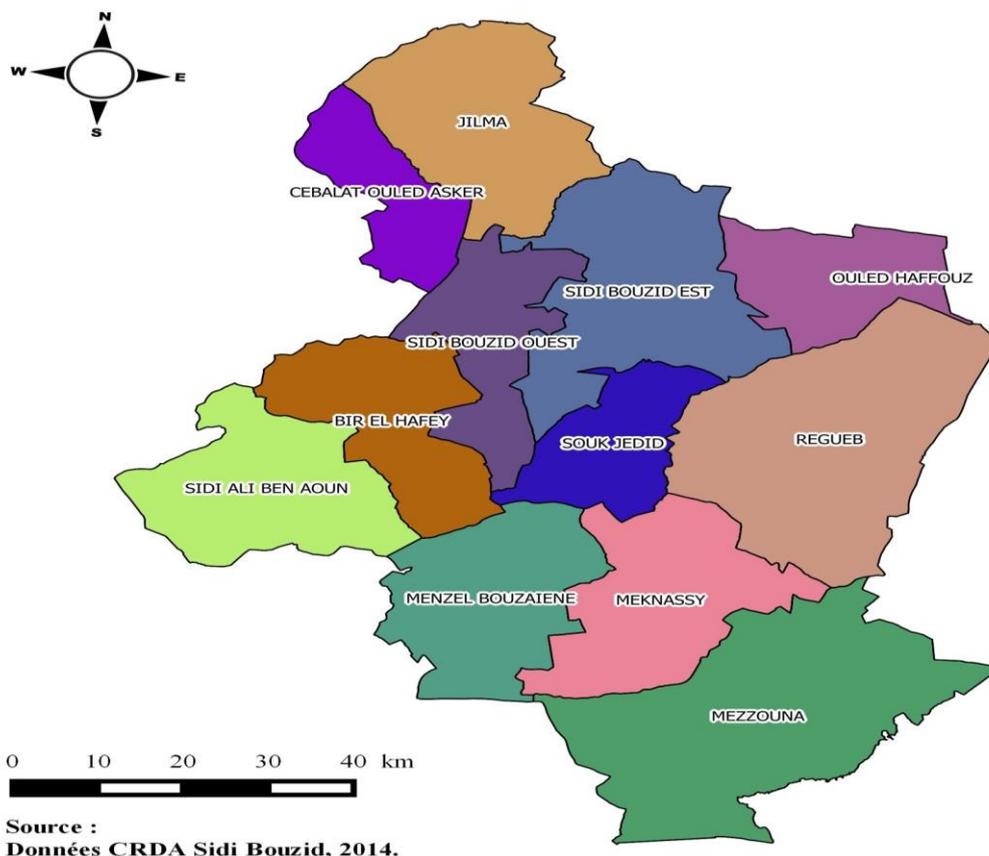
### 3. Caractérisation de la diversité agricole globale et zonage des activités agricoles à Sidi Bouzid

#### 3.1. Diagnostic global de la zone :

##### 3.1.1. Découpage administratif

Situé dans la région du centre ouest Tunisien (Carte 1), le gouvernorat de Sidi Bouzid créé en 1974, occupe une superficie de 740 000 ha soit 4.5% de la superficie de la Tunisie. Près de 60% de cette surface sont des terres labourables sous un climat essentiellement aride avec une pluviométrie moyenne de 200 mm par an. En 2014 la population de Sidi Bouzid compte près de 430 000 habitants soit près de 4% de la population nationale dont seulement 25,4 % sont des urbains contre une moyenne nationale de 66,4 %<sup>19</sup>. Le gouvernorat présente également un niveau élevé de migration dont la cause principale est la recherche d'emploi<sup>20</sup>.

Le gouvernorat de Sidi Bouzid regroupe 12 délégations (carte 1). Un découpage administratif qui ne reflète pas forcément les orientations agricoles des zones. Du nord au sud, les délégations sont : Jelma, Cebala, Sidi Bouzid Est, Ouled Hafouz, Sidi Bouzid Ouest, Regueb, Bir Lahfay, Souk Jedid, Sidi ali Ben Aoun, Meknassy, Menzel Bouzaïen et Mezzouna qui appartenaient à l'origine aux gouvernorats limitrophes avec lesquels elles ont gardé d'importants liens sociaux et économiques.



Carte 1 : Limites administratives des délégations du Gouvernorat de Sidi Bouzid (source : auteur)

<sup>19</sup> Institut national des statistiques : recensement général de la population et de l'habitat 2014.

<sup>20</sup> Institut national des statistiques : recensement général de la population et de l'habitat 2014.

## 3.2. Systèmes de culture et d'élevage dominants

### 3.2.1. Systèmes de culture

Il apparaît clairement à l'échelle régionale que l'arboriculture<sup>21</sup>, suivie des pâturages dominent largement les part de SAU agricole de Sidi Bouzid avec respectivement 64% et 26% de part de SAU (Figure 5).

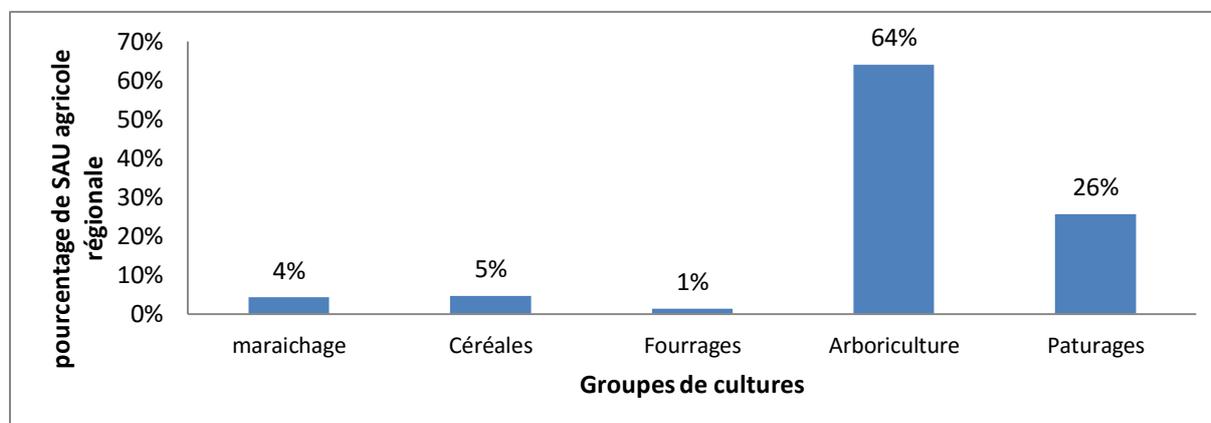


Figure 5 : répartition de la SAU des principaux groupes de cultures

A l'échelle des délégations, l'arboriculture et les pâturages couvrent la majorité du paysage agricole local mais des tendances apparaissent entre les délégations (Figure 6):

- A dominance pâturages : Jelma, Cebala et Mezzouna
- A dominance arboricole : les autres délégations

Des tendances apparaissent également entre les activités de grandes cultures et de maraichage sans pour autant que ces activités ne dépassent 15% de la surface de chaque délégation (Figure 6).

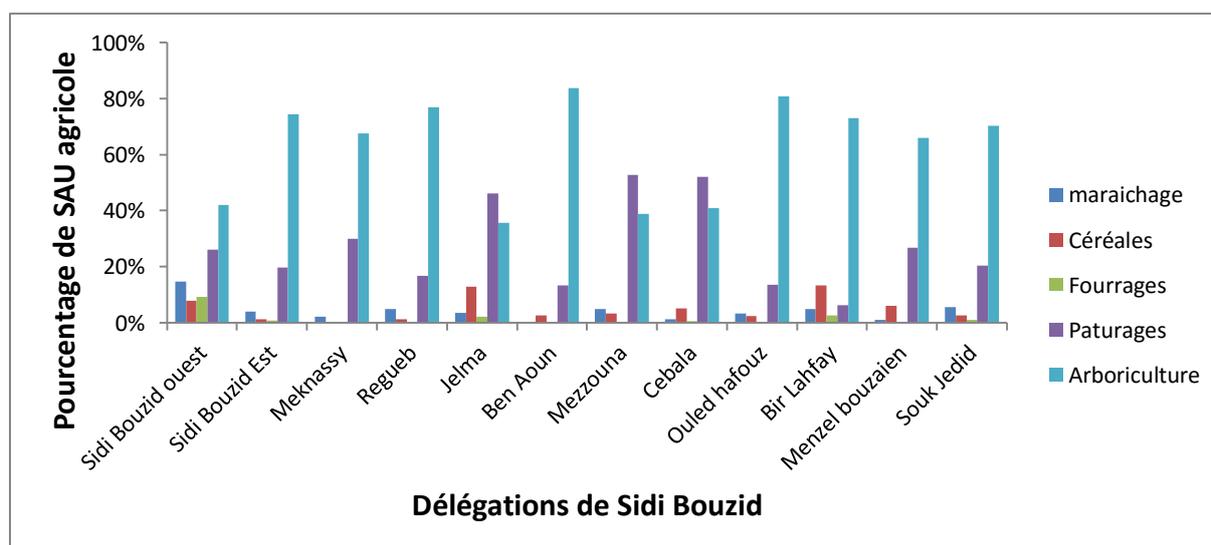


Figure 6 : répartition de la SAU des principales cultures par délégation

<sup>21</sup> Représentée majoritairement par l'olivier

Ainsi, en faisant abstraction des espaces arborés et des pâturages, nous avons classé les délégations entre tendances maraichère, grandes cultures et mixte (Figure 7). Des tendances apparaissent entre les délégations, entre :

- Orientation maraichère : Souk jedid, Regueb, Sidi Bouzid Ouest et Est.
- Orientation céréaliculture Menzel Bouzaïen, Ben Aoun, Bir Lahfay, Cebala et Jelma
- Orientation mixte : Ouled Hafouz, Meknassy et Mezzouna

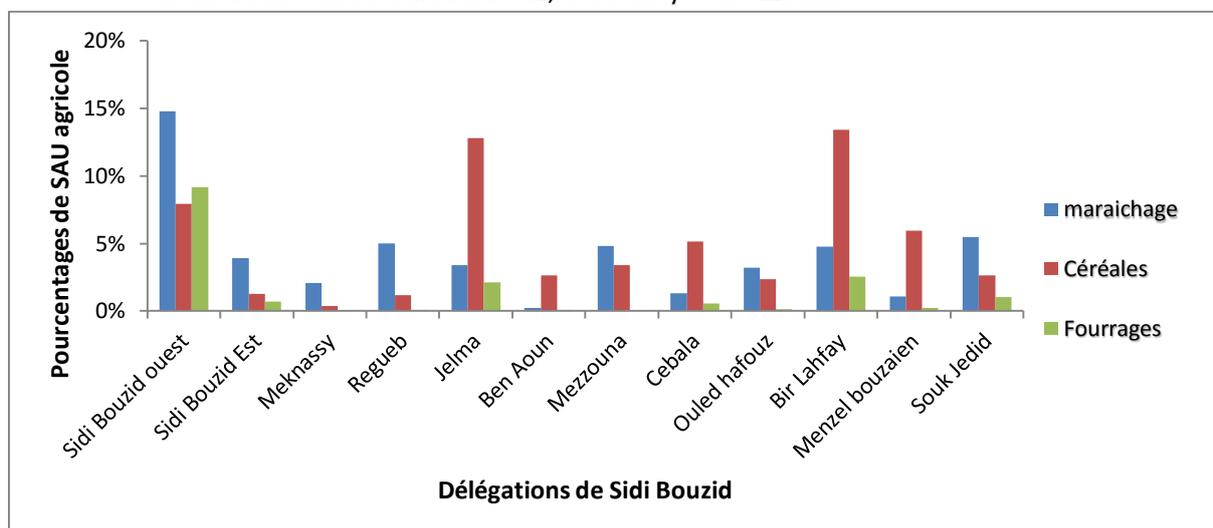


Figure 7 : répartition des SAU des grandes cultures et maraichage entre les délégations de Sidi Bouzid

### 3.2.2. Systèmes d'élevage

On constate que l'élevage de petits ruminants en général et l'élevage ovin en particulier, représente une activité dominante chez les éleveurs de Sidi Bouzid. En effet, l'effectif ovin est de l'ordre de 320 000 têtes en 2014, contre 30 000 têtes bovines et 45 000 têtes caprines (Figure 8).

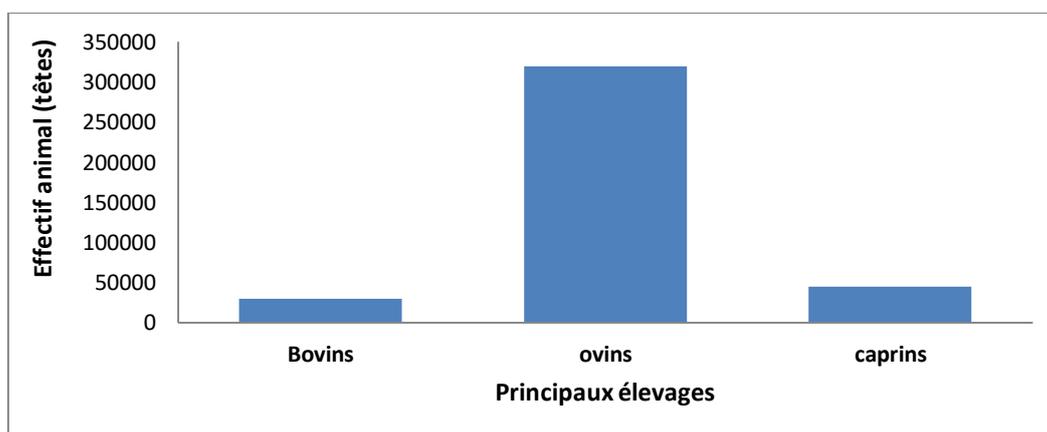


Figure 8 : effectif animal de Sidi Bouzid (2014)

A l'échelle des délégations, l'élevage de petits ruminants est dominant en termes absolus dans toutes les zones. En termes relatifs, des tendances se dessinent entre des délégations à orientation unique, élevage de petits ruminants (ovins et caprins) et des délégations à double orientation d'élevage : élevage de petits ruminants et élevage bovin laitier (Figure 9).

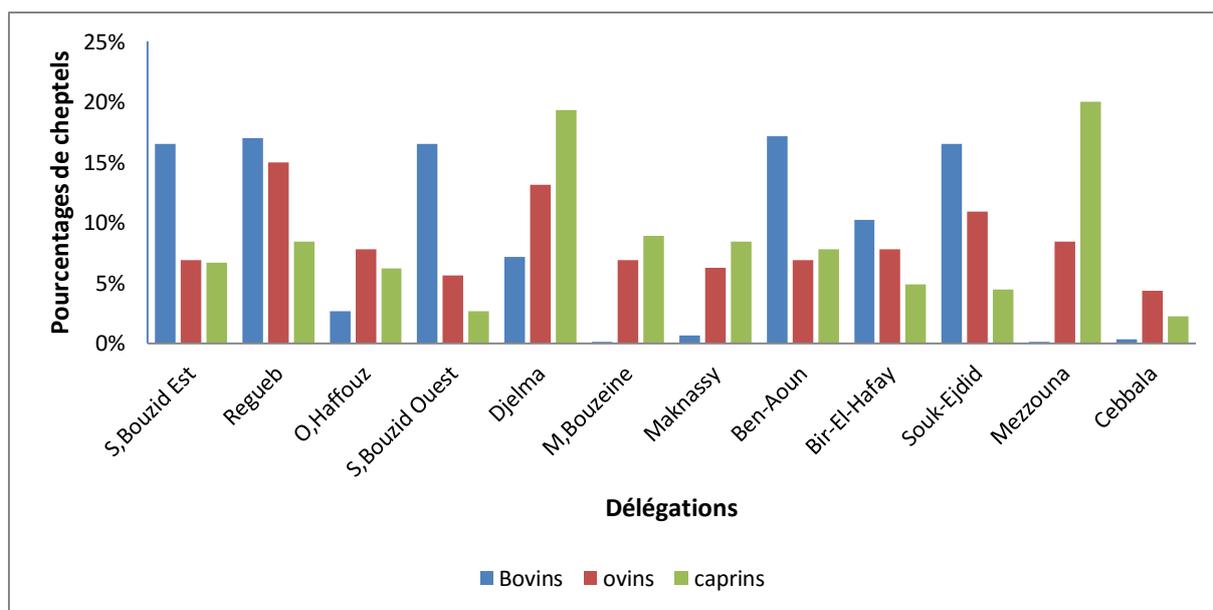


Figure 9 : répartition du cheptel des principaux élevages entre les délégations de Sidi Bouzid

### 3.3. Zones agricoles homogènes

Après avoir identifié les orientations agricoles de chaque délégation, nous avons regroupés celles ayant des orientations homogènes en 6 zones (Tableau 1). Les zones sont définies par les limites administratives et les systèmes de cultures et d'élevage dominants.

Tableau 1 : Zones agricoles homogènes

Délégations	Système de culture		Système d'élevage*	ZONES
Jelma	Pâturages	Céréales	PR	1
Cebala	Pâturages	Céréales	PR	
Sidi Bouzid Ouest	Arboriculture	Maraichage	PR + BL	2
Sidi Bouzid Est	Arboriculture	Maraichage	PR + BL	
Regueb	Arboriculture	Maraichage	PR + BL	
Souk Jedid	Arboriculture	Maraichage	PR + BL	
Ben Aoun	Arboriculture	Céréales	PR + BL	3
Bir lahfoy	Arboriculture	Céréales	PR + BL	
Menzel Bouzaien	Arboriculture	Céréales	PR	4
Ouled Hafouz	Arboriculture	Mixte	PR	5
Meknassy	Arboriculture	Mixte	PR	
Mezzouna	Pâturages	Mixte	PR	6

\*PR : Petits ruminants ; BL : bovin laitier

Cette nouvelle organisation de l'espace de la zone d'étude en fonction des orientations agricoles, implique une nouvelle description de la zone.

Comme illustré sur la Carte 2 (Figure 10), on constate en effet que la concentration des exploitants est plus marquée dans les zones 2 et 5 qui abritent plus de 60% des agriculteurs de Sidi Bouzid. Tandis que, la zone 6 par exemple, n'abrite que 5% des exploitants de Sidi Bouzid.

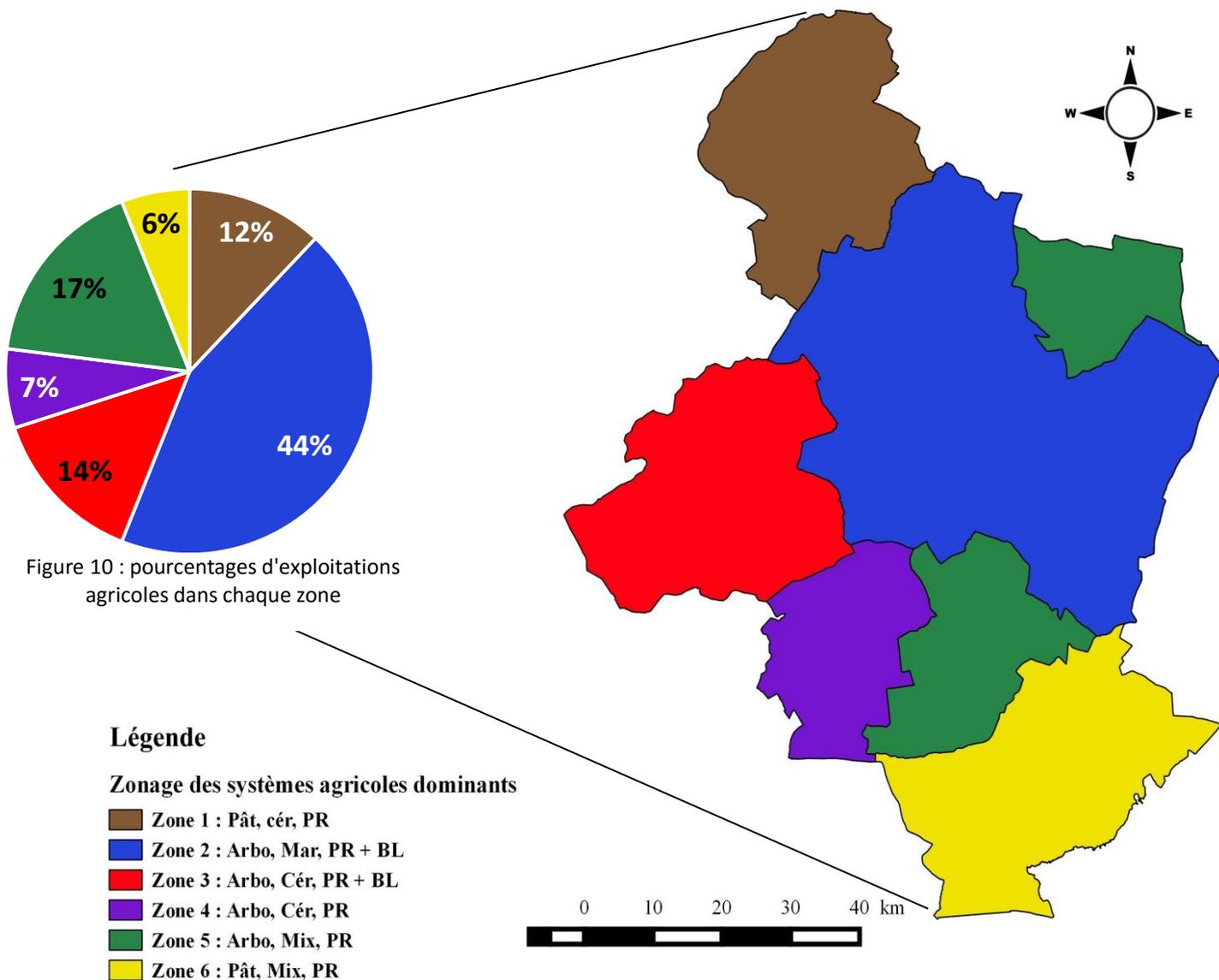


Figure 10 : pourcentages d'exploitations agricoles dans chaque zone

### Légende

#### Zonage des systèmes agricoles dominants

- Zone 1 : Pât, cér, PR
- Zone 2 : Arbo, Mar, PR + BL
- Zone 3 : Arbo, Cér, PR + BL
- Zone 4 : Arbo, Cér, PR
- Zone 5 : Arbo, Mix, PR
- Zone 6 : Pât, Mix, PR

**Pât** : pâturage ; **cér** : céréaliculture ; **arbo** : arboriculture ; **mar** : maraichage ; **mix** : Mixte ; **PR** : petits ruminants ; **BL** : bovin laitiers

Carte 2 : zonages des systèmes agricoles dominants et nombre d'agriculteurs (source : auteur)

## 4. Echantillonnage à dires d'experts

Des entretiens avec des experts locaux ont été réalisés, à l'échelle régionale et à l'échelle des délégations.

A l'échelle du gouvernorat, des entretiens ont été menés avec différents services du Commissariat régional de Développement Agricole (CRDA), au centre régional de recherche agricole, l'agence de promotion des investissements agricole et la chambre de commerce et de l'industrie de Sidi Bouzid.

A l'échelle des délégations, 9 responsables de cellules territoriales de vulgarisation.

**Tableau 2 : attendus des entretiens avec un groupe d'experts locaux pour l'échantillonnage**

<b>Organisme</b>	<b>Service</b>	<b>Attendus de l'entretien</b>
CRDA	Direction	Structure des producteurs
CRDA	Production végétale	
CRDA	Production animale	Profil des éleveurs
CRDA	Ressources hydriques	Différentes pratiques d'irrigation
APIA	Direction	Profils des investisseurs
CRRRA	Directeur du centre de recherche	Structure des producteurs
CCI	Direction + visite de marchés	Disparités d'accès aux marchés locaux et relations entre la production et les structures de production
CTV	9 délégations sur 12	Choix des exploitants à enquêter

16 entretiens avec des experts locaux ont été réalisés comme présenté dans la Carte 3. Le tableau ci-dessus (**Tableau 2**) représente l'ensemble des entretiens réalisés et les attendus de chaque entretien ou groupe d'entretiens. 7 entretiens ont été réalisés auprès d'institutions basées à Sidi Bouzid centre, chef-lieu du gouvernorat de Sidi Bouzid. Auprès de la direction et les services de production animale, production végétale et du service des ressources hydriques. Puis au niveau des délégations. Nous avons rencontré 9 des 12 chefs CTV. ([Annexe 12](#))

Les premiers entretiens nous ont permis de positionner notre question de recherche par rapport aux avis des experts locaux et d'identifier les critères pertinents de classification des exploitations.

En effet, la réponse à la question « comment considérez-vous la relation entre l'agriculture et l'alimentation à Sidi Bouzid », pour l'ensemble des 7 entretiens, et que c'est l'importance du revenu agricole qui détermine la sécurité alimentaire des ménages. Pour le directeur du CRDA, il y a également la problématique d'usage abusif des pesticides qui détériore la qualité des aliments produits à Sidi Bouzid.

En ce qui concerne la pertinence de l'autoconsommation pour la sécurité alimentaire des ménages producteurs, les avis sont tranchés. Certains pensent que l'autoconsommation agricole joue un rôle important pour les ménages pauvres qui disposent de peu de ressources et qui sans leur autoconsommation (essentiellement des céréales, de l'huile d'olive et de la viande de volaille) n'arriveraient pas à survivre. D'autres pensent que l'autoconsommation n'est pas importante, car peu diversifiée et souvent attachée à une agriculture peu productive. Et que les ménages qui diversifient leur production ont forcément recours à l'irrigation qui nécessite un investissement financier et orientent donc leur production vers le marché et non aux besoins alimentaires de la famille.

Quant à l'impact environnemental de l'activité agricole, la surexploitation de la ressource hydro agricole et l'usage d'intrants chimiques apparaissent comme étant les deux critères d'altération les plus pertinents. En plus de la détérioration des terres de parcours citée par le service de la production animale du CRDA et au CRRRA.

En ce qui concerne la commercialisation de la production, il existe deux marchés de gros à Sidi Bouzid, en plus de marchés hebdomadaires dans chaque délégation. Des vendeurs ambulants de produits agricoles sont également présents dans l'ensemble des délégations. Lors de la visite au

marché de gros central de Sidi Bouzid, nous avons essayé d'identifier des liens entre la nature de la production et les structures de productions. Il en ressort que les exploitations de petite taille économique ont tendance à fournir le marché en légumes feuilles, les exploitations de moyenne taille économique fourniraient plutôt des légumes et que ce sont les exploitations de grande taille économique qui fournissent le marché en fruits.

Pour l'investissement, la plupart des investissements enregistrés par l'agence de promotion des investissements agricoles concernent une installation hydraulique et les investissements les plus importants (catégorie C) enregistrés concernent des exploitants qui veulent investir dans une exploitation arboricole.

En ce qui concerne les orientations culturelles, l'arboriculture est généralisée sur l'ensemble du gouvernorat avec une dominance de l'olivier pluvial qui a occupé les terres anciennement destinées au pâturage. Le maraichage se développe dans les zones le mieux arrosées et l'arboriculture fruitière surtout dans la délégation de Regueb. La céréaliculture est épisodique avec une concentration particulière dans les délégations de Jelma et Ouled Hafouz qui cultivent des céréales irriguées. En ce qui concerne l'élevage, les deux élevages phares, sont l'élevage de petits ruminants et l'élevage bovin laitier. L'aviculture fait face aux problèmes climatiques (températures élevées) et à l'augmentation des prix des intrants. C'est l'explication que nous avons trouvée après avoir remarqué un nombre important de bâtiments d'élevage abandonnés.

#### Quels critères de classification ?

Les critères retenus pour la classification des ménages producteurs de Sidi Bouzid sont :

- L'irrigation qui représente un critère important de distinction entre les agriculteurs dans cette zone aride. Selon les experts locaux entretenus, la pratique de l'irrigation va de pair avec l'insertion au marché des agriculteurs<sup>22</sup>. Il existe 3 types de comportements pour l'irrigation :
  - ✓ des exploitations pluviales qui n'apportent qu'une irrigation d'appoint pour leur patrimoine arboricole. Cet apport d'eau est assimilé à une irrigation de survie.
  - ✓ Des exploitations qui pratiquent une agriculture mixte pluviale et irriguée. Il s'agit souvent d'exploitations familiales qui n'irriguent qu'un certain pourcentage de leur exploitation à partir de puits de surface.
  - ✓ Des exploitations entièrement irriguées. Il s'agit souvent d'exploitations patronales ou entrepreneuriales récemment installées dans la zone.

Le critère sélectionné est celui du ratio entre surface irriguée et surface de l'exploitation qui permet d'approcher le niveau d'accès à la ressource hydro agricole.

- L'intensification en intrants, qui nécessite d'une part le recours à l'eau d'irrigation et d'autre part l'usage d'intrants chimiques.

A ce niveau, nous retenons un critère à variable binaire qui illustre l'usage ou non de manière régulière d'intrants chimiques sur l'exploitation.

---

<sup>22</sup> Nécessitant un investissement important, l'accès à l'irrigation implique une insertion au marché des agriculteurs qui doivent rentabiliser leur investissement et qui témoigne de leur volonté de maximiser leurs revenus agricoles.

- L'autoconsommation, qui illustre le lien du ménage avec l'exploitation. Selon les experts entretenus, l'autoconsommation agricole est intimement liée aux cultures pluviales qui représentent l'alimentation de base des ménages agricoles mais surtout liée à un mode de fonctionnement des exploitations, qu'est le mode familial de production agricole.

Nous avons retenu un indicateur relatif à l'autoconsommation qui représente le pourcentage de cultures que l'agriculteur déclare destinées à la consommation familiale par rapport à l'ensemble des cultures cultivées.

À partir de l'objectif de ce travail qui traite des relations entre la production et l'alimentation des ménages agricoles ; nous allons classer ces ménages entre des ménages :

- producteurs consommateurs, qui sont des exploitations qui ont des cultures destinées prioritairement à l'alimentation de leurs ménages. Ces ménages ont une production extensive et un niveau d'autoconsommation assez élevé.
- producteurs consommateurs marchands, qui cultivent en partie pour l'alimentation du ménage et en partie pour la vente sur le marché et qui intensifient en intrants une partie de leur production. Ces ménages ont un système de production semi intensif avec une proportion variable de leur exploitation qui est irriguée, et leur autoconsommation est plus faible mais non négligeable.
- et producteurs marchands qui produisent uniquement pour la vente sur le marché. Ces ménages intensifient en intrants et éventuellement en capital leur production. Ces ménages ont un système de production intensif souvent entièrement irrigué et la pratique d'autoconsommation est quasi absente.

#### *Quels critères de sélection et quels agriculteurs enquêter ?*

Les entretiens de choix d'agriculteurs ont été réalisés auprès des cellules territoriales de vulgarisation (CTV). Ces CTV regroupent les agents qui sont les plus proches des agriculteurs et les mieux placés pour les identifier. L'identification des agriculteurs à enquêter s'est faite sur la base de critères de diversité des systèmes de production.

Dans un premier temps, nous avons pris comme critère l'irrigation, car des différences structurelles existent entre les irrigants et non irrigants. Ensuite dans le groupe des non irrigants, des différences existent entre ceux qui s'orientent plutôt vers l'élevage ou vers l'arboriculture pluviale. Pour le groupe des irrigants, la distinction s'est faite à partir de la culture principale irriguée entre cultures annuelles (maraichage essentiellement) et cultures pérennes (arboriculture fruitière).

Exploitations pluviales		Exploitations irriguées	
Elevage	Arboriculture	Maraichage	Arboriculture

Quant au nombre d'exploitations à enquêter, il a été décidé en fonction du nombre d'exploitants de chaque zone. Comme illustré dans le **Tableau 2** ; dans les zones où il y a moins de 10% de l'ensemble des exploitants, les experts nous ont recommandé de réaliser 3 entretiens, dans la zone où il y a 44% des exploitants, 9 entretiens à réaliser et 6 entretiens à réaliser dans les zones intermédiaires.

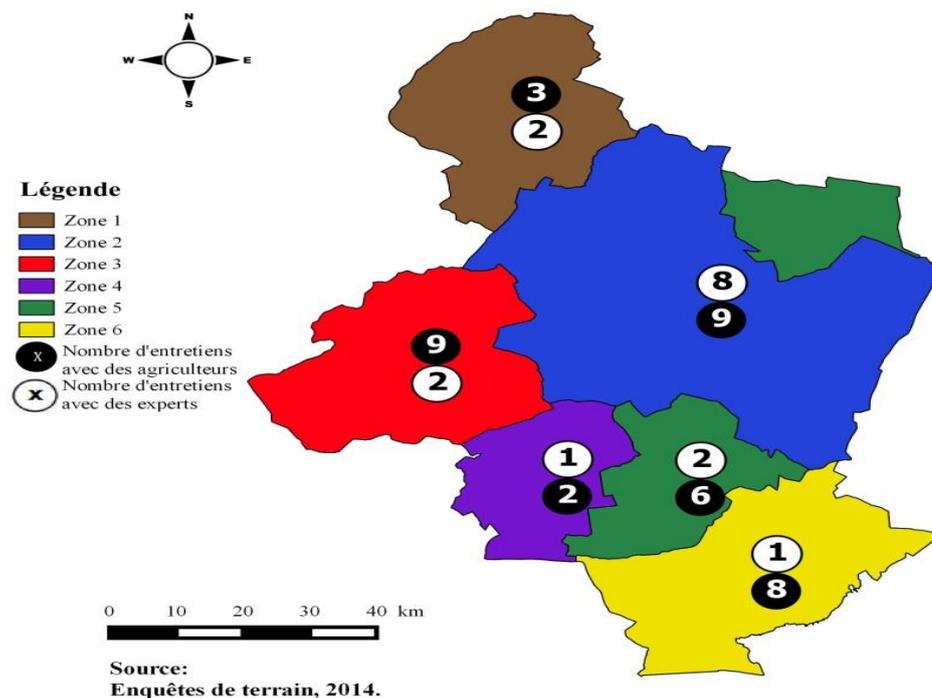
Ainsi, 9 entretiens devaient être menés dans la zone 2 car abritant 44% des exploitants, 6 entretiens dans chacune des zones 1, 3 et 5 et 3 entretiens dans les zones 4 et 6. Cependant certains entretiens n'ont pas pu être réalisés comme dans les zones 1 où 3 des 6 entretiens n'ont pas eu lieu, et dans la zone 4 où un entretien n'a pas été réalisé. Cependant, une fois sur terrain ; nous avons réalisés des entretiens supplémentaires dans certaines zones. D'une part car les exploitants étaient plus réceptifs

et d'autre part car nous avons estimé qu'il était nécessaire de réaliser plus d'entretiens pour couvrir la diversité locale. A l'exemple de zones d'agriculture pluviale mixte comme la zone 6. Au final 37 entretiens avec les agriculteurs ont été réalisés dans la zone, répartis entre les zones comme indiqué dans le Tableau 3.

Tableau 3 : échantillonnage à dire d'experts

	Pourcentage d'exploitants (source : CRDA)	Entretiens à réaliser	Entretiens réalisés
Zone 1	12.5%	6	3
Zone 2	44%	9	9
Zone 3	14%	6	9
Zone 4	7.5%	3	2
Zone 5	17%	6	6
Zone 6	5%	3	8
TOTAL	100%	33	37

Pour mieux illustrer la répartition spatiale des entretiens réalisés auprès d'agriculteurs et experts locaux ; la Carte 3 a été réalisée à partir de la carte numérique fournie par le CRDA de Sidi Bouzid et à l'aide du logiciel QGis.



Carte 3 : Répartition des entretiens réalisés par zone (source : auteur)

#### 4.1. Entretiens agriculteurs

37 entretiens ont été réalisés avec les agriculteurs qui sont à la fois chef d'exploitation et de ménage.

Ces entretiens semi directifs ont duré 30 minutes en moyenne par exploitant et ont porté sur : La structure de l'exploitation, les objectifs de production (vente, alimentation humaine, fourrages), la

nature des intrants et le système de production. ([Annexe 7 : Guide d'entretien pour les producteurs – exploitations- ménages agricoles](#))

Ces entretiens se sont déroulés pendant le mois d'avril 2014 avec l'appui logistique de l'institut national de nutrition et de technologie alimentaire de Tunis (INNTA) et l'appui financier de l'institut nationale de recherche agronomique de Montpellier (INRA) dans le cadre du projet Medina.

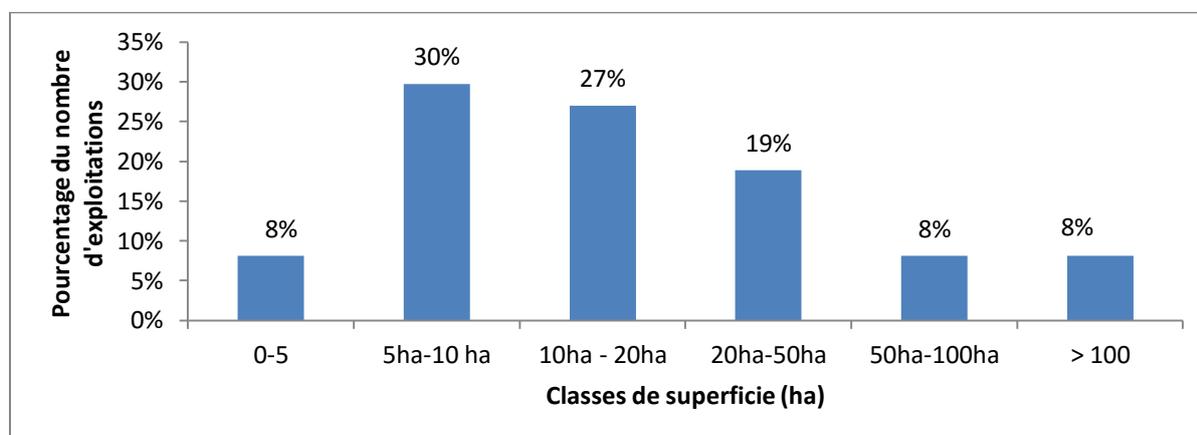
### *Description de l'échantillon*

A partir de l'échantillon enquêté nous présentons ci-dessous la description des données collectées pour des variables relatives à la structure, l'intensification et les orientations culturelles des exploitations, l'élevage, le profils des irrigants ainsi que la diversité cultivée, le type de main d'œuvre employée et attributs du ménage producteur. Nous comparons les résultats de notre enquête aux résultats de la dernière enquête de structure des exploitations 2004-2005 ([Annexe 6 : récapitulatif de la confrontation de l'échantillon aux résultats de l'enquête de structure des exploitations agricoles de 2004/05 à Sidi Bouzid](#)).

#### Structure des exploitations

L'exploitation moyenne des agriculteurs enquêtés couvre 31.55 ha (28.92)<sup>23</sup>. On constate une concentration d'exploitations de taille moyenne, en effet ;  $\frac{3}{4}$  de l'échantillon à une superficie d'exploitation inférieure à 27 ha. L'enquête de structure de 2004/05 (Marh, 2007), montre que la surface moyenne des exploitations agricoles de Sidi Bouzid est de 12.73 ha.

On constate également que les exploitations de taille petite à moyenne (moins de 30 ha) représentent plus de 80% de l'ensemble des exploitations de notre échantillon (**Figure 11**).



**Figure 11 : la répartition de l'échantillon enquêté entre les classes de superficie d'exploitation**

Par rapport aux données régionales ; notre échantillon ne sous représente que les petites exploitations de moins de 5 ha. Ces exploitations représentent 41% des agriculteurs de Sidi Bouzid selon les statistiques officielles (Figure 12) et ne représentent que 8% de notre échantillon (**Figure 11**). Les classes de superficie entre 5 et 50 ha sont correctement représentées par notre échantillon et les classes de superficie de plus de 50 ha sont surreprésentées par notre échantillon.

<sup>23</sup> Ecart type moyen

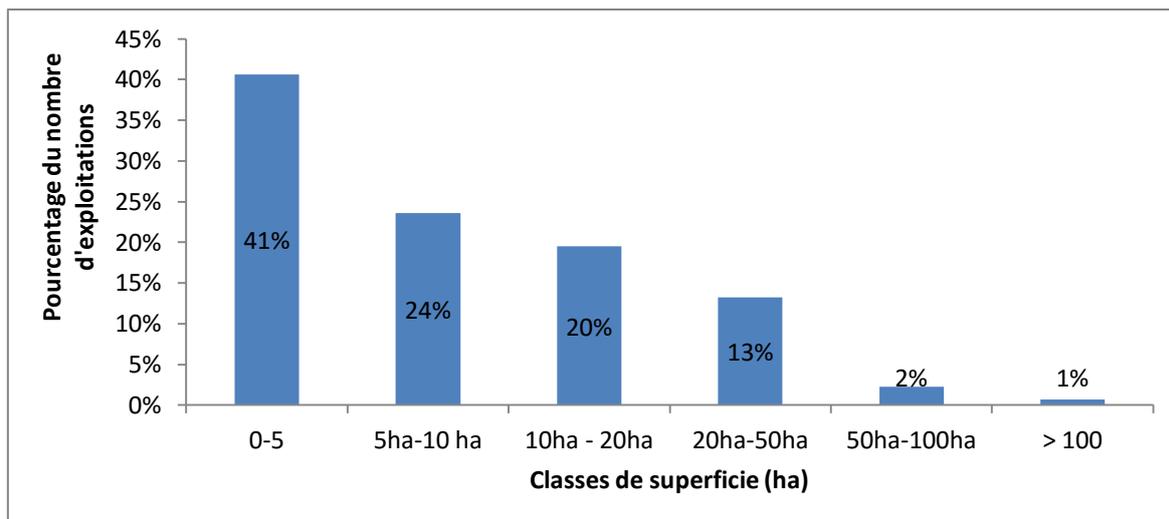


Figure 12 : Répartition des exploitations agricoles de Sidi Bouzid par classes de superficie

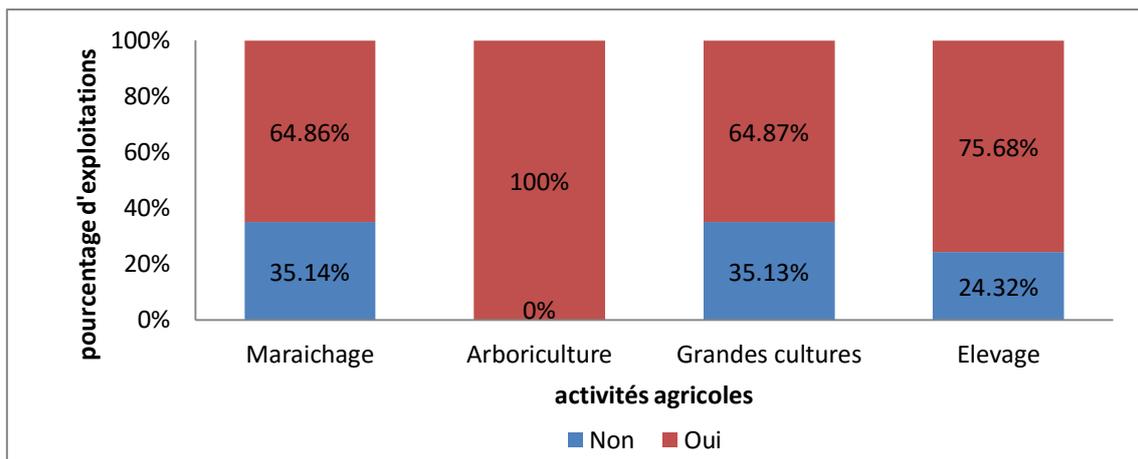
(Source : MAERH, 2007)

Comme la majorité des exploitations en Tunisie, le mode de faire valoir (MDFV) dominant est le mode direct, avec 86% des exploitants enquêtés qui exploitent leur propres terres ou celle de leur ménages, contre 14% d'exploitations en mode de faire valoir mixte. Dans notre cas, le mode de faire valoir mixte correspond au exploitants qui ont leur propres terres et qui en louent d'autres. Comparé à la diversité régionale, les données de structure des exploitations agricoles affichent également une forte prévalence du mode de faire valoir direct à Sidi Bouzid qui concerne 99% des parcelles (Marh, 2007). Le reste des parcelles est exploité par location ou métayage.

#### Activités agricoles

Concernant les orientations culturelles des exploitants, le graphique ci-dessous (Figure 13) illustre le pourcentage d'exploitants qui pratiquent de l'arboriculture, du maraichage, des grandes cultures et de l'élevage. Il apparaît clairement que l'échantillon enquêté a couvert quasi équitablement les grands groupes d'activités agricoles avec pas moins de 65% des exploitants qui déclarent pratiquer du maraichage, des grandes cultures, de l'arboriculture et/ou de l'élevage. On constate également que l'arboriculture et l'élevage<sup>24</sup> représentent les deux principales activités agricoles de Sidi Bouzid.

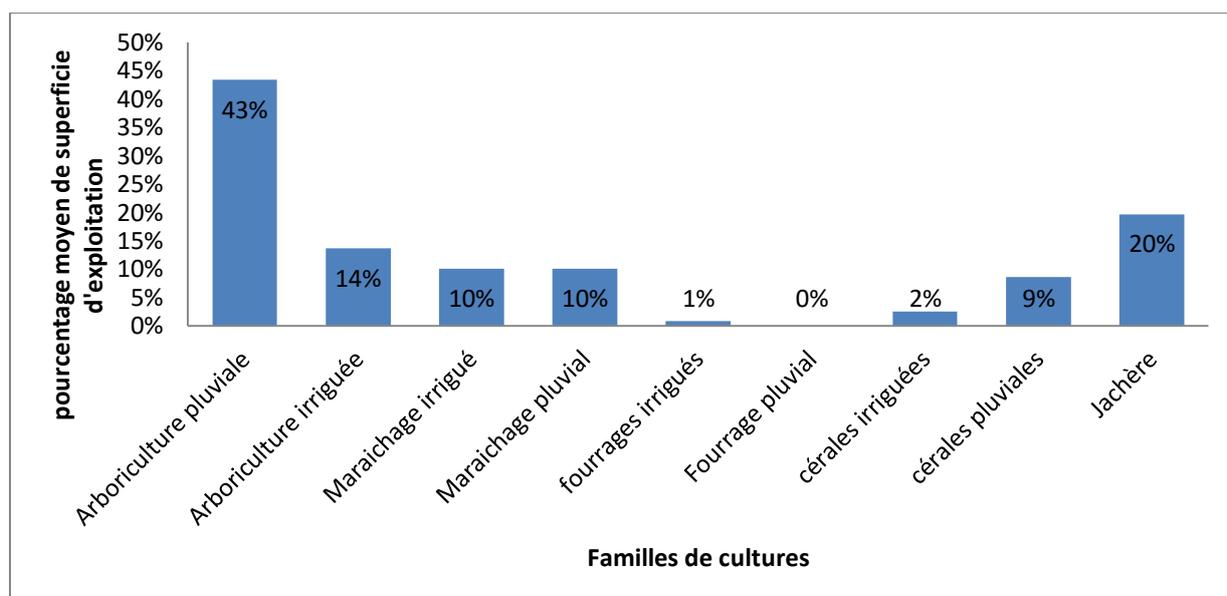
<sup>24</sup> L'élevage de petits ruminants : ovins et caprins



**Figure 13 : Orientations culturelles par exploitant**

Nous ne disposons pas d'informations pour confronter le nombre d'agriculteurs qui pratiquent les groupes d'activités agricoles comme présenté dans la **Figure 13**

Nous avons confronté notre échantillon aux données régionales en termes de SAU occupée par les groupes de cultures. Ainsi, comme illustré sur la **Figure 14**, l'ensemble des exploitations enquêtées sont formées à raison de 57% de surfaces arborées, ensuite 20% de terres sont laissées en jachère assimilée à un parcours privé. 23% des terres sont allouées à des cultures annuelles entre cultures maraichères, céréalières et fourragères. Par rapport aux données officielles, pour l'année de l'enquête (2014), la base de données de production du CRDA montre que 64% de la SAU régionale est occupée par de l'arboriculture, 26% pour les pâturages et 10% pour des cultures annuelles respectivement entre céréaliculture, maraichage et production de fourrages (**Figure 5**). Ainsi, notre échantillon surreprésente les surfaces maraichères régionales aux dépens essentiellement de l'arboriculture.



**Figure 14 : importance des groupes de cultures conduites en sec et en irrigué pour l'ensemble des exploitations enquêtées**

En ce qui concerne la diversité cultivée, nous avons calculé le nombre de cultures cultivées<sup>25</sup> dans chaque exploitation qui constitue le score de diversité cultivée. Ce score moyenne pour notre échantillon et de 5.59 par exploitation (1.68)<sup>26</sup>. On constate une diversité cultivée assez importante dans la zone avec plus de la moitié de l'échantillon ayant un score de diversité situé entre 4 et 6 cultures par exploitation (Figure 15). En effet, la Figure 16 illustre la courbe de fréquence du score de diversité cultivée. Nous constatons que près des deux tiers des exploitations<sup>27</sup> cultivent 4, 5 ou 6 cultures par an sur leurs exploitations.

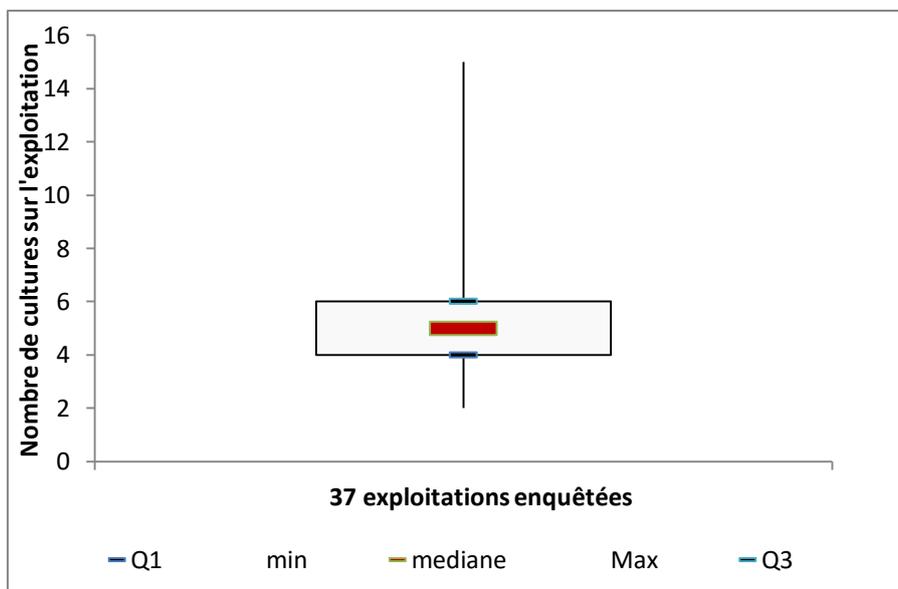


Figure 15 : score de diversité cultivée

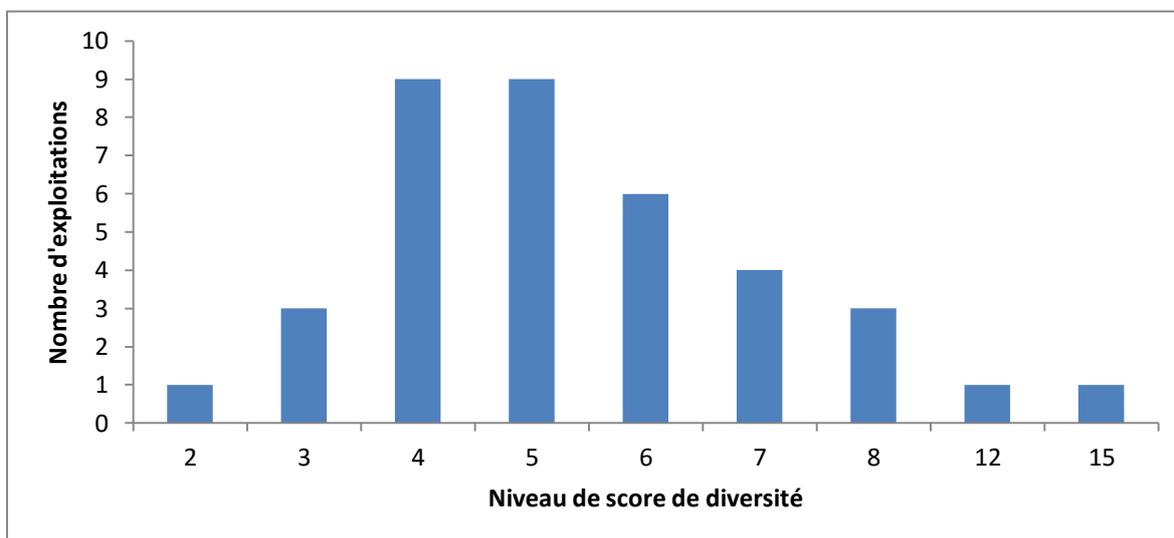


Figure 16 : répartition du score de diversité cultivée pour l'ensemble des exploitations enquêtées

<sup>25</sup> Sans considérer la technique (irrigation et niveau d'intensification) et les variétés et en considérant les cultures intercalaires et les antécédents culturaux

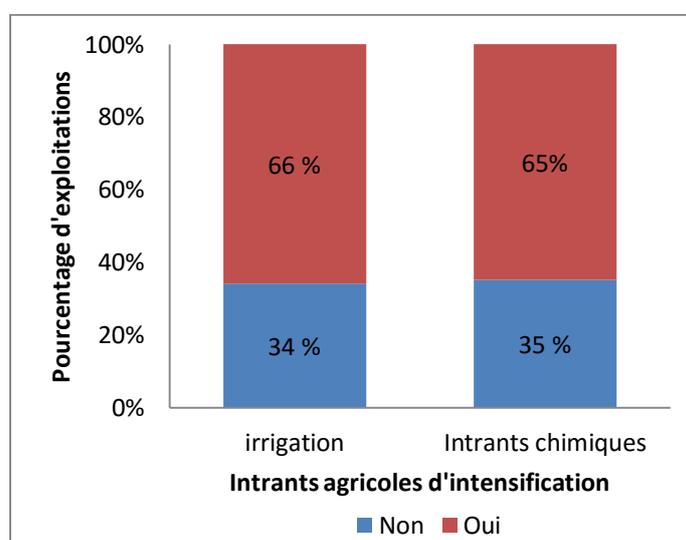
<sup>26</sup> Ecart type moyen

<sup>27</sup> 24 exploitations sur 37

Deux cas extrêmes apparaissent également (Figure 16). Une seule exploitation ne cultive que 2 cultures sur l'exploitation ; il s'agit d'une exploitation entrepreneuriale spécialisée dans l'arboriculture qui vient de démarrer et qui ne représente pas la principale activité du ménage producteur. Deux exploitations pratiquent 12 et 15 cultures par an sur leurs exploitations. Il s'agit pour les deux cas d'exploitations familiales qui ; grâce à l'irrigation ; diversifient les cultures destinées à l'autoconsommation<sup>28</sup>.

### Facteurs de production et intensification

Les familles de cultures sont conduites sous différents modes d'intensification. Une intensification en intrants qui ne se fait dans cette zone aride qu'avec le recours à l'irrigation et l'usage d'intrants chimiques<sup>29</sup> associés aux variétés conventionnelles<sup>30</sup> productives. Sur l'ensemble de l'échantillon, 35% des terres sont irriguées. 35% des exploitations sont irriguées et utilisent régulièrement des intrants chimiques sur leurs exploitations. Le graphique ci-dessous (**Figure 17**) illustre la part des agriculteurs enquêtés qui ont recours ou non à l'irrigation et à l'usage d'intrants chimiques. Il en ressort ; pour notre échantillon ; qu'au moins 65% des exploitants pratiquent une agriculture de semi intensive<sup>31</sup> à hyper intensive<sup>32</sup>, tandis que 35% des agriculteurs au plus, pratiquent une agriculture extensive. Les statistiques officielles affichent par contre que 79,7% des exploitations sont conduites entièrement en sec et 20,3% des exploitations sont en partie ou totalement irriguées (Marh, 2007). Nous justifions notre choix d'échantillon contenant plus d'irrigants par le besoin de couvrir le plus de diversité des exploitations, une diversité qui est relativement limitée au sein de l'échantillon des non irrigants. Nous ne disposons pas de données pour comparer la fréquence d'usage d'intrants chimiques pour les exploitations.



**Figure 17 : irrigation et usage d'intrants chimiques**

<sup>28</sup> Ces deux exploitations cultivent des arbres fruitiers destinés à l'autoconsommation familiale

<sup>29</sup> Fertilisants et produits de traitement phytosanitaire

<sup>30</sup> En analogie à traditionnelles

<sup>31</sup> Par Semi intensif, nous désignons le système de production combinant des cultures conduites en intensif et des cultures conduites en extensif au sein de la même exploitation agricole.

<sup>32</sup> La conduite du système hyper intensif ne concerne que l'oléiculture. Il se base sur l'emploi d'une densité très élevée comprise entre 1250 jusqu'à 2500 pieds d'oliviers par ha. En Tunisie, la culture traditionnelle implique une densité de 17 pieds par ha.

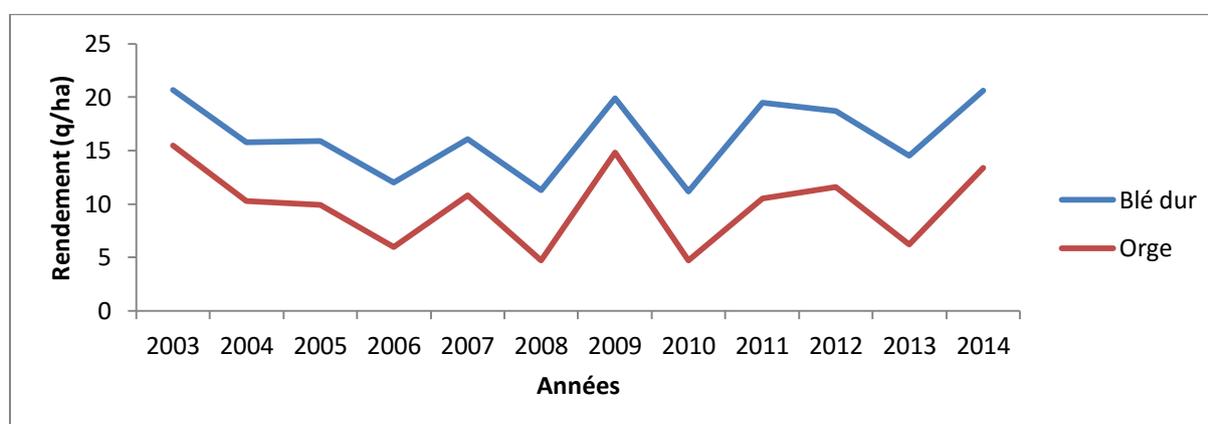
## Profil des irrigants

Parmi les facteurs de production présentés, l'accès à l'eau d'irrigation représente un enjeu de taille pour les agriculteurs de Sidi Bouzid. Dans un climat aléatoire et aride, la ressource hydroagricole permet aux exploitants de garantir un revenu agricole plus élevé et surtout plus régulier. Cependant, ces irrigants ont des profils différents.

**Tableau 4 : pluviométrie, humidité et températures moyennes entre 2008 et 2010 à Sidi Bouzid**

	Année	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	aout	Sept	Oct	Nov	Dec
Pluviométrie (mm)	2008	9.8	4	10.8	7.8	3.2	10.4	-	12.4	54.4	5	2.2	11.8
	2009	123	0.4	8.6	70.6	67.6	9.2	-	19.4	122.9	-	-	12.7
	2010	135	0.8	15.6	72.6	81.3	32.1	-	11.5	142.1	-	-	16.5
Température (°C)	2008	10.5	11.4	14.8	18.8	22.2	25.3	30.2	29.1	25.4	20.4	14.1	10.2
	2009	10.7	10.8	16	21	21	26.3	30.4	27.4	24.4	19.1	15.2	13.7
	2010	11.2	10.6	15.9	22	21.6	25.4	31.2	28.4	25.3	19.4	14.2	13.5

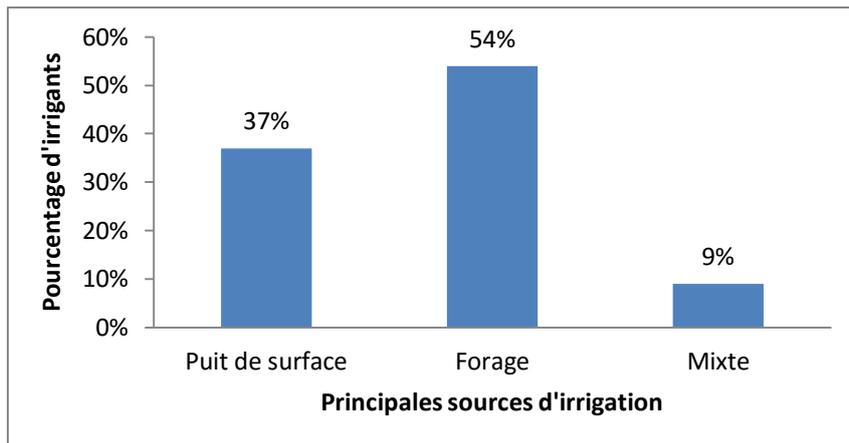
Le **Tableau 4** ci-dessus présente la pluviométrie et les températures moyennes dans le gouvernorat de Sidi Bouzid entre 2008 et 2010. On remarque une irrégularité inter et intra annuelle de la pluviométrie qui reste faible, entre 200 et 250 mm par an en moyenne sur l'ensemble du gouvernorat. Cette faible pluviométrie est associée à une humidité importante tout au long de l'année et à des températures très variables avec un été relativement chaud et un hiver frais. Quant au rendement des céréales de Sidi Bouzid, on constate une forte variabilité inter annuelle comme illustré par la **Figure 18** pour le blé dur et l'orge.



**Figure 18: Variation du rendement du blé dur et de l'orge entre 2003 et 2014 (q/ha)**

*Source : données ONAGRI*

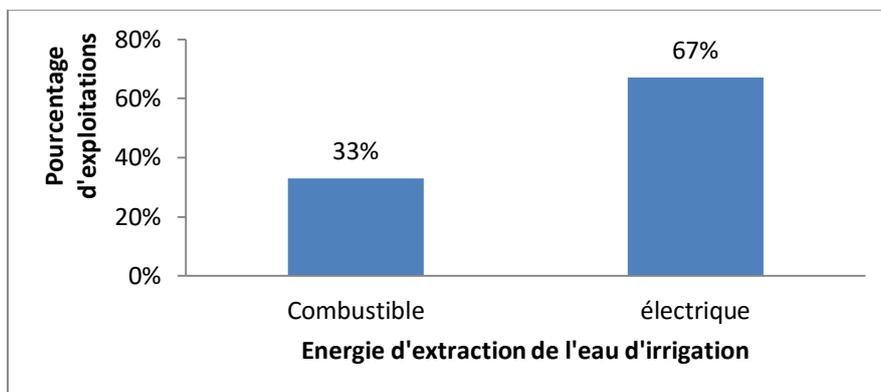
En termes d'accès à la ressources (Figure 19), il ressort que 54% des exploitants enquêtés accèdent à l'eau souterraine à travers un forage profond (>50 mètres), tandis que 37% utilisent un puit de surface (<50 mètres) et 9% utilisent plusieurs sources (puits, forages, lac collinaires). L'enquête de structure des exploitations agricoles affiche une tendance inversée, avec 76.2% des surfaces irriguées sur puit de surface, 21.6% irriguées sur forage et 2.2% sur lacs collinaires et eaux d'épandage (MARH, 2007).



**Figure 19 : source d'eau des irrigants enquêtés**

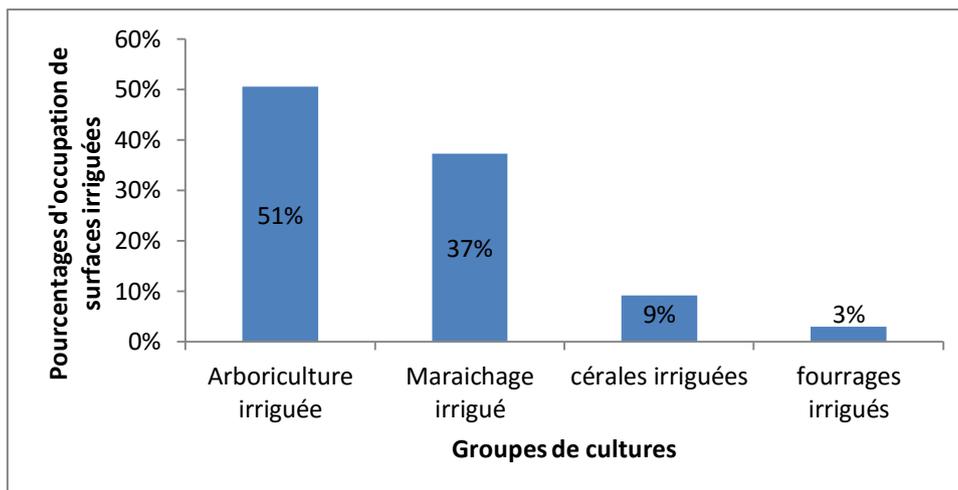
Ces points d'extraction de l'eau souterraine utilisent une pompe qui fonctionne soit au gasoil soit à l'électricité. Notons par ailleurs que quelques agriculteurs commencent à utiliser des panneaux photovoltaïques pour alimenter leur exploitation en énergie solaire. L'électrification des exploitations agricoles enquêtées a touché 67% des agriculteurs (Figure 20). A l'échelle régionale, le taux de d'électrification des exploitations agricoles à Sidi Bouzid est de 84% (Marh, 2007).

Notons par ailleurs que l'électrification réduira les couts d'extraction de l'eau supportés par les agriculteurs, et atténuera éventuellement la dynamique de la contrebande de carburant très répandue dans la zone centrale Tunisienne. A titre indicatif, le rapport d'achèvement du projet d'électrification en rurale en Tunisie réalisé par la banque africaine de développement (Bad, 2001) ; Indique que la différence entre les dépenses d'énergie des ménages ruraux sans et avec l'électrification est de -60.5%.



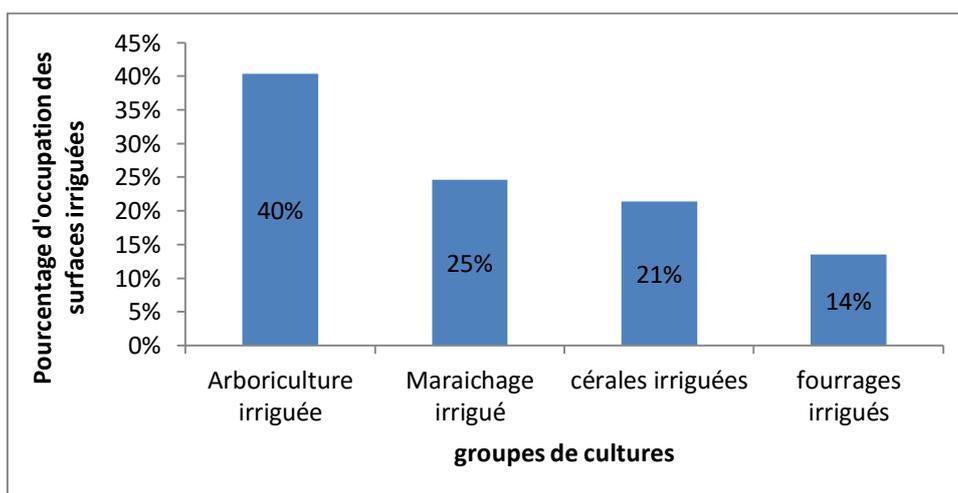
**Figure 20 : Energie utilisée pour l'irrigation**

Pour ce qui concerne la vocation des surfaces irriguées, pour notre échantillon, nous constatons que l'essentiel des surfaces irriguées est alloué à l'arboriculture fruitière dont la culture de l'olivier intensif et hyper intensif (51%), puis aux cultures maraichères (37%), puis aux cultures céréalières (9%) et enfin aux cultures fourragères (3%) ; comme illustré par la **Figure 21**.



**Figure 21 : Vocations des surfaces irriguées pour le sous échantillon des irrigants enquêté**

Comparé aux données régionales (**Figure 22**), notre échantillon surreprésente légèrement les surfaces arboricoles et maraichères irriguées aux dépens des grandes cultures irriguées. Mais présente les mêmes caractéristiques ordinales que les statistiques officielles.



**Figure 22 : vocations des surfaces irriguées pour l'ensemble des agriculteurs irrigants de Sidi Bouzid**

En ce qui concerne les orientations agricoles des irrigants ; ils présentent la même diversité moyenne que les non irrigants avec près 5.5 cultures par exploitation.

Cependant dans notre échantillon, les irrigants ont tendance à pratiquer plus de maraichage, d'arboriculture fruitière et fourrages, et les non irrigants plus d'arboriculture pluviale, de céréales et garder plus de jachère.

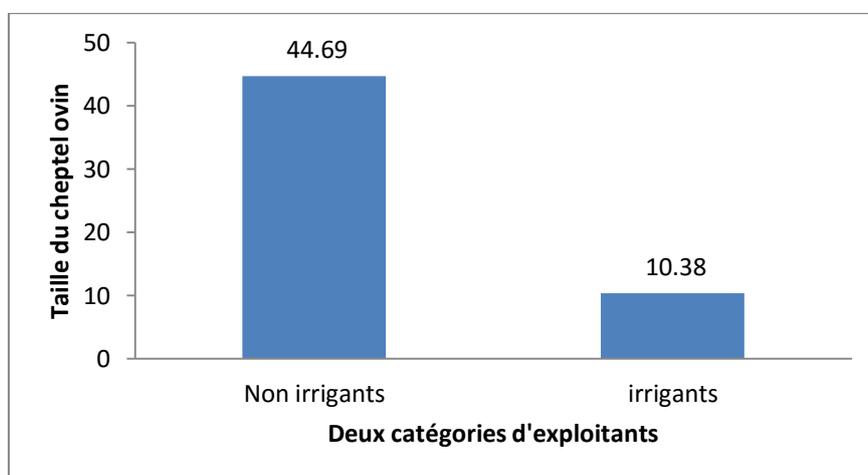
En ce qui concerne l'élevage (**Tableau 5**), on constate que l'ensemble des non irrigants de notre échantillon pratiquent au moins un élevage et que c'est le cas pour 64% des irrigants. Les irrigants pratiquent plus d'élevage bovin laitier tandis que les non irrigants pratiquent plus d'aviculture et également plus d'élevage ovin surtout en termes de taille de cheptel (**Figure 23**). En effet, les exploitations ayant accès à l'irrigation sont plus disposées à pratiquer l'élevage bovin grâce à la possibilité de cultiver des fourrages sur l'exploitation. Par contre pour ces exploitations, l'élevage ovin et avicole domestique est limité car en concurrence avec les cultures irriguées. Tant dis que les

non irrigants sont plus disposés à pratiquer l'élevage ovin, car ils ont un système de production extensif qui implique un espacement plus important entre les arbres et des surfaces de parcours privé, ce qui augmente le potentiel de l'exploitant à alimenter son cheptel par rapport aux irrigants. L'important de l'aviculture domestique provient de l'orientation exclusive de cet élevage à l'alimentation du ménage.

Nous ne disposons pas d'informations nécessaires pour confronter ces résultats à ceux de l'enquête de structure des exploitations.

**Tableau 5 : pourcentage d'exploitants ayant une activité d'élevage selon l'accès à l'irrigation**

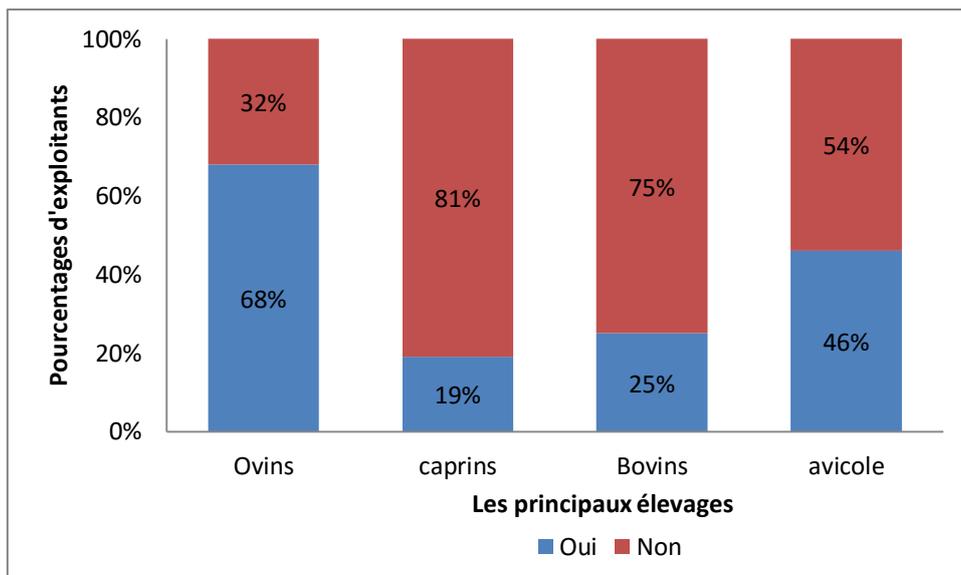
	ELEVAGE	Caprin	Ovin	Bovin	Avicole
Non irrigants	100%	50%	92%	17%	75%
Irrigants	64%	56%	4%	28%	32%



**Figure 23 : Taille moyenne du cheptel des irrigants et non irrigants**

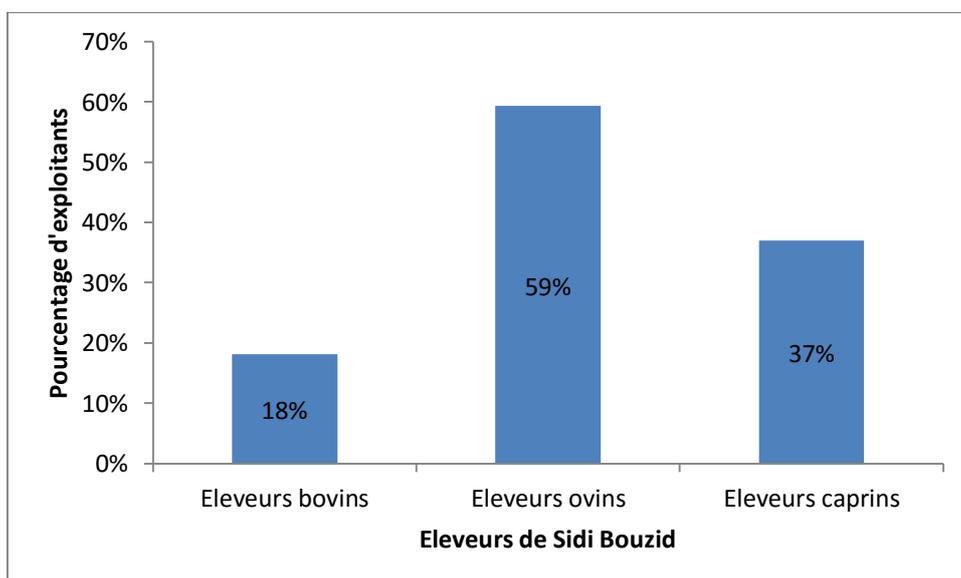
### Elevage

En ce qui concerne les activités d'élevage, la Figure 24 ci-dessous illustre le nombre d'exploitants pratiquant l'élevage ovin, caprin, bovin et avicole dans notre échantillon. On constate en effet que l'élevage ovin occupe 68% des agriculteurs enquêtés confirmant la généralisation de cet élevage dans le gouvernorat de Sidi Bouzid, tandis que 19% des agriculteurs pratiquent un élevage caprin toujours associés aux ovins. 25% des agriculteurs ont un élevage bovin. Il s'agit d'un élevage bovin laitier conduit en hors sol pour l'ensemble de ces éleveurs. Quant à l'aviculture, elle est pratiquée par 46% d'exploitants dont l'écrasante majorité pratique un élevage de volailles fermières destinées à la consommation familiale.



**Figure 24 : fréquence des activités d'élevage**

La Figure 25 illustre le pourcentage des exploitants agricoles de Sidi Bouzid qui sont éleveurs ovins, caprins ou bovins ; selon les chiffres de l'enquête de structure des exploitations (Marh, 2007). En l'absence d'informations sur les aviculteurs, nous comparerons notre échantillon enquêté aux données officielles uniquement pour l'élevage ovin, caprin et bovin. Nous constatons des similitudes entre notre échantillon et les données officielles pour l'élevage ovin (68% / 59%) et bovin (25% / 18%). Notre échantillon sous-représente le pourcentage d'éleveurs caprins.

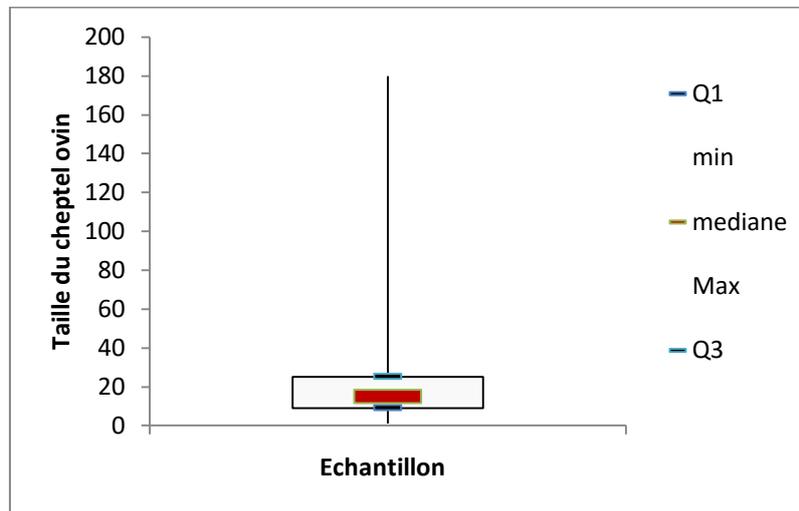


**Figure 25 : pourcentage d'exploitants ayant des activités d'élevage selon type d'élevage**

Pour notre échantillon d'éleveurs bovins enquêtés, le cheptel moyen est de 3,8 têtes, contre un cheptel moyen de 4,3 têtes à partir des données de l'enquête de structure des exploitations (Marh, 2007) . Pour les éleveurs caprins, nous avons retrouvé un cheptel moyen de 13 têtes, alors que les données officielles affichent un cheptel moyen caprin de 7.4 têtes (Marh, 2007), soit un peu plus que la moitié par rapport à nos résultats.

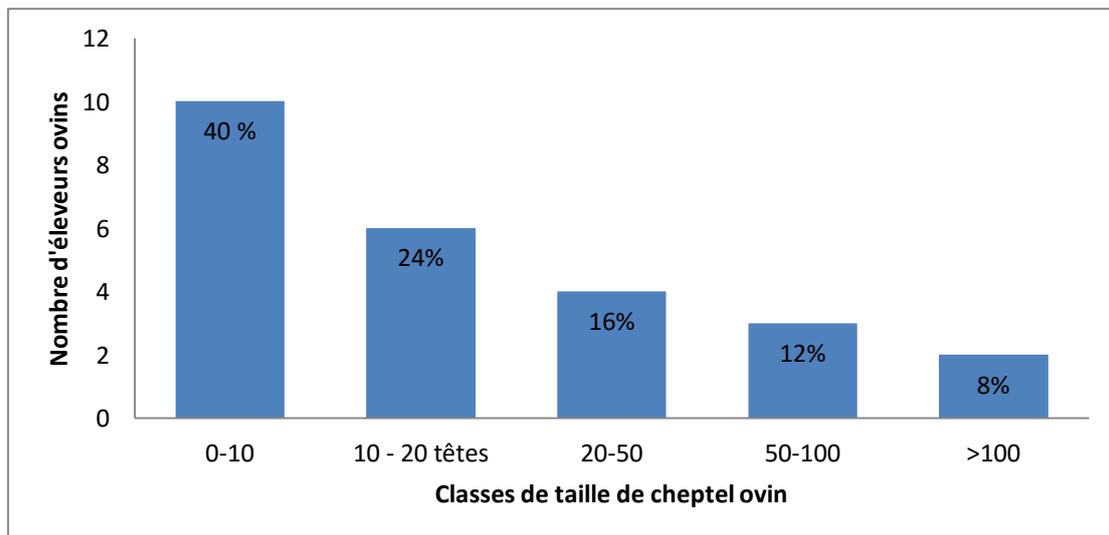
En ce qui concerne l'élevage ovin en particulier ; la taille du cheptel moyen est de 33.2 têtes (33.12) par exploitant. L'enquête de structure affiche un cheptel moyen ovin de 26.9 têtes (Marh, 2007).

La Figure 26 illustre la taille des cheptels ovins des éleveurs ovins enquêtés et on constate une taille de cheptel relativement petite en moyenne. Les  $\frac{3}{4}$  de l'échantillon à un cheptel inférieur ou égal à 25 têtes, inférieur à la moyenne. Nous en concluons que la majorité des éleveurs ovins de Sidi Bouzid sont des éleveurs de petite taille.



**Figure 26 : taille du cheptel ovin dans l'échantillon**

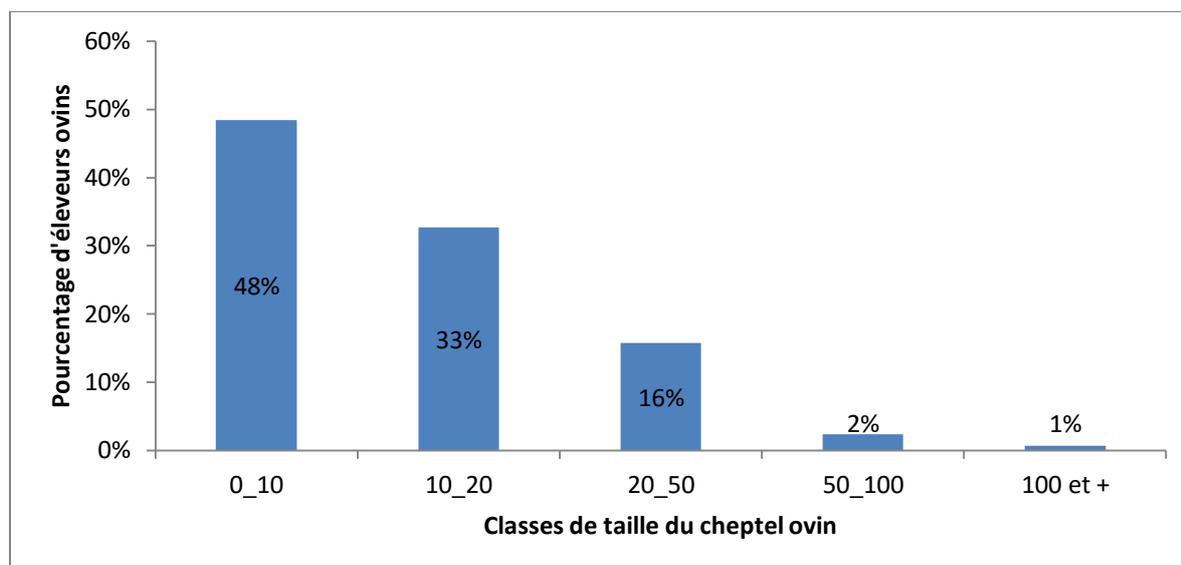
En effet, nous remarquons l'importance des éleveurs ovins qui possèdent un cheptel ovin de petite (de moins de 10 têtes), ainsi que les éleveurs de taille moyenne (moins de 50 têtes). Les cheptels de moins de 50 têtes représentent 80% des éleveurs ovins.



**Figure 27 : répartition des éleveurs par classes de taille de cheptel ovin pour l'échantillon enquêté**

La Figure 28 illustre la répartition des éleveurs ovins en fonction de la taille de leurs cheptels à partir de l'enquête de structure des exploitations (MARH, 2007). Les mêmes tendances apparaissent par rapport aux résultats de notre enquête (Figure 27). Nous remarquons néanmoins que les éleveurs

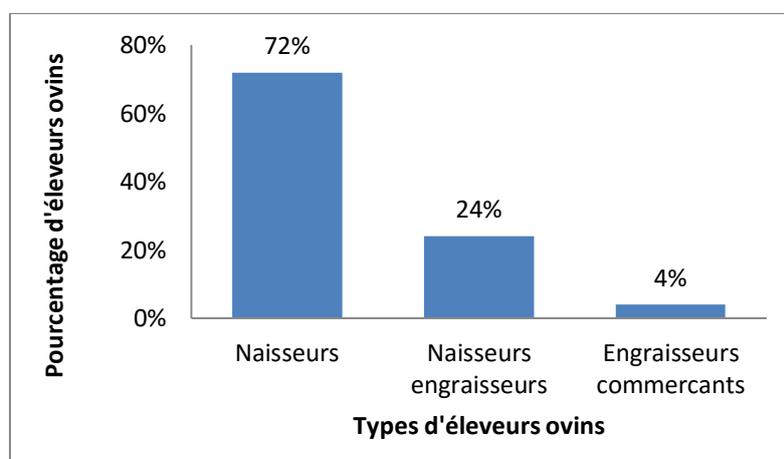
ayant un cheptel ovin de moins de 20 têtes sont un peu surreprésentés dans notre échantillon au dépens des éleveurs ayant plus de 50 têtes ovines.



**Figure 28 : Répartition des éleveurs ovins par classes de taille de cheptel ovin à partir des données officielles**

Nous avons également demandé aux éleveurs ovins leur stratégie d'engraissement après avoir identifié 3 profils d'éleveurs à partir des études de Elloumi *et al.* (2006) et Selmi S. *et al.* (2004).

Les **naisseurs** dont le capital principal est constitué par les unités femelles productives et qui vendent la descendance après une courte période d'engraissement. Les **naisseurs engraisseurs** qui comme les naisseurs ont un capital de femelles productives ; mais engraisent les moutons pour la vente et recapitalisent leurs cheptel avec les brebis. Et les engraisseurs commerçants que l'on peut assimiler à des spéculateurs de moutons ; qui achètent les moutons à engraisser et vendent au moment le plus propice. Il apparaît que la majorité des éleveurs ovins sont des éleveurs naisseurs à raison de 72% (Figure 29). Ils représentent les éleveurs ovins qui pratiquent l'élevage en guise de trésorerie et dont les revenus permettent de financer les activités de l'exploitation en cours de compagnie. Nous ne disposons pas des données nécessaires pour confronter ces résultats à des données officielles.



**Figure 29 : profils des éleveurs ovins**

## Travail agricole

Ensuite nous nous intéressons à un autre facteur de production, le travail.

Nous avons questionné les agriculteurs sur la nature de la main d'œuvre recourue sur leurs exploitations. En effet, nous considérons quatre types de main d'œuvre : la main d'œuvre familiale, la main d'œuvre salariée saisonnière ; main d'œuvre salariée permanente et si l'exploitant contracte un gérant sur son exploitation. La lecture de la Figure 30 montre que la grande majorité des agriculteurs ont recours à de la main d'œuvre familiale confirmant le caractère familial dominant de l'agriculture de Sidi Bouzid. Quant à la main d'œuvre salariée ; On constate que plus de 85% des agriculteurs ont recours à de la main d'œuvre saisonnière tandis que 27% seulement ont des ouvriers permanents et 8% des exploitations ne sont pas gérées directement par le propriétaire.

Nous ne disposons pas des données nécessaires pour confronter les résultats de fréquence de recours aux quatre types de main d'œuvre agricole à des données officielles.

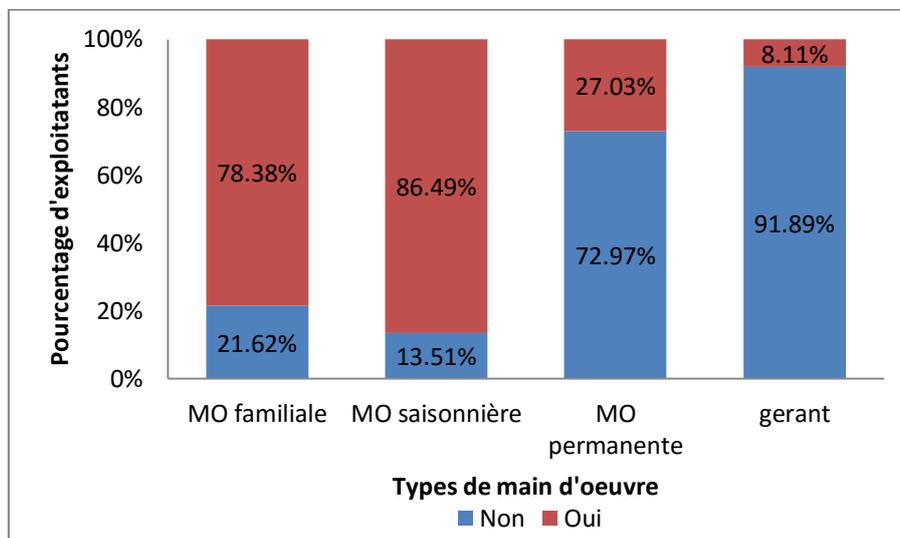
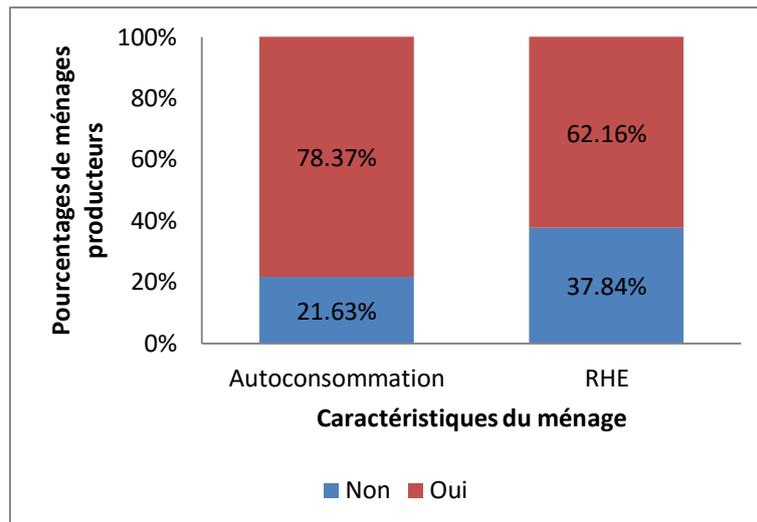


Figure 30 : la main d'œuvre employée sur l'exploitation

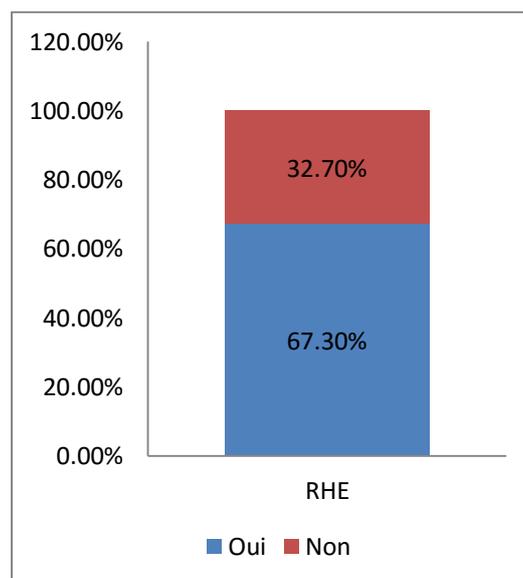
## Caractéristiques des ménages agricoles

En ce qui concerne les caractéristiques globales des ménages, nous avons demandé au chef d'exploitation s'il cultive des produits destinés à la consommation familiale sur au moins une partie de son exploitation et s'il avait une autre source de revenus en dehors de son exploitation. En effet l'autoconsommation reflète la contribution directe de l'agriculture à l'alimentation du ménage. Et dans certains cas ; le revenu d'hors exploitation (RHE) justifie l'incapacité des revenus agricoles à couvrir les besoins financiers du ménage et la faible capacité de reproduction de l'exploitation agricole. En effet ; plus de 78% des exploitants enquêtés, ont au moins une activité agricole destinée à l'alimentation du ménage. Nous constatons également un taux assez élevé de chefs d'exploitations pluriactifs, 62.16% des exploitations enquêtées ont un revenu ne provenant pas de l'exploitation (Figure 31).



**Figure 31 : Revenu d'hors exploitation et autoconsommation**

Nous ne disposons pas des données nécessaires pour confronter les résultats de fréquence d'autoconsommation à des données officielles. Mais pour les revenus d'hors exploitations (RHE), nos résultats (**Figure 31**) affichent à 5% près les mêmes proportions que les données de l'enquête de structure des exploitations comme illustré dans la **Figure 32** (Marh, 2007).



**Figure 32 : fréquence des exploitants ayant un revenu en dehors des revenus de l'exploitation à partir des données officielles**

#### 4.2. Identification des types de ménages agricoles représentatifs

Après avoir collecté des informations auprès de 37 agriculteurs de Sidi Bouzid, et confronté les données de l'échantillon enquêté à des données officielles<sup>33</sup> ; nous allons caractériser les types d'exploitations en fonction de leur fonctionnement et en lien avec l'objectif de l'étude.

<sup>33</sup> La dernière enquête de structure des exploitations agricoles qui concerne la campagne de 2004-2005 (MARH, 2007)

A partir des entretiens réalisés avec les exploitants chefs de ménage, nous avons classés les ménages producteurs en nous basant sur 3 critères. Un critère de structure de l'exploitation agricole ; Un critère d'intensification et un critère inhérent à l'alimentation du ménage pour identifier les types d'exploitations représentatifs de la diversité agricole de Sidi Bouzid.

Ces critères renvoient vers la problématique étudiée dans ce travail qui s'articule entre la production du ménage, son alimentation et l'impact de son activité sur l'environnement.

Le critère de structure retenu est celui du ratio entre surface irriguée et surface de l'exploitation, qui reflète l'accès à la ressource hydroagricole et le niveau d'intensification. Ce critère indique la part de l'exploitation qui est irriguée par différentes sources d'irrigation confondues.

Le critère d'intensification indique si l'exploitant utilise régulièrement des intrants chimiques sur son exploitation. Il s'agit d'un critère qualitatif, indiquant la productivité de l'exploitation.

Quant au critère inhérent au comportement alimentaire du ménage producteur relativement à ces activités agricoles, il s'agit d'un pourcentage révélant le pourcentage de cultures destinées à l'alimentation du ménage par rapport à la diversité cultivée<sup>34</sup>.

Le **Tableau 6** illustre le niveau des indicateurs de classification identifiés à dire d'experts, pour les 37 exploitations enquêtées. Ces indicateurs nous ont permis de classer les exploitations en 3 types comme suit. Tout d'abord en subdivisant l'échantillon en irrigants et non irrigants. Il apparaît que les non irrigants forment un groupe homogène. Ils ont un ratio de surface irriguée nul, un niveau d'autoconsommation supérieur à 50% et tous n'ont pas recours à la fertilisation minérale sur leur exploitations.

Quant au groupe des irrigants, ils ont tous un recours régulier à la fertilisation minérale. Mais il apparaît que le sous-groupe qui présente une autoconsommation nulle, est le groupe ayant un ratio de surface irriguée le plus proche de 1 (100%). Et le sous-groupe d'irrigants qui allouent une partie de leur production agricole exclusivement à la consommation familiale, ont accès plus limité à la ressource hydroagricole avec un ratio de surface irriguée inférieur à 1.

C'est en effet le cas des agricultures de plusieurs pays en développement. Dans cette zone aride, l'intensification doit impérativement passer par l'irrigation. L'intensification nécessite des moyens récurrents pour financer les intrants, les équipements et les investissements. Le producteur doit donc ; après avoir conservé le nécessaire pour sa famille, gagner un surplus de revenu lui permettant ses méthodes plus intensives. En contrepartie ; les faibles précipitations sont un facteur limitant pour les agriculteurs pluviaux qui se concentrent plus sur la production pour l'autoconsommation que pour la vente sur les marchés des produits agricoles.

---

<sup>34</sup> Nombre de cultures destinées à l'autoconsommation / nombre de cultures totales

**Tableau 6 : Critères de classification identifiés à dire d'experts pour l'ensemble de l'échantillon enquêté**

Zones <sup>35</sup>	Agriculteurs	SI/SAU	cultures alimentaires de l'exploitation / diversité cultivée (%)	Usage régulier d'intrants chimiques
Zone 1	1	0	60%	Non
	2	0.76	33%	Oui
	3	1	33%	Oui
Zone 2	4	0.67	67%	Oui
	5	1	0%	Oui
	6	1	0%	Oui
	7	1	0%	Oui
	8	0.2	50%	Oui
	9	0.5	33%	Oui
	10	0.46	20%	Oui
	11	0.8	15%	Oui
	12	1	0%	Oui
Zone 3	13	0	75%	Non
	14	0	60%	non
	15	0	50%	Non
	16	0.675	0%	Oui
	17	0.72	0%	Oui
	18	0	75%	Non
	19	0.75	29%	Oui
	20	1	25%	Oui
	21	0	60%	Non
Zone 4	22	0	60%	Non
	23	0	57%	Non
Zone 5	24	0.25	42%	Oui
	25	1	0%	Oui
	26	0.75	33%	Oui
	27	1	0%	Oui
	28	0.63	20%	Oui
	29	1	0%	Oui
Zone 6	30	0.55	33%	Oui
	31	0.44	50%	Oui
	32	1	0%	Oui
	33	0	100%	Non
	34	0	86%	Non
	35	0	57%	Non
	36	0	57%	Non
	37	0	57%	Non

*Source : enquêtes*

Les valeurs prises par les indicateurs nous permettent de classer les exploitations enquêtées en 3 types d'exploitations :

<sup>35</sup> Libellé des zones : voir **Tableau 1**

- Des exploitations peu intensives, pratiquant une agriculture pluviale, n'utilisant pas d'intrants chimiques et ayant une forte part des cultures destinées à l'alimentation familiale.
- Des exploitations moyennement intensives, pratiquant une agriculture combinée, pluviale et irriguée et utilisant régulièrement des intrants chimiques. Ces exploitations, réservent moins de cultures destinées à l'alimentation de la famille au dépend de cultures de rente.
- Des exploitations intensives, qui irriguent la quasi-totalité de leur exploitations et utilisant régulièrement des intrants chimiques. L'orientation des activités de ces exploitations est exclusivement orientée vers le marché (Tableau 7).

**Tableau 7 : types d'exploitations**

	Fam_pluv	Fam Irr	Cap Irr
Echantillon	12	16	9
% cultures pour l'autoconsommation	67%	33%	0%
Intrants chimiques	Non (100%)	Oui (100%)	Oui (100%)
Terres irriguées	0%	50% [0.412]	96%

*Source : enquêtes*

#### *4.2.1. Description des types*

Le **Tableau 8** ci-dessous illustre la description des 3 types d'exploitations en termes de modes de fonctionnement et leur importance relatives sur le territoire étudié à partir de la synthèse des entretiens avec les agriculteurs. En effet, 3 types d'exploitations ont été identifiés ; des exploitations agricoles familiales pluviales, des exploitations agricoles familiales irriguées et des exploitations capitalistes.

##### Type 1

**Fam\_Pluv** : Des exploitations agricoles familiales pluviales conduisant un système de production pluvial et extensif dominant et traditionnel dans la région. Ces exploitations sont constituées à raison de 40% par un parcours privé, ce qui témoigne de l'importance de l'élevage de petits ruminants pour ces exploitations (**Tableau 8**). Les cultures annuelles (maraichage et céréales) représentent plus de 30% des surfaces de ces exploitations, mais il s'agit clairement de productions épisodiques vu le climat aride de la zone et l'absence d'accès à l'irrigation pour ces exploitations (**Tableau 8**). Leur mode de fonctionnement est familial, avec un recours important à la force de travail familiale, qui permet la plupart du temps de combler la demande en travail de l'exploitation. Ces exploitations affichent également un niveau d'autoconsommation élevé, avec 67% des cultures de l'exploitation qui sont destinées à l'alimentation du ménage (**Tableau 7**).

Sur le plan environnemental, ces exploitations n'appuient pas la dynamique de la surexploitation de la ressource hydro agricole et utilisent peu ou pas d'intrants chimiques. Cependant ce sont les exploitations les plus susceptibles de surexploiter les zones de parcours et de pâturages. Elles semblent être les plus menacées quant à leur reproductivité. En effet, la production de l'ensemble de l'exploitation est assujettie aux incertitudes climatiques qui viennent appuyer la faible productivité de ces exploitations. Pendant les années de sécheresse, c'est l'élevage qui joue un rôle régulateur du revenu du ménage en offrant à l'exploitant la possibilité de décapitaliser son cheptel pour assurer sa survie. Pendant les années pluvieuses, les cultures annuelles permettent au ménage de recapitaliser.

## Type 2

**Fam\_Irr** : Des exploitations agricoles familiales irriguées : Des exploitations familiales qui ont un système de production, semi intensif à intensif en intrants, et qui tirent leur revenu principalement de la vente des produits maraichers dont les surfaces cultivées représentent 30% (**Tableau 8**). La céréaliculture représente 8% de la surface de ces exploitations et l'arboriculture 40% de ces exploitations (**Tableau 8**). Le mode de fonctionnement de ces exploitations est également familial. La contribution de la main d'œuvre familiale sur l'exploitation est importante mais avec un recours important à de la main d'œuvre saisonnière. Bien que ces exploitations produisent essentiellement pour le marché, 33% des cultures sont destinées à l'alimentation du ménage (**Tableau 7**).

Moins exposés aux aléas climatiques grâce à leur accès à la ressource hydro agricole à travers puits de surface et périmètres publics irrigués pour la plupart et sur forage privé pour certains ; Ces ménages semblent être les plus vulnérables aux aléas du marché (prix des intrants et prix de vente des produits) et à la surexploitation de la ressource hydro-agricole.

## Type 3

**Cap\_Irr** : Des exploitations capitalistes : des exploitations patronales ou entrepreneuriales qui ont un système de production d'arboriculture fruitière irriguée intensif à hyper intensifs en intrants ; leur principale source de revenu agricole est l'arboriculture fruitière irriguée qui couvre 75% de la surface de ces exploitations. La production de ces exploitations est destinée exclusivement à la vente sur le marché. Le fonctionnement de ces exploitations repose sur une main d'œuvre salariée permanente et saisonnière.

Originaires pour la plupart d'autres gouvernorats que Sidi Bouzid et ayant un fonctionnement de type « agri-business » ; ces producteurs sont considérés plutôt en tant qu'entrepreneurs qu'agriculteurs. Ces producteurs dont l'accès aux ressources naturelles et financières a été fortement encouragé par l'état, ne sont pas nombreux mais se concentrent sur les zones à fort potentiel naturel (eau et sol). Leur production nécessite une importante mobilisation en ressources hydroagricole et financière.

**Tableau 8 : description des types d'exploitations**

	Fam_pluv	Fam_Irr	Cap_Irr
Niveau d'intensification	Pluvial	Semi intensif irrigué	Intensif irrigué
Principale source de revenu agricole	Elevage	Maraichage	Arboriculture fruitière
Autoconsommation	Importante	Moyenne et diversifiée	faible
Surface irrigués / surface totale	0	0,5	1
Mode de fonctionnement	Familial	Familial	Entreprise
Main d'œuvre	Familiale	Familiale + saisonnière	Salariée permanente et saisonnière
Poids du type dans la superficie totale de la région (%)	80%	15%	5%
Poids du type dans le nombre total d'exploitations (%)	60%	30%	10%
Système de cultures (% de surface)	Maraichage : 10% Céréales : 23% Arboriculture : 27% Parcours privé : 40%	Maraichage : 30% Céréales : 8% Arboriculture : 40% Parcours privé : 22%	Maraichage : 25% Arboriculture : 75%
Système d'élevage	Elevage pastoral extensif de petits ruminants (ovins + caprins)	Elevage agro pastoral de petits ruminants Elevage bovin laitier hors sol	-

*Source : enquêtes et entretiens*

#### 4.3. Validation de la caractérisation de la diversité agricole et désagrégation à l'ensemble des délégations :

La typologie des exploitations agricoles de Sidi Bouzid que nous avons présenté repose sur une représentation souple et globale des ménages producteurs de la région pour rendre compte de la diversité des exploitations agricoles tout en fournissant un aperçu global des problèmes et atouts liés à l'activité agricole dans la zone. Pour ce faire, nous avons réalisé une classification des exploitations selon leurs modes de fonctionnement, qui consiste à considérer comme unité homogène, un ensemble d'exploitants ayant la même logique de fonctionnement. Et ce pour l'ensemble du gouvernorat de Sidi Bouzid.

Comme représenté par le **Tableau 9** ; un ensemble d'entretiens a été réalisé avec différents acteurs et dont les objectifs étaient les suivants :

- Valider l'agrégation de la diversité agricole de Sidi Bouzid en 3 types d'exploitations auprès d'agents administration agricole et d'agents de recherche agricole
- Désagréger la caractérisation régionale, par délégation et identifier les particularités de chaque type avec des entretiens auprès des cellules territoriales de vulgarisation

**Tableau 9: présentation des entretiens de validation et de désagrégation de la typologie**

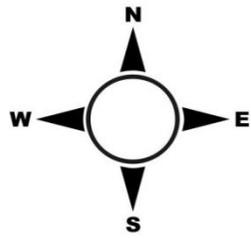
Organisme	Service	Attendu
CRDA Sidi Bouzid	Direction	Validation typologie régionale
CRRRA Sidi Bouzid	Direction	Validation typologie régionale
GIZ	Développement agricole	Validation typologie régionale
MARHP	DGEDA	Validation typologie régionale
INRAT	ER	Validation typologie régionale
CTV	Direction	Désagrégation de la typologie régionale

Grâce aux entretiens de validation de la segmentation agricole régionale ; nous avons validé les tendances qui caractérisent les trois types d'exploitations présentées dans le **Tableau 8**. En effet, les différents acteurs entretenus ont confirmé :

- La segmentation de la diversité agricole en trois types d'exploitations peut représenter l'ensemble des producteurs de Sidi Bouzid
- l'importance dégressive de l'autoconsommation des exploitations familiales pluviales vers les exploitations capitalistes
- Les principales sources de revenu de chaque type d'exploitation
- L'importance en termes de nombre et surfaces occupées des exploitations familiales (types 1 et 2)
- L'importance économique des exploitations capitalistes (type 3) en termes de contribution à l'emploi, dynamisme économique grâce à des activités agricoles très consommatrices en intrants et nécessitant un important investissement financier. Et également grâce à l'insertion de ces exploitations aux marchés internationaux.
- Et les orientations agricoles de chaque groupe d'exploitants

Ensuite ; grâce aux entretiens réalisés avec des experts locaux et qui ont couvert l'ensemble du territoire (); nous avons pu déterminer le poids ; en termes de nombre d'exploitants et de couverture spatiale ; de chacun des 3 types de ménages producteurs dans chacune des 12 délégations de Sidi-Bouzid. Et sur la base des entretiens avec les directeurs des cellules territoriales de vulgarisation ; nous avons pu caractériser chaque type d'exploitation en fonction de la délégation.

La Carte 4 ci-dessous illustre la caractérisation de la diversité agricole par délégations. On constate l'importance, surtout en termes de surface occupée, des exploitations familiales pluviales dans les délégations du sud. Plus particulièrement les délégations de Mezzouna, Meknassy, Menzel bouzaien et ouled hafouz dont plus de 80% de la surface agricole abritant des exploitants pratiquant l'aridoculture. Tandis que l'on constate une concentration des exploitants irrigants dans le centre et au nord du gouvernorat. Notamment dans les délégations de Sidi Bouzid est et ouest et ouled hafouz dont plus de la moitié des exploitants ont des exploitations familiales irriguée (type 2). Et à Regueb qui concentre les plus d'exploitations capitalistes. Cette représentation par délégation de la caractérisation de la diversité agricole de Sidi Bouzid, rejoint la répartition des périmètres irrigués dans le gouvernorat de Sidi Bouzid ([Annexe 11 : carte des périmètres irrigués](#)).



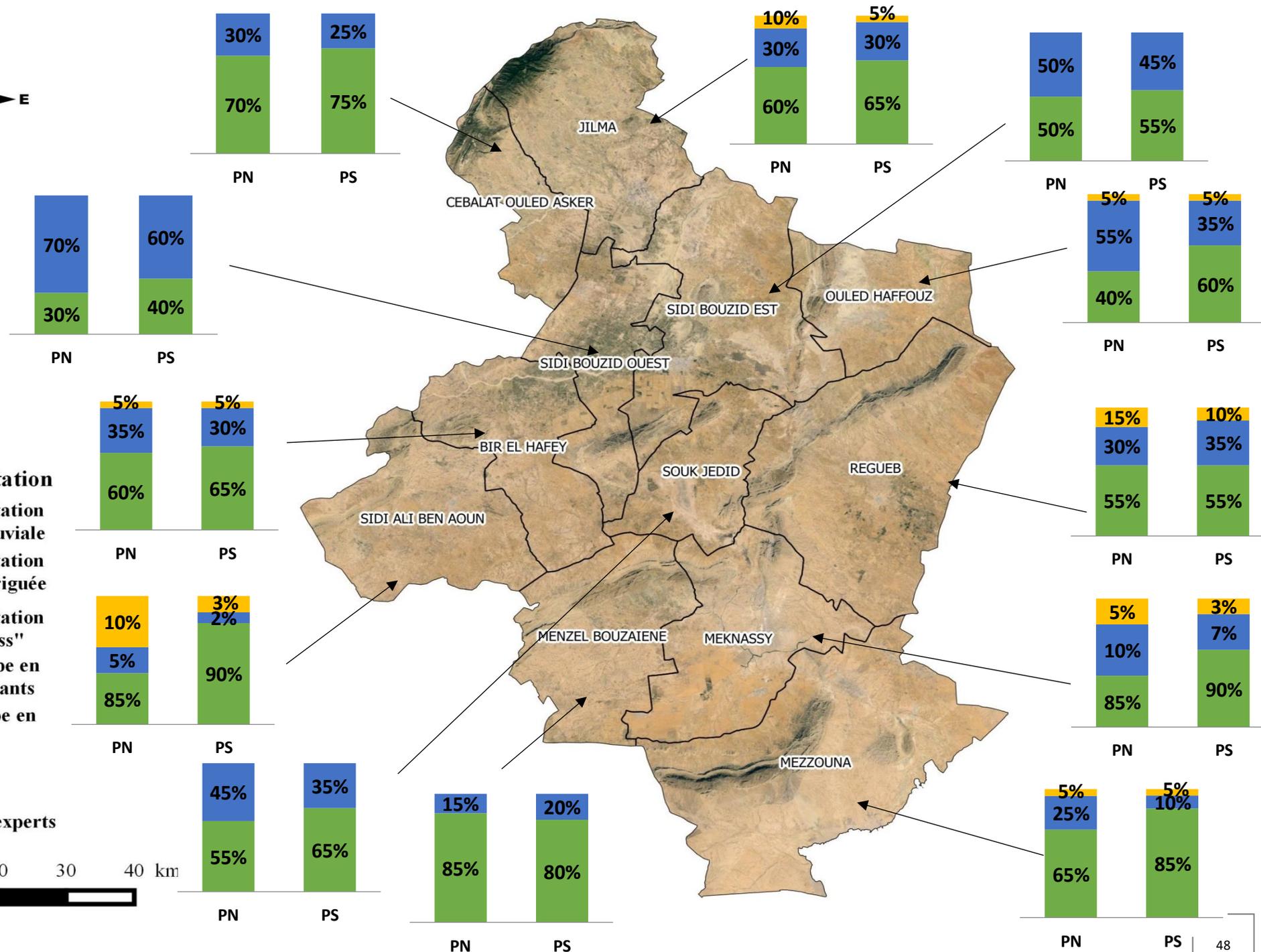
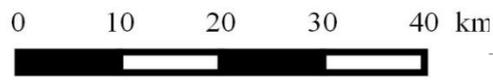
### Légende

#### Types d'exploitation

- T1 : Exploitation familiale pluviale
- T2 : Exploitation familiale irriguée
- T3 : Exploitation "agribusiness"

PN : Poids du type en nombre d'exploitants  
 PS : Poids du type en surface

Source :  
 Auteur à dires d'experts



Carte 4 : Typologie spatialisée

## 5. Analyse technicoéconomique du fonctionnement des exploitations et importance de l'autoconsommation des ménages agricoles

Afin d'affiner la description des types d'exploitations et d'obtenir une représentation agrégée de chaque type d'exploitation, qui servira de base à l'exercice de modélisation, nous avons sélectionné 9 exploitations auprès desquels un entretien détaillé a été conduit. A partir de cette collecte de données, nous avons procédé à un calcul d'indicateurs qui nous a permis d'approcher les performances des 3 types d'exploitations en termes de production, alimentation et environnement. Enfin, nous avons caractérisé 3 ménages types qui serviront de base à l'exercice de simulation.

### 5.1. Collecte de données

9 entretiens participatifs ont été réalisés<sup>36</sup>. Pour les exploitations familiales pluviales, les entretiens se sont déroulés dans la délégation de Mezzouna (Zone 6). Pour les exploitations familiales irriguées, les entretiens se sont déroulés à Regueb et Sidi Bouzid Ouest. Et pour les exploitations capitalistes, les entretiens se sont déroulés à Regueb et Sidi Bouzid Est. Le choix des ménages à enquêter s'est fait avec l'aide des chefs CTV des délégations citées et en fonction de la disponibilité des agriculteurs.

Ces entretiens nous ont permis ([Annexe 8 : questionnaire pour les ménages agricoles](#)):

- d'identifier la structure du ménage producteur et de son exploitation,
- d'analyser en détail la conduite de chaque activité agricole grâce à des fiches « élevage » et « culture » et de calculer les coûts agricoles et l'implication de la main d'œuvre familiale
- d'étudier la répartition de la production entre vente, autoconsommation, auto provisionnement, stockage et pertes.
- Et un volet budget du ménage qui permet d'estimer les autres revenus du ménage ainsi que les grands postes de dépenses (dont les dépenses alimentaires)

### 5.2. Description des ménages agricoles

Les tableaux de données des 9 ménages sont présentés à la fin de cette partie (cf.6).

Dans cette partie nous allons vous présenter les résultats des enquêtes ménages en 3 temps.

Tout d'abord, nous présenterons la structure des ménages enquêtés. Ensuite, nous allons présenter le volet de production agricole du ménage en définissant les activités agricoles du ménage et les performances de son exploitation. Puis, nous présenterons l'autoconsommation agricole du ménage et la comparer aux niveaux de consommation de la zone.

#### 5.2.1. Composition des ménages

Comme illustré dans le Tableau 10 ci-dessous, nous avons calculé l'effectif des ménages agricole enquêtés en suivant la règle de pondération suivante : pondération par 1 pour les adultes, par 0.5 pour les enfants et 0.25 pour les enfants en bas âge. Ainsi, pour les calculs inhérents aux performances des exploitations nous utilisons la composition des ménages illustrée par le Tableau 10.

---

<sup>36</sup> 3 avec le type 1 (exploitation familiale pluviale), 4 avec le type 2 (exploitation familiale irriguée) et 2 avec le type 3 (exploitation agri business)

**Tableau 10 : effectif des ménages agricoles enquêtés**

		Agr 1	Agr 2	Agr 3	Agr 4	Agr 5	Agr 6	Agr 7	Agr 8	Agr 9
membres du ménage		8	2,5	5	6	5,5	6	5,5	5	5
Homme	adulte	4	1	4	3	1	3	3	3	3
	enfant	1	0	0	0	3	0	1	0	0
	bébé	0	0	0	0	0	0	0	0	0
femme	adulte	3	1	1	3	3	2	2	2	2
	enfant	1	1	0	0	0	2	0	0	0
	bébé	0	0	0	0	0	0	0	0	0

### *5.2.2. Volet production :*

#### Ménage 1

La première exploitation agricole est une exploitation familiale pluviale couvrant 150 ha et ayant 140 têtes de petits ruminants entre chèvre et brebis. L'exploitant possède 700 pieds d'oliviers qui couvrent 20 ha. Pendant une année pluviométrique moyenne l'exploitant cultive 20ha de blé, 20 ha d'orge, 10ha de petits pois, 2ha de fève et 2 ha de cumin. Mis à part ces 54 ha en cultures annuelles l'exploitant réserve 76 ha de parcours privé pour son cheptel ovin caprin.

Certaines plantes sauvages comestibles poussent sur l'exploitation comme le fenouil sauvage et la blette sauvage. Ces plantes sont consommées par le ménage et données aux voisins (pas de vente).

L'exploitant vend 87% des céréales produites sur l'exploitation, 90% des légumineuses et 92% des produits de l'olivier (Tableau 11). Ainsi l'ensemble des activités de production végétale sont destinées essentiellement au marché.

Quant à l'élevage ; l'exploitant possède un cheptel de 110 têtes ovines et 30 têtes caprines. Il s'agit d'un éleveur naisseur engraisseur, il vend la production après 6 mois d'engraissement. Il renouvelle son cheptel grâce à sa propre production. Le ménage consomme 3 agneaux, 3 agnelles et 3 chevreaux

Seul le revenu agricole compose le revenu du ménage et est composé à raison de 16% par les revenus de l'arboriculture pluviale 28% par le revenu des cultures maraichères et plus de la moitié grâce à l'élevage (Tableau 12). Ainsi cette exploitation familiale pratique un système de production basé équitablement sur l'élevage et la polyculture. Grâce à ce système, l'exploitation dégage 393 dinars à l'hectare et 7366 dinars per capita au sein du ménage (**Tableau 13**).

Avec 1838 jours de travail familial sur l'exploitation, la journée de travail familial rapporte 32 dt à l'exploitation.

#### Ménage 2

La deuxième exploitation agricole est une exploitation familiale pluviale couvrant 34 ha et ayant 34 têtes de petits ruminants entre chèvre et brebis. L'exploitant possède 45 pieds d'oliviers qui couvrent 3 ha et 20 pieds de pistachiers sur 3 ha. Pendant une année pluviométrique moyenne l'exploitant cultive 2ha de blé, 2ha de petits pois, 1ha de fève et 1 ha de cumin. Mis à part ces 6 ha en cultures annuelles l'exploitant réserve 22 ha de parcours privé pour son cheptel ovin caprin.

Certaines plantes sauvages comestibles poussent sur l'exploitation comme le fenouil sauvage, *el korath* et *el guiz*. Ces plantes sont consommées par le ménage et données aux voisins (pas de vente).

L'exploitant ne vend pas les céréales produites sur l'exploitation. Il vend 95% des légumineuses produites et 29% des produits de l'olivier (Tableau 11). Ainsi les légumineuses représentent les cultures de rente de l'exploitation et sont destinées essentiellement au marché. Par contre, les olives produites sont destinées à la consommation du ménage en premier puis à la vente. Et les céréales (blé) sont destinées exclusivement à la consommation familiale.

Quant à l'élevage ; l'exploitant possède un cheptel de 27 têtes ovines et 7 têtes caprines. Il s'agit d'un éleveur naisseur non engraisseur, il vend la production après moins de 3 mois d'engraissement. Il renouvelle son cheptel grâce à sa propre production. Le ménage consomme 1 agneau pour l'aïd uniquement. L'année de l'enquête, cet exploitant a été amené à décapitaliser son cheptel à cause de difficultés financières qu'il a rencontré.

Seul le revenu agricole compose le revenu du ménage et est composé à raison de 45% par les revenus de l'arboriculture pluviale 3% par le revenu des cultures maraichères et plus de la moitié (55%) grâce à l'élevage (Tableau 12). Ainsi cette exploitation familiale pratique un système de production basé équitablement sur l'élevage et la polyculture. Grâce à ce système, l'exploitation dégage 351 dinars à l'hectare ce qui est comparable à l'exploitation précédente ayant le même système (agriculteur 1) . Comparé au précédent ménage agricole décrit, cette exploitation est 4,4 fois plus petite et avec un ménage 3 fois plus petit, le revenu du ménage per capita est de 4774 dt (Tableau 13)

Avec 714 jours de travail familial sur l'exploitation, la journée de travail familial rapporte 16.7 dt à l'exploitation.

### Ménage 3

La troisième exploitation agricole est une exploitation familiale pluviale couvrant 27 ha et ayant 8 têtes de petits ruminants entre chèvre et brebis. L'exploitant possède 580 pieds d'oliviers qui couvrent 14 ha, 50 pieds de pistachiers sur 1.5 ha ,1 ha d'amandiers et 1.5 ha d'arboriculture fruitière mixte. Pendant une année pluviométrique moyenne l'exploitant cultive 2ha de blé, 2ha d'orge, 2ha de petits pois, 2ha de fève et 2 ha de cumin.

Certaines plantes sauvages comestibles poussent sur l'exploitation comme le fenouil sauvage et le cardon sauvage. Ces plantes sont consommées par le ménage et données aux voisins (pas de vente).

L'exploitant ne vend pas les céréales produites sur l'exploitation, 95% des légumineuses et 29% des produits de l'olivier (Tableau 11). Ainsi les légumineuses et les produits de l'arboriculture pluviale sont destinés essentiellement au marché. Par contre les céréales (blé) sont destinées exclusivement à la consommation familiale.

Quant à l'élevage ; l'exploitant possède un cheptel de 4 têtes ovines et 4 têtes caprines. Il s'agit d'un éleveur qui vend la production au moment où le marché est le plus propice. Le ménage consomme 1 agneau pour l'aïd uniquement.

Le revenu agricole est composé à raison de 59% par les revenus de l'arboriculture pluviale 35% par le revenu des cultures maraichères et 8% par les revenus de l'élevage (Tableau 12). Ainsi cette

exploitation familiale pratique un système de production basé quasi exclusivement sur l'exploitation de la production végétale. L'arboriculture et maraichage pluviaux constituent 94% du revenu de l'exploitation. Grâce à ce système, l'exploitation dégage 835 dinars à l'hectare et est donc plus performante que les deux exploitations précédentes (Tableau 13). Grâce aux revenus d'hors exploitation le revenu du ménage per capita est de 9230 dt (Tableau 13).

Avec 1262 jours de travail familial sur l'exploitation, la journée de travail familial rapporte 17.8 dt à l'exploitation.

#### Ménage 4

La quatrième exploitation agricole est une exploitation familiale irriguée couvrant 10 ha dont 13% irrigués et ayant 9 têtes de petits ruminants. L'exploitant possède 35 pieds d'oliviers sur 0.5 ha. L'exploitant cultive 0.25ha d'orge irriguée et 1ha de piment irriguée sous serre. L'exploitant réserve 8.25ha de parcours privés sur l'exploitation pour l'alimentation de son cheptel ovin.

Certaines plantes sauvages comme la « harra » et fenouil sauvage sont présentes sur l'exploitation et consommées par le ménage sans donner lieu à une vente.

L'exploitant ne vend ni les céréales produites sur l'exploitation ni les produits de l'olivier (Tableau 11). Ainsi seul le maraichage irrigué représente les cultures de rente de l'exploitation.

Quant à l'élevage ; l'exploitant possède un cheptel de 9 têtes ovines. Le ménage consomme 1 agneau pour l'aïd uniquement.

Le revenu agricole est composé essentiellement (80%) par le revenu des cultures maraichères, puis par l'élevage (20%) (Tableau 12). Ainsi cette exploitation familiale pratique un système de production basé sur le maraichage irrigué et l'élevage. Grâce à ce système, l'exploitation dégage 1137 dinars à l'hectare. Grâce aux revenus d'hors exploitation le revenu du ménage per capita est de 3495 dt (**Tableau 13**)

Avec 210 jours de travail familial sur l'exploitation, la journée de travail familial rapporte 54 dt à l'exploitation.

#### Ménage 5

La cinquième exploitation agricole est une exploitation familiale irriguée couvrant 9 ha dont 33% irrigués ne pratiquant pas d'élevage. L'exploitant possède 250 pieds d'oliviers sur 4 ha et 0.5 ha d'arboriculture fruitière mixte. L'exploitant cultive 1.5ha de fève irriguée, 1.5ha de petits pois irrigués et 1.5 ha de melon irrigués.

Certaines plantes sauvages comme le fenouil sauvage sont présentes sur l'exploitation et consommées par le ménage sans donner lieu à une vente.

L'exploitant vend 99% de sa production maraichère et 69% des olives produites sur l'exploitation.

Le revenu agricole est composé quasi exclusivement (96%) par le revenu des cultures maraichères (Tableau 12). Ainsi cette exploitation familiale pratique un système de production basé sur le maraichage irrigué. Grâce à ce système, l'exploitation dégage 3781 dinars à l'hectare. Grâce aux revenus d'hors exploitation le revenu du ménage per capita est de 8369 dt (**Tableau 13**)

Avec 460 jours de travail familial sur l'exploitation, la journée de travail familial rapporte 74 dt à l'exploitation.

#### Ménage 6

La sixième exploitation agricole est une exploitation familiale irriguée couvrant 16 ha irrigués. L'exploitant possède 1500 pieds d'oliviers sur 11 ha (dont 5 ha non irrigués), 150 pieds de pistachiers irrigués sur 2 ha, 2 ha d'amandiers irrigués et 1 ha d'arboriculture fruitière mixte. L'exploitant cultive 2.5ha de tomate, 2.5ha de pomme de terre.

Certaines plantes sauvages comestibles poussent sur l'exploitation comme la *Harra*, l'ail rosé sauvage et le *Korath*. Ces plantes sont consommées par le ménage et données aux voisins (pas de vente)

Quant à l'élevage ; l'exploitant possède un cheptel de 10 têtes ovines. Le ménage consomme 1 agneau pour l'aïd uniquement.

Le revenu agricole est composé essentiellement (83%) par le revenu des cultures arboricoles, puis par le revenu des cultures maraichères (14%). L'élevage ne contribue qu'à raison de 3% dans le revenu agricole (Tableau 12). Ainsi cette exploitation familiale pratique un système de production basé sur l'arboriculture et le maraichage irrigué. Grâce à ce système, l'exploitation dégage 5544 dinars à l'hectare Grâce aux revenus hors exploitation le revenu du ménage per capita est de 15183 dt (**Tableau 13**)

Avec 1536 jours de travail familial sur l'exploitation, la journée de travail familial rapporte 58dt à l'exploitation.

#### Ménage 7

La septième exploitation agricole est une exploitation familiale irriguée couvrant 30 ha dont 77% irrigués. L'exploitant possède 400 pieds d'oliviers sur 7 ha. L'exploitant cultive 2.5ha de piment 3ha de tomate, 3ha de pomme de terre, 14ha de melon, 6 ha de pastèque, 7 ha de petits pois et 7ha de fève. 6 ha de l'exploitation sont réservés au parcours privés de cheptel ovin.

Quant à l'élevage ; l'exploitant possède un cheptel de 20 têtes ovines et 50 têtes caprines. Le ménage consomme 5 agneaux. Le ménage exploite également 4 bâtiments d'élevage de volailles sur l'exploitation.

Seul le revenu agricole compose le revenu du ménage et est composé essentiellement (85%) par le revenu de cultures maraichères, puis par le revenu de l'élevage (14%)(Tableau 12). Ainsi cette exploitation familiale pratique un système de production basé sur le maraichage irrigué et l'élevage. Grâce à ce système, l'exploitation dégage 8378 dinars à l'hectare Grâce aux revenus hors exploitation le revenu du ménage per capita est de 45696 dt (**Tableau 13**)

Avec 1100 jours de travail familial sur l'exploitation, la journée de travail familial rapporte 228dt à l'exploitation.

### Ménage 8

La huitième exploitation agricole est une exploitation d'entreprise irriguée couvrant 9 ha irrigués. L'exploitant possède 500 pieds d'oliviers sur 5.5 ha. L'exploitant cultive 2ha de piment, 2ha de tomate et 3ha de pomme de terre.

Le revenu agricole est composé essentiellement (85%) par le revenu de cultures maraîchères et par le revenu de l'arboriculture (15%) (Tableau 12). Ainsi cette exploitation familiale pratique un système de production basé sur le maraichage irrigué et arboriculture (oliviers). Grâce à ce système, l'exploitation dégage 3188 dinars à l'hectare Grâce aux revenu d'hors exploitation le revenu du ménage per capita est de 11019 dt (**Tableau 13**)

### Ménage 9

La neuvième exploitation agricole est une exploitation d'entreprise irriguée couvrant 10 ha irrigués. Cette surface est plantée avec des arbres fruitiers, 3ha de vigne, 2ha de pêcher, 4 ha d'orangers et 1 ha de citronniers.

Le revenu agricole n'est composé que des revenus de l'arboriculture (Tableau 12). Ainsi cette exploitation pratique un système de production basé exclusivement sur l'arboriculture fruitière irriguée. Grâce à ce système, l'exploitation dégage 20898 dinars à l'hectare Grâce aux revenu d'hors exploitation le revenu du ménage per capita est de 44196 dt (**Tableau 13**)

**Tableau 11 : pourcentage vendu de la production**

Agriculteurs	1	2	3	4	5	6	7	8	9
% blé vendu	87%	0%	0%	-	-	-	-	-	-
% légumineuses vendues	90%	95%	90%	-	99%	-	99,6%	-	-
%olives vendues	90%	59%	80%	0%	86%	96%	80%	88%	-

**Tableau 12 : part du maraichage, arboriculture et élevage dans le revenu agricole des exploitations**

	Agriculture familiale pluviale	Agriculture familiale pluviale	Agriculture familiale pluviale	Agriculture familiale irriguée	Agriculture familiale irriguée	Agriculture familiale irriguée	Agriculture familiale irriguée	Agriculture d'entreprise irriguée	Agriculture d'entreprise irriguée
	Agriculteur 1	Agriculteur 2	Agriculteur 3	Agriculteur 4	Agriculteur 5	Agriculteur 6	Agriculteur 7	Agriculteur 8	Agriculteur 9
%revenu maraichage	28%	45%	35%	80%	96%	14%	85%	85%	-
% revenu arbo	16%	3%	59%	-1%	4%	83%	1%	15%	100%
<i>Revenu oliviers</i>	13%	0.28%	9%	-1%	9%	23%	0.4%	9%	0%
% élevage	56%	55%	8%	21%	-	3%	14%	-	-

**Tableau 13 : revenus du ménage (par membre) : agricole (à l'ha, par jour de travail familial et par membre) et non agricole**

Agriculteurs	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Surface irriguée</b> (% de la surface d'exploitation)	0%	0%	0%	13%	33%	100%	77%	100%	100%
<b>REVENU AGRICOLE</b>	<b>56481</b>	<b>11961</b>	<b>18898</b>	<b>11369</b>	<b>25495</b>	<b>59298</b>	<b>248388</b>	<b>26944</b>	<b>208979</b>
<i>A L'HECTARE</i>	<i>377</i>	<i>352</i>	<i>700</i>	<i>1137</i>	<i>2833</i>	<i>3706</i>	<i>8280</i>	<i>2994</i>	<i>20898</i>
<i>PAR JOUR DE TRAVAIL FAMILIAL</i>	<i>31</i>	<i>17</i>	<i>15</i>	<i>54</i>	<i>55</i>	<i>39</i>	<i>226</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
<i>PAR MEMBRE</i>	<i>7060</i>	<i>4784</i>	<i>3780</i>	<i>1895</i>	<i>4635</i>	<i>9883</i>	<i>45162</i>	<i>5389</i>	<i>41796</i>
<b>REVENU HORS EXPLOITATION</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>23600</b>	<b>9600</b>	<b>12000</b>	<b>2400</b>	<b>-</b>	<b>26400</b>	<b>12000</b>
<b>REVENU DU MENAGE</b>	<b>56481</b>	<b>11961</b>	<b>42498</b>	<b>20969</b>	<b>37495</b>	<b>61698</b>	<b>248388</b>	<b>53344</b>	<b>220979</b>
<i>PAR MEMBRE</i>	<i>7060</i>	<i>4784</i>	<i>8500</i>	<i>3495</i>	<i>6817</i>	<i>10283</i>	<i>45162</i>	<i>10669</i>	<i>44196</i>

### 5.2.3. Place de l'autoconsommation pour les ménages agricoles étudiés :

Pour ce volet ; nous allons nous focaliser sur la consommation alimentaire des ménages agricoles provenant de leurs activités agricoles.

En effet ; notre questionnaire ménage s'est penché sur la question en demandant aux chefs de ménage les quantités de leur production qui n'a pas été vendue.



**Figure 33 : La non vente de l'exploitation**

Cette quantité non vendue (Figure 33) est soit :

- Stockée sous forme de semences que le ménage va semer pendant la prochaine campagne agricole ou quand la pluviométrie le lui permet.
- Donnée à des membres de la famille élargie en dehors des membres du ménage producteur.
- Ou consommée directement par les membres du ménage producteur

Ainsi, à partir de non vente des exploitations, nous allons identifier et décrire la consommation de ménage. Avant cela nous allons rappeler la définition du processus de l'autoconsommation agricole des ménages ainsi que les manières de l'évaluer.

#### Concepts et définitions

Nous avons sélectionné trois définitions du processus de l'autoconsommation desquelles on essaiera d'identifier les frontières.

« Le terme autoconsommation vise l'ensemble des phénomènes autarciques : Utilisation sur place des produits de la ferme. » (Cambiaire, 1952(a))

La définition de Cambiaire (1952(a)) raccorde le processus d'autoconsommation à un phénomène autarcique sans pour autant préciser les différences entre autoconsommation et auto approvisionnement et sans préciser à quel niveau se fait la consommation, chef d'exploitation, ménage ou voisinage ?

« C'est la production agricole non commercialisée et qui est directement consommée par le producteur. » (Livingstone, 1969)

La définition de Livingstone (1969) sous-entend qu'on ne parle pas d'auto approvisionnement car il s'agit d'une consommation directe par le producteur, et met le point sur le caractère non marchand de l'autoconsommation.

Les services statistiques Du département Américain de l'Agriculture (1971) définissent l'autoconsommation comme étant la « Valeur de la production de la ferme directement consommée dans les ménages où elle a été produite »

L'apport de cette définition est que l'autoconsommation se limite aux membres d'un ménage, excluant implicitement les dons émis et on parle de valeur de production.

Ces définitions renvoient toutes au caractère agricole de l'autoconsommation, et nous permettent de la dissocier des consommations intermédiaires réutilisées sur l'exploitation en plus de la positionner au niveau du ménage. Elles renvoient plus ou moins explicitement au caractère non marchand de l'autoconsommation.

L'autoconsommation alimentaire agricole consiste en la consommation d'aliments produits par le ménage agricole.

Mais il faut faire la distinction avec ce qui est consommé pour l'exercice de production agricole (Consommations intermédiaires) que l'on définirait plutôt comme de l'auto approvisionnement. Par exemple, la production de fourrages pour l'alimentation du bétail tient de l'auto approvisionnement et la production de blé pour la consommation alimentaire du ménage, représente l'autoconsommation.

Dans une économie traditionnelle ou de besoin, l'utilisation directe des produits de l'exploitation ; pour consommation finale et intermédiaire ; est importante. Tandis que dans le cadre d'une économie marchande ; l'agriculteur vend presque la totalité de sa production.

Cambiaire (1952(b)) place le mécanisme d'autoconsommation dans un cadre psychologique, technique et économique et établit des conclusions quant aux variations de l'autoconsommation dans le cadre de l'économie agricole.

Il explique l'autoconsommation par une mentalité paysanne qui s'adapte mal aux impératifs de marché et qui s'oppose à la mentalité capitaliste par « *un dédain du calcul économique, la primauté accordée à la terre sur les valeurs monétaires et l'esprit d'indépendance* » ; un ensemble de caractères qui font que l'agriculture soit un style de vie plutôt qu'un métier pour les exploitations semi autarciques par rapport aux exploitations d'entreprise.

A un niveau technique, l'autoconsommation serait liée à l'imperméabilité ; totale ou partielle ; de l'agriculture paysanne aux progrès techniques et à un attachement à un système de production semi autarcique.

Sur un plan économique, le besoin d' « *éviter la sanction du prix de vente confronté au prix de revient* » ou ce qu'on appelle effet de « ciseaux de prix » qui peut être induit par effet de King ou par un système de production ne permettant pas de dégager des économies d'échelle concurrentielles ; constitue la motivation économique de l'autoconsommation agricole.

### Comment évaluer l'autoconsommation ?

Plusieurs approches de valorisation l'autoconsommation existent, nous en énumérons trois : quantité, variable alimentaire/nutritionnelle et valeur monétaire.

L'autoconsommation peut être exprimée en termes quantités mais cette approche peut engendrer un souci d'homogénéisation des unités car les produits agricoles sont souvent exprimés en différentes unités de mesure (litres pour le lait, unité pour les œufs, Kilogramme pour les légumes,

etc.). Mais la mesure des quantités autoconsommées sont essentielles pour sa valorisation car on peut traduire ses quantités en valeur monétaire ou en valeur alimentaire/nutritionnelle.

Le recours à la valeur monétaire permet d'homogénéiser l'unité d'expression de l'autoconsommation mais une question reste en suspens : faut-il la comptabiliser à son coût de production ou au prix du marché ?

Si l'on se place du côté de la théorie de la production, la valeur des biens autoproduits serait égale à son coût de production, à la somme du coût des inputs marchand et le coût des inputs non marchands (coût d'opportunité du temps). Et du côté de la théorie de la consommation, on évaluerait la valeur des biens autoproduits à travers leur valeur marchande (prix du marché au détail) et donc la valeur du bien serait égale au manque à dépenser du consommateur.

En général, c'est la valeur marchande qui est souvent retenue pour la valorisation économique de l'autoconsommation, mais cela peut induire en erreur dans le cas où l'exploitant prend ses décisions en dehors des prix du marché (Alary, 2013)

Ensuite, la conversion des quantités autoconsommées en termes de calories (pour calcul d'indicateur de sécurité alimentaire par exemple) ou en nutriments. Cette approche permet également d'homogénéiser l'autoconsommation mais induit à une séparation des effets nutritionnels des produits autoconsommés.

Pour notre analyse de l'autoconsommation des ménages producteurs de Sidi Bouzid, nous considérons la quantité des aliments autoconsommés par le ménage ; que nous traduisons en termes de composition nutritionnelle à l'aide de la table de composition des aliments tunisiens. Nous considérons le ménage comme étant constitué par l'ensemble d'individus vivant sous le même toit<sup>37</sup>.

#### Description de la consommation agricole des ménages

A partir de des données collectées sur la non vente auprès des 9 ménages enquêtés, nous avons estimé l'autoconsommation des ménages et calculé son apport calorique.

Pour collecter ces informations, nous avons demandé aux chefs des ménages la quantité qu'ils gardent pour la consommation familiale. Ils ont estimé les quantités qui ont été consommées par les membres du ménage. Seulement, nous avons dû faire face à une incohérence des données pour la consommation de l'huile d'olive. En effet, il n'est pas évident pour les ménages d'estimer leur consommation finale en dissociant les dons de ce produit dont la production varie énormément entre les années. Il est relativement aisé d'estimer les dons pour les autres produits : les ménages savent que les années où ils cultivent des légumineuses, 50kg sont destinées à la famille élargie ce qui représente moins de 1% de la production d'un hectare ; ils savent que chaque année, pour l'aïd, un mouton est réservé par exemple pour la famille du fils qui n'habite plus avec le ménage. Pour l'huile d'olive, l'estimation n'est pas évidente car il y a certaines années où les ménages ont un grand excédent de production et une autre où ils doivent acheter de l'huile sur le marché. Ainsi, nous avons réalisé des entretiens au sein de l'institut national de nutrition et des technologies alimentaires de Tunis (INNTA), à l'institut de l'olivier de Sfax et à la CTV de Mezzouna pour estimer la consommation en huile d'olive des ménages agricoles. A l'INNTA on nous a indiqué qu'il existe une grande disparité des niveaux de consommation entre les individus mais que la consommation par membre des

---

<sup>37</sup> On n'enregistre pas les départs définitifs, même s'ils contribuent aux revenus du ménage.

ménages agricoles ne pouvait pas dépasser les 30kg d'huile par an. A l'institut de l'olivier de Sfax et à la CTV de Mezzouna, nous avons conclu que les niveaux de consommation sont corrélés aux nombre de pieds d'olivier dont dispose le ménage en question et que la consommation moyenne par membre et par est de 25 kg d'huile.

Ainsi nous avons supposé :

- que pour les ménages ayant déclaré une quantité non vendue inférieure à cette moyenne, la quantité déclarée est égale à l'autoconsommation du ménage (ménage 2 et 4)
- que pour les autres ménages,
  - o le ménage ayant déclaré la plus grande quantité non vendue par membre a une autoconsommation égale à la valeur maximale de 30kg d'huile/membre/an (ménage 3)
  - o que le ménage ayant déclaré la plus faible quantité non vendue par membre a une autoconsommation égale à la moyenne de 25kg d'huile/membre/an (ménage 5)
  - o que les ménages intermédiaires consomment entre 25kg et 30kg/membre par an, en fonction de leurs déclarations.
  - o Cependant, le chef du ménage 7 a été contacté et a affirmé que son ménage consomme 25Kg d'huile/membre/an.

### *Ménage 1*

Le ménage de la première exploitation, autoconsomme des olives, du blé, de l'orge, des petits pois et des fèves et vend toute sa production de cumin. Et tout au long de l'année, le ménage a autoconsommé 6 têtes ovines et 3 têtes caprines.

En effet chaque membre du ménage consomme 26 kg d'huile d'olive, 200 kg de blé, 25 kg d'orge, 16.6 kg de petits pois, 8.2 kg de fèves et 17.9 kg de viandes rouges.

En nous référant à la consommation moyenne par jour d'un habitant du centre ouest où se trouve le gouvernorat de Sidi Bouzid, l'apport calorique de cette autoconsommation peut couvrir 111% de besoins caloriques théoriques de l'ensemble des membres du ménage.

### *Ménage 2*

Le ménage de la deuxième exploitation, autoconsomme des olives, du blé, des petits pois et des fèves et vend toute sa production de cumin. Le ménage a également consommé une tête ovine à l'occasion de l'aïd.

En effet chaque membre du ménage consomme 22.4 kg d'huile d'olive, 220 kg de blé, 19.8 kg de petits pois, 4 kg de fèves et 7.6 kg de viandes rouges.

L'apport calorique de cette autoconsommation peut couvrir 101% de besoins caloriques théoriques de l'ensemble des membres du ménage.

### *Ménage 3*

Le ménage de la troisième exploitation, autoconsomme des olives des pistaches, des amandes, du blé, de l'orge, des petits pois et des fèves et vend toute sa production de cumin. Le ménage a également consommé une tête ovine à l'occasion de l'aïd.

En effet chaque membre du ménage consomme 30 kg d'huile d'olive, 2 kg pistache, 20 kg amandes, 200 kg de blé, 10 kg d'orge, 15.2 kg de petits pois, 3.1 kg de fèves et 3.8 kg de viandes rouges.

L'apport calorique de cette autoconsommation peut couvrir 112% de besoins caloriques théoriques de l'ensemble des membres du ménage.

#### *Ménage 4*

Le ménage de la quatrième exploitation, autoconsomme des olives, de l'orge et des piments. Le ménage a également consommé une tête ovine à l'occasion de l'aïd.

En effet chaque membre du ménage consomme 8,3 kg d'orge, 11,7 kg d'huile d'olive, l'équivalent de 50 kg de piment et 3.2 kg de viandes rouges.

L'apport calorique de cette autoconsommation peut couvrir 12% de besoins caloriques théoriques de l'ensemble des membres du ménage.

#### *Ménage 5*

Le ménage de la cinquième exploitation, autoconsomme des olives, des petits pois et des fèves. N'ayant pas d'élevage sur l'exploitation, le ménage n'autoconsomme aucun produit d'origine animale.

En effet chaque membre du ménage consomme 17.3 kg de petits pois, 1,4 kg de fèves, 18,2 kg de melons et pastèques et 25 kg d'huile d'olive.

L'apport calorique de cette autoconsommation peut couvrir 20% de besoins caloriques théoriques de l'ensemble des membres du ménage

#### *Ménage 6*

Le ménage de la sixième exploitation, autoconsomme des olives, des grenades, des pistaches, des amandes, des tomates et des pommes de terre. Le ménage a également consommé une tête ovine à l'occasion de l'aïd.

En effet chaque membre du ménage consomme 1,7 kg de pistaches, 16,7 kg d'amandes, 8,3 kg de grenades, 1,4 kg de fèves, 58,3 kg de pommes de terre, 166.7 kg de tomates, 26.6 kg d'huile d'olive et 3,2 kg de viandes rouges.

L'apport calorique de cette autoconsommation peut couvrir 36% de besoins caloriques théoriques de l'ensemble des membres du ménage

#### *Ménage 7*

Le ménage de la septième exploitation, autoconsomme des olives, des fèves, des petits pois, des pastèques, des melons, des piments, des tomates et des pommes de terre. Et tout au long de l'année, le ménage a autoconsommé 5 têtes ovines.

En effet chaque membre du ménage consomme 10,4 kg de petits pois, 3,5 kg de fèves, 27,3 kg de melons et pastèques, 21,8 kg de piments, 18,2 kg de tomates, 25 kg d'huile d'olive et 17,2 kg de viandes rouges.

L'apport calorique de cette autoconsommation peut couvrir 26% de besoins caloriques théoriques de l'ensemble des membres du ménage.

### *Ménage 8*

Le ménage de la huitième exploitation, autoconsomme uniquement des olives. Sous contrat de culture, la production des autres cultures de son exploitation sont exclusivement vendues à des industriels. En effet chaque membre du ménage a consommé 27.3 kg d'huile d'olive.

L'apport calorique de cette autoconsommation peut couvrir 15% de besoins caloriques théoriques de l'ensemble des membres du ménage.

### *Ménage 9*

Le ménage de la neuvième exploitation, n'autoconsomme pas les produits de son exploitation. Néanmoins le propriétaire de l'exploitation estime la valeur des dons de fruits produits sur son exploitation à 4000 dinars.

Tableau 14 : Autoconsommation en kg/l par membre par an des ménages enquêtés

	Moyenne de consommation centre ouest (kg)	Agriculteurs								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
CEREALES (kg)	209.4	225.0	220.0	210.0	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Blé</i>		200.0	220.0	200.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Orge</i>		25.0	0.0	10.0	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LEGUMINEUSES (kg)	8.9	24.9	23.8	18.3	0.0	18.7	0.0	13.9	0.0	0.0
<i>petits pois</i>		16.6	19.8	15.2	0.0	17.3	0.0	10.4	0.0	0.0
<i>fève</i>		8.2	4.0	3.1	0.0	1.4	0.0	3.5	0.0	0.0
FRUITS (kg)	59.6	0.0	0.0	0.0	0.0	18.2	8.3	27.3	0.0	0.0
<i>Melon et pastèque</i>	17.7	0.0	0.0	0.0	0.0	18.2	0.0	27.3	0.0	0.0
<i>Grenadier</i>	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0	0.0
huile d'olive (l)	7.8	26.0	22.4	30.0	11.7	25.0	26.6	25.0	27.3	0.0
Légumes (kg)	119	0.0	0.0	0.0	50.0	0.0	225.0	40.0	0.0	0.0
<i>PDT</i>	15.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.3	0.0	0.0	0.0
<i>Tomates (équivalent produits frais)</i>	55.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	166.7	18.2	0.0	0.0
<i>Piments (équivalent produits frais)</i>	18	0.0	0.0	0.0	50.0	0.0	0.0	21.8	0.0	0.0
VIANDES ROUGES (kg)	11.3	17.9	7.6	3.8	3.2	0.0	3.2	17.2	0.0	0.0
FRUITS A COQUE (kg)	-	0	0	22	0	0	18.3	0	0	0
<i>pistachier</i>	-	0	0	2	0	0	1.7	0	0	0
<i>amandier</i>	-	0	0	20	0	0	16.7	0	0	0

**Tableau 15 : apport nutritionnel journalier de l'autoconsommation des ménages producteurs**

	<b>Consommation moyenne [ménages agricoles tunisiens]</b>	Agriculteur 1	Agriculteur 2	Agriculteur 3	Agriculteur 4	Agriculteur 5	Agriculteur 6	Agriculteur 7	Agriculteur 8	Agriculteur 9
Calories (kcal/jour)	2536.5	2812.4 111%	2555.5 101%	2852.4 112%	293.4 12%	506.7 20%	906.7 36%	662.4 26%	385.5 15%	0.0 0%
Protéines (g/jour)	82	110.7 135%	98.0 120%	102.2 125%	6.4 8%	13.0 16%	22.9 28%	23.7 29%	3.4 4%	0.0 0%
Fer	16.8	26.6 158%	24.1 143%	24.5 146%	1.1 7%	2.9 17%	4.9 29%	4.1 24%	0.1 1%	0.0 0%

### 5.3. Analyse des résultats

Dans un contexte agricole marqué par la présence d'une agriculture à deux vitesses ou ce qui a été appelé dualité agricole (Elloumi M., 2006), nous retrouvons les deux formes d'agriculture dans les exploitations de Sidi Bouzid. D'une part, une agriculture familiale affectée par la tendance libérale mais qui présente néanmoins des processus de résistance et d'autre part, une agriculture d'entreprise d'investissement. Ces deux formes d'agriculture, en concurrence sur le même territoire et présentant des caractéristiques structurelles différentes, se déclinent en plusieurs formes dans le gouvernorat de Sidi Bouzid.

Comme dans la plupart des pays du sud de la méditerranée, l'agriculture tunisienne est caractérisée par l'abondance des exploitations de petite taille et par le morcellement des terres. Un morcellement qui est principalement dû au partage des terres suite à la privatisation de terres qui appartenait à l'état et au nombre des héritiers lors de la cession des terres (Lasram, 2011). Mais malgré la baisse de la taille moyenne des exploitations agricoles tunisiennes, de remarquables performances ont pu être réalisées prouvant que les agriculteurs ont su s'adapter en apportant des ajustements aux contraintes induites par le morcellement des terres. Une étude de Abaab, Elloumi (2001) a montré que les petites et moyennes exploitations peuvent réaliser de bonnes performances en mobilisant la main d'œuvre familiale et par le recours à l'autofinancement sur base de revenus non agricoles. C'est un cadre familial souple qui permet aux exploitations agricoles de s'adapter à différentes situations.

Les résultats des enquêtes montrent une diversité des ménages agricoles au niveau de :

- Leur système de production
- La productivité de la main d'œuvre familiale
- La structure de leur revenu monétaire
- Leur insertion au marché
- L'importance de la production de l'exploitation dans leur alimentation

#### *Systèmes de production :*

A partir des 3 types de ménages agricoles enquêtés, avons donc identifié 5 systèmes de de production (**Tableau 16**). Les exploitations familiales pluviales pratiquent essentiellement deux systèmes : Le système « élevage polyculture » et le système « Arboriculture Maraichage ». Les exploitations familiales irriguées pratiquent 3 systèmes de production : le système « maraichage élevage », le système « maraichage arboriculture » et le système « arboriculture maraichage ». Et les exploitations agricoles d'entreprise pratiquent deux types de systèmes de production : le système maraichage arboriculture et le système purement arboricole.

**Tableau 16 : Types d'exploitation et systèmes de production des 9 ménages enquêtés**

Exploitations	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>système de production</b>	Elevage polyculture	Elevage polyculture	Arboriculture Maraichage	Maraichage Elevage	Maraichage arboriculture	Arboriculture maraichage	Maraichage Elevage	Maraichage arboriculture	Arboriculture
<b>Type d'exploitation</b>	Familiale pluviale	Familiale pluviale	Familiale pluviale	Familiale irriguée	Familiale irriguée	Familiale irriguée	Familiale irriguée	D'entreprise	D'entreprise

Ces 5 systèmes se présentent comme suit :

- Le premier système est le système « élevage polyculture » correspondant aux exploitations 1 et 2. Ce système pluvial permet aux ménages de dégager plus de 50% de leur revenus agricole de l'élevage de petits ruminants et plus de 25% des cultures maraichères pluviales (essentiellement des légumineuses). Le reste du revenu provient de l'arboriculture pluviale ; oliviers et fruits à coque ; et de la vente des céréales.

En moyenne ; les exploitations adoptant ce système de production ont une surface exploitée dont plus de 50% est formée par du parcours privé ; plus de 20% destinée à la céréaliculture et 10% à du maraichage pluvial (Figure 34). L'arboriculture couvre 14% de la surface exploitée, essentiellement par des oliviers.

- Le second système est le système « arboriculture maraichage » correspondant au système des exploitations 3 et 6. Ce système permet aux ménages de dégager plus de 50% de leur revenu agricole de l'arboriculture et plus de 20% des cultures maraichères.

En moyenne ; les exploitations adoptant ce système de production ont une surface exploitée dont 8% destinée à la céréaliculture et 22% à du maraichage (Figure 34). L'arboriculture couvre 69% de la surface exploitée, essentiellement par des oliviers.

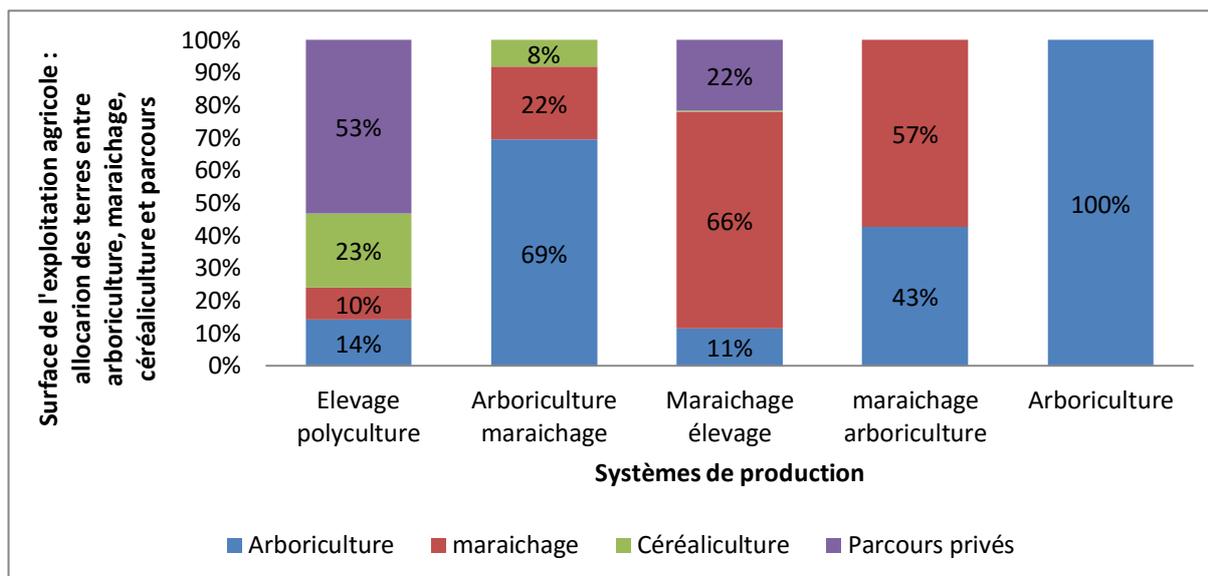
- Le troisième système est le système « maraichage élevage » correspondant au système des exploitations 4 et 7. Ce système permet aux ménages de dégager plus de 80% de leur revenu agricole des cultures maraichères et plus de 15% de l'élevage.

En moyenne ; les exploitations adoptant ce système de production ont une surface exploitée dont plus de 65% est destinée au maraichage irrigué ; et plus de 20% de la surface est formé par du parcours privé (Figure 34). L'arboriculture couvre 11% de la surface exploitée, essentiellement par des oliviers.

- Le quatrième système est le système « Maraichage arboriculture » correspondant au système des exploitations 5 et 8. Ce système permet aux ménages de dégager plus de 90% de leur revenu agricole des cultures maraichères et plus de 10% de l'arboriculture<sup>3</sup>.

En moyenne ; les exploitations adoptant ce système ont une surface exploitée dont 57% destiné au maraichage (Figure 34). L'arboriculture couvre 43% de la surface exploitée, essentiellement par des oliviers (Figure 40).

- Et le cinquième système de production basée exclusivement sur de l'arboriculture fruitière irriguée. En effet l'exploitation est à 100% arborisée par des variétés améliorées et productives de fruits.



**Figure 34 : surface par groupe de culture pour les systèmes de production identifiés**

### *Revenus et Performances*

A partir de la lecture des parts dans la formation du revenu agricole, du maraichage, de l'arboriculture (et oliviers) et de l'élevage nous constatons que le revenu des exploitations 1 et 2 provient essentiellement des activités d'élevage. L'arboriculture représente l'activité principale des exploitations 3, 6 et 9 qui sont 3 exploitations de type différent et que le maraichage représente l'activité principale des 3 exploitations irriguées 4, 5, 7 et 8.

On constate que les systèmes pluviaux permettent de dégager un revenu à l'hectare inférieur à 700dt/ha et que les systèmes irrigués dégagent plus de 1100dt/ha

Il apparaît également que le système le plus rentable est le système basé exclusivement sur de l'arboriculture fruitière irriguée et que le système élevage polyculture est le système qui permet de dégager le moins de revenu à l'hectare avec plus de 350 dt/ha.

Néanmoins ; chaque système de production présente des performances différentes d'un ménage à un autre.

- Les exploitations 1 et 2 ayant un système basé sur l'élevage (**Tableau 17**) présentent certes le même revenu à l'hectare ; mais la main d'œuvre familiale du ménage 1 est plus performante que celle du ménage 2 ; avec respectivement 31 et 17 dinars par jour de travail familial (**Tableau 13**). Le ménage 1 produit également un revenu par membre près de 50% supérieur à celui du ménage 2 (**Tableau 13**).

Ceci s'explique en partie par la taille de l'exploitation agricole. En effet le ménage 1 a une taille d'exploitation et un cheptel plus de 4 fois plus grands que le ménage 2. Ceci est perceptible au niveau des performances de certaines activités agricoles sur l'exploitation. Notamment l'élevage ; l'activité principale des deux ménages et qui permet au premier ménage de dégager une marge de 236 dinars par tête de petit ruminant et une marge de 193 dinars par tête pour le ménage 2.

Nous expliquons également la différence dans les revenus ; par l'importance du ménage et du travail familial. En effet, la taille du ménage 1 est plus de 3 fois plus grande que celle du ménage 2, et aucun des deux ménages n'a d'activités en dehors de l'exploitation. Le premier ménage a plus de deux fois plus de main d'œuvre familiale qui travaille sur l'exploitation avec plus de 1800 jours de travail alors que le ménage 2 contribue dans les activités de l'exploitation à hauteur de plus de 700 jours de travail familial par an.

Nous avons également constaté une différence dans les performances de l'arboriculture entre les deux ménages; la marge brute d'un hectare d'olivier est de 410 dinars pour l'exploitation 1 et de 243 dinars pour l'exploitation 2. Cette différence est essentiellement due aux rendements des oliviers qui sont très variables d'une exploitation à une autre.

- Les exploitations 3 et 6 ayant un système basé sur de l'arboriculture associée à du maraichage (**Tableau 17**) ont des revenus agricoles à l'hectare de 700 dinars pour l'exploitation pluviale et 3700 pour l'exploitation irriguée (**Tableau 13**). Ayant des ménages d'à peu près la même taille (**Tableau 10**); le revenu agricole par membre et par an est de 3780 dinars pour le ménage non irrigant et de 9883 dinars/an pour les membres du ménage irrigant. Cette différence de performance au sein du même système est expliquée par l'accès à l'irrigation qui permet au ménage irrigant d'avoir des activités agricoles plus intensives et plus rentables. En effet le ménage 3 dégage une marge brute à l'hectare de l'ordre de 1400 dinars pour les cultures maraichères et de 4500 dinars pour l'olivier. Tandis que le ménage 6 produit une marge brute qui se situe entre 14000 et 16000 dinars par hectare de maraichage cultivé et plus de 8000 dinars pour l'olivier. La main d'œuvre familiale est également plus performante dans le ménage irrigant, elle rapporte 39 dinars par jour de travail alors qu'elle rapporte 15 dinars par jour de travail chez les membres du ménage non irrigant. En revanche ; avec une faible productivité de la main d'œuvre ; le ménage pluvial rééquilibre son revenu avec un revenu d'hors exploitation. Ainsi le revenu monétaire par membre du ménage 3 est de 8500 dinars ; et 10200 dinars pour les membres du ménage 6.

- Les exploitations 4 et 7 ayant un système de production basé sur le maraichage associé à l'élevage (**Tableau 17**) ont des revenus à l'hectare de 1137 dinars pour l'exploitation 4 et 8280 dinars pour l'exploitation 7 (**Tableau 13**). Cette différence de performance économique au sein du même système est expliquée en partie par l'accès à l'irrigation ; en effet 13% de l'exploitation 4 est irriguée contre 77% pour l'exploitation 7.

Ayant des ménages d'à peu près la même taille (**Tableau 10**) ; le revenu agricole par membre et par an est de 1895 dinars pour le ménage 4 et de 45168 dinars/an pour les membres du ménage 7. En effet l'exploitation 4 ; mis à part le fait qu'elle ait une proportion irriguée moindre ; elle est de taille plus de 3 fois plus petite que l'exploitation 7. Ceci est également valable pour l'élevage ; le ménage 7 à un cheptel de petits ruminants plus grand ; 70 têtes contre 9 pour l'exploitation 4, et possède en plus des bâtiments d'élevage avicole qui lui permet de dégager 30000 dinars/an.

La main d'œuvre familiale est également plus performante dans le ménage 7, elle rapporte 226 dinars par jour de travail alors qu'elle rapporte 54 dinars par jour de travail chez les membres du ménage 4. Alors que le ménage 4 fournit 200 jours de travail pour l'exploitation ; le ménage 7 en fournit 1100 jours de travail familial.

- Les exploitations 5 et 8 ont un système de production basé sur le maraichage associé à de l'arboriculture (**Tableau 17**). En effet les deux exploitations ont la même taille d'exploitation sur lesquelles ils pratiquent du maraichage d'hiver et d'été sur l'exploitation dégagant une marge brute à l'hectare autour de 5000 dinars pour l'exploitation 5 et de 2600 dinars/ ha pour l'exploitation 8. Ils pratiquent également de l'oléiculture qui rapporte 767 dinars / ha pour l'exploitation 5 et 630 dinars / ha pour l'exploitation 8. Nous constatons que l'exploitation s'avère être plus performante en termes de productivité à l'hectare ; en partie grâce à un fonctionnement familial plus rentable pour l'exploitation. La main d'œuvre familiale sur l'exploitation 5 dégagne 55 dinars par jour de travail tandis que l'exploitation 8 est une exploitation ayant un fonctionnement d'entreprise.

Malgré les performances plus élevées de l'exploitation 5; les revenus agricoles à l'hectare sont de 2800 pour l'exploitation 5 et de 3000 dinars/ha pour l'exploitation 8 (**Tableau 13**). Ayant des ménages d'à peu près la même taille, le revenu agricole par membre est également plus faible pour le ménage de l'exploitation 5 par rapport à celui de l'exploitation 8. L'activité agricole rapporte, 4635 dinars pour chaque membre du ménage 5 et 5390 dinars pour chaque membre du ménage 8.

Nous expliquons cette différence pour une intensification plus soutenue au niveau de l'exploitation 8 qui irrigue 100% de son exploitation pour cultiver 9ha de cultures maraichères alors que l'exploitation 5 n'irrigue que le tiers de son exploitation pour cultiver 4,5 ha de cultures maraichères.

L'écart entre les revenus se creuse en regardant le revenu monétaire total par membre des deux ménages. En effet ; les deux ménages ont des revenus d'hors exploitation, mais l'agriculture représente l'activité principale du ménage 5<sup>38</sup> tandis que les activités extra agricoles du ménage 8 dégagent le même revenu que son activité agricole. Le revenu monétaire total par membre est de 6817 dinars/an pour le ménage 5 et de 10670 dinars/an pour le ménage 8.

---

<sup>38</sup> Le revenu agricole représente le double des revenus hors exploitation du ménage

**Tableau 17 : systèmes de production des 9 exploitations enquêtées**

	Agriculteur 1	Agriculteur 2	Agriculteur 3	Agriculteur 4	Agriculteur 5	Agriculteur 6	Agriculteur 7	Agriculteur 8	Agriculteur 9
%revenu maraichage	28%	45%	35%	80%	96%	14%	85%	85%	-
% revenu arbo	16%	3%	59%	-1%	4%	83%	1%	15%	100%
<i>Revenu oliviers</i>	<i>13%</i>	<i>0.28%</i>	<i>9%</i>	<i>-1%</i>	<i>9%</i>	<i>23%</i>	<i>0.4%</i>	<i>9%</i>	<i>0%</i>
% élevage	56%	55%	8%	21%	-	3%	14%	-	-
système de production	Elevage polyculture	Elevage polyculture	Arboriculture Maraichage	Maraichage Elevage	Maraichage arboriculture	Arboriculture maraichage	Maraichage Elevage	Maraichage arboriculture	Arboriculture
Type d'exploitation	Familiale pluviale	Familiale pluviale	Familiale pluviale	Familiale irriguée	Familiale irriguée	Familiale irriguée	Familiale irriguée	D'entreprise	D'entreprise

## Consommation

A partir de la lecture des données de consommation fournis par les 9 ménages; nous proposons une analyse de l'autoconsommation des ménages agricoles en aval de la lecture des décisions et performances de production de chaque ménage. Nous avons en effet comparé les niveaux de consommation des ménages aux moyennes de consommation du centre ouest puis traduit les quantités consommées en termes de calories pour en conclure la couverture calorique de l'autoconsommation.

Notre approche présente néanmoins quelques limites, mis à part le fait que l'on ne s'intéresse qu'à l'autoconsommation agricole du ménage et non à sa consommation alimentaire totale. En effet ; nous ne considérons par la perte et le gaspillage alimentaire opéré à l'échelle du ménage ; nous ne considérons pas les facteurs de cuisson ni les nutriments assimilés par les individus<sup>39</sup> et nous ne prenons pas en considération la répartition intra ménage des aliments en faisant l'hypothèse que les aliments sont répartis équitablement entre les différents membres du ménage.

La recommandation de manger différents types de denrées alimentaires est une recommandation internationalement acceptée pour une alimentation saine. L'importance de la variété alimentaire est basée sur plusieurs études qui ont montré que la diversité des régimes alimentaires est accompagnée par des résultats positifs sur la santé.

Dans un premier temps, nous avons approché la diversité de l'autoconsommation des ménages agricoles. Nous constatons en effet que les ménages pratiquant une agriculture familiale pluviale et irriguée (les exploitations de 1 à 7) ont une autoconsommation assez diversifiée. Entre 3 et 5 groupes d'aliments sont concernés par l'autoconsommation agricole de ces ménages (**Tableau 18**). Dans cette zone ; ou l'agriculture familiale caractérise 80% des modes de fonctionnement des exploitations ; l'autoconsommation s'avère être un critère essentiel dans le régime alimentaire des ménages agricoles en leur permettant de consommer en moyenne 4 groupes d'aliments à partir des produits de l'exploitation. Nous constatons également la déconnexion de l'activité agricole et l'alimentation des ménages pratiquant une agriculture d'entreprise.

---

<sup>39</sup> Par facteurs de cuissons nous insinuons la modification de l'apport nutritionnel de la consommation selon le mode et la durée de cuisson.

*Carmody RN, Weintraub GS, Wrangham RW. Energetic consequences of thermal and nonthermal food processing. Proc Natl Acad Sci U S A. 2011 Nov 7*

**Tableau 18 : score de diversité de l'autoconsommation des ménages enquêtés (par groupe d'aliments)**

	Agriculteurs/ménages								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Céréales	x	x	x	x					
Fruits					x	x	x		
Fruits à coque			x			x			
Légumes				x		x	x		
Légumineuses	x	x	x		x		x		
Huile	x	x	x	x	x	x	x	x	
Viandes rouges	x	x	x	x		x	x		
<b>Score de diversité<sup>40</sup></b>	4	4	5	4	3	5	5	1	0

Nous constatons que les ménages pratiquant une agriculture pluviale (ménages de 1 à 3) ont une autoconsommation comparable pour les céréales, légumineuses et l'huile d'olive. Pour ces ménages ; l'autoconsommation met à disposition du ménage plus de 100% de ses besoins caloriques<sup>41</sup>. En effet ; ils consomment plus de 200 Kg de céréales/ membre/ an ; autour de 20kg de légumineuses /membre/ an et 25 litres d'huile d'olive /membre/ an en moyenne. Ces ménages sont autosuffisants pour les céréales, les légumineuses et l'huile d'olive.

En ce qui concerne la consommation de viandes rouges ; seule le ménage ayant un cheptel de plus de 100 têtes présente une autoconsommation supérieure à la moyenne de consommation du centre ouest. En effet, le ménage 1 consomme 18kg de viandes rouges (ovines et caprines), tandis que les ménages 2 et 3 consomment respectivement 7.6 kg et 3.8 kg/ membre/ an (Tableau 14).

Pour les ménages pratiquant une agriculture familiale irriguée ; l'autoconsommation met à disposition du ménage entre 10% et 35% de ses besoins caloriques. Ces ménages sont autosuffisants pour la consommation d'huile d'olive et éventuellement pour les légumineuses (les ménages qui les cultivent). Seul le ménage 4 n'est pas autosuffisant pour la production d'huile d'olive à cause d'un jeune patrimoine oléicole dont le rendement est de 10kg par arbre. Comparé aux ménages pratiquant une agriculture pluviale, ces ménages consomment plus de fruits de légumes en fonction de leur diversité produite, mais doivent cependant compléter leur autoconsommation par des achats sur le marché. En plus, la totalité de leur consommation en céréales provient du marché.

Le ménage 7, ayant un cheptel de plus de 50 têtes ; présente une consommation de viandes rouges supérieure à la moyenne de consommation au centre ouest Tunisien (Tableau 14).

Par ailleurs ; Les ménages ayant un système de production basé sur l'arboriculture et un fonctionnement familial (ménage 3 et 6) ; auto consomment des fruits à coque. En effet ils présentent une consommation autour de 20 kg d'amandes et de pistaches que nous n'avons pas comparé à la moyenne régionale par manque de données.

<sup>40</sup> Score adapté de Kant et al. (1991) qui ont proposé un score qui attribue 1 point à chaque groupe d'aliments consommé parmi un total de 5 groupes (lait et produits laitiers, viandes, fruits, légumes et céréales) : Le « diet diversity Score ». Ici nous considérons

<sup>41</sup> Ici ; nous appelons besoins caloriques du ménage ; la consommation calorique moyenne des ménages agricoles Tunisien = 2536.5 Kcal/personne/jour

## Conclusion

Après la lecture des résultats des enquêtes avec les 9 ménages agricoles ; il apparaît clairement que :

L'olivier représente une culture centrale tant dans la production que la consommation des ménages producteurs. Elle est pratiquée par la quasi-totalité des exploitations et occupe des surfaces assez importantes. Les niveaux de consommation d'huile d'olive sont nettement supérieurs à la moyenne régionale de consommation indiquent son rôle clé dans la sécurité alimentaire des agriculteurs (Figure 35). Avec des rendements variables, l'oléiculture est perçue comme étant une culture alimentaire par les ménages producteurs car la production sert d'abord à couvrir les besoins du ménage puis à la vente. Mais ; on constate que la plupart des agriculteurs vendent plus de 80% de leur production en olives.

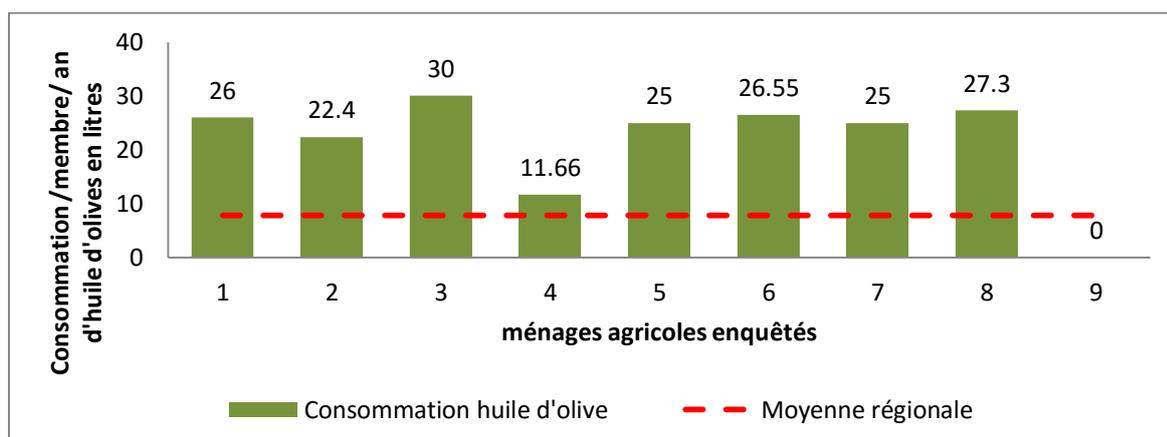


Figure 35 : consommation d'olives des ménages comparée à la moyenne régionale

Le maraichage pluvial concerne essentiellement les légumineuses. Parmi ces légumineuses, la culture des petits pois occupe une place importante pour les ménages producteurs. En effet, elle est cultivée par tous les agriculteurs pluviaux et occupe toujours une surface plus importante que d'autres cultures pluviales. La consommation de cette légumineuse caractéristique de la zone de Sidi Bouzid par les ménages qui la cultivent; dépasse la moyenne régionale de consommation de légumineuses (Figure 36). Malgré son importance dans l'alimentation des ménages ; les légumineuses représentent des cultures de rente pour les ménages producteurs puisque l'ensemble des producteurs vendent plus de 90% de leur production sur le marché.

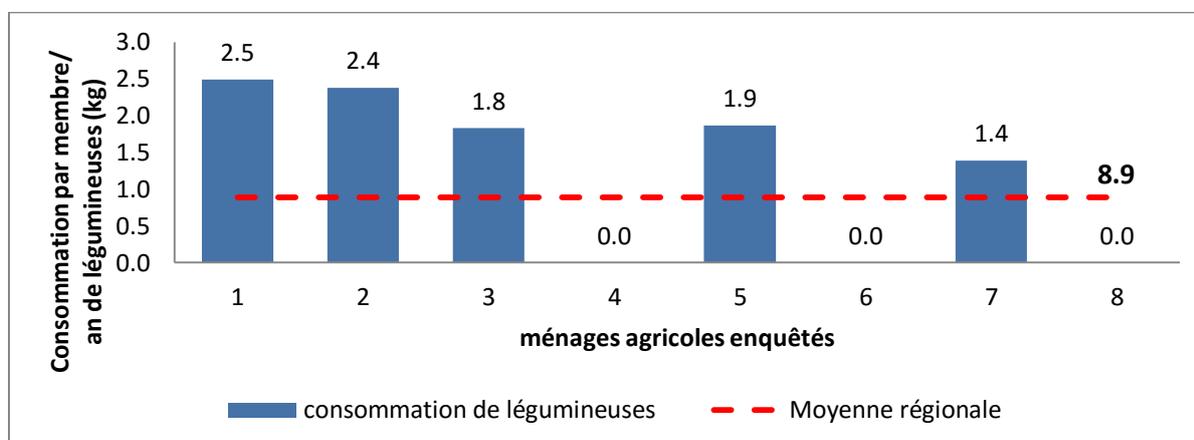


Figure 36 : consommation d'olives des ménages comparée à la moyenne régionale

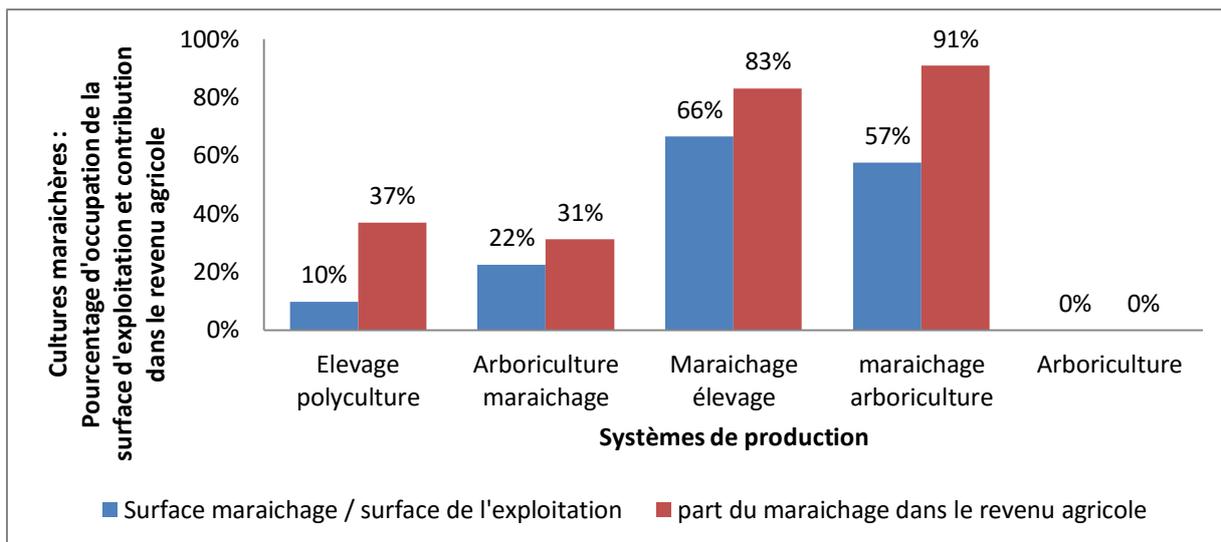
Le blé, cultivé uniquement sur les exploitations pluviales, est essentiellement destiné à la consommation familiale. Sauf pour les grandes exploitations de plus de 100 ha. En effet seule la première exploitation vend plus de 80% de sa production en blé, les autres exploitations ne cultivent que la surface leur permettant de couvrir les besoins de leur ménage. Le blé constitue un aliment de base dans l'alimentation des ménages agricoles. En moyenne ; 55% de la consommation calorique d'un membre d'un ménage agricole tunisien, provient de la consommation de blé (Institut National De La Statistique, 2013a).

Le travail familial permet aux exploitations familiales d'être plus performantes. Nous constatons que l'irrigation permet aux membres des ménages travaillant sur l'exploitation familiale d'être plus productifs. Ceci pourrait fournir des éléments de réponse à la crise et la dynamique du travail agricole que connaît la zone de Sidi Bouzid. Avec des salaires autour de 10 dinars/jour pour la main d'œuvre féminine et de 20 dinars/jour pour la main d'œuvre masculine et sachant que le maraichage et l'arboriculture irrigués sont les activités les plus consommatrices en travail saisonnier ; la force de travail rapporte plus au ménage en restant travailler sur l'exploitation familiale irriguée que en travaillant en dehors de l'exploitation. Cependant ; les membres de ménages agricoles pluviaux sont plus susceptibles de fournir de la force de travail aux exploitations les plus intensives. En dehors de la dynamique de travail entre les différents types d'exploitations, l'analyse de la productivité de la main d'œuvre familiale est essentielle en cas de changements politiques, économique et naturels dans l'environnement de l'exploitation agricole. Car, comme l'eau, le travail constitue un facteur limitant dans la zone de Sidi Bouzid.

L'autoconsommation agricole est d'une importance centrale pour l'alimentation des ménages, surtout pour les exploitations familiales pluviales pour qui la production de l'exploitation permet de mettre à disposition du ménage plus de 100% de leurs besoins caloriques. Pour les exploitations irriguées, l'autoconsommation offre entre 10 et 35% des besoins caloriques des ménages.

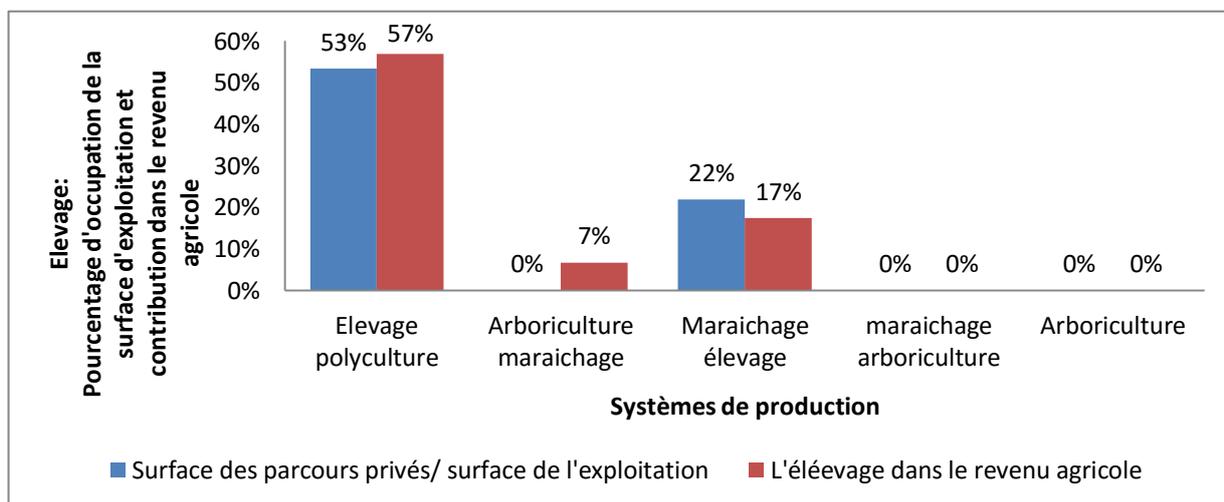
Par ailleurs, les 5 systèmes de cultures identifiés s'articulent autour des 3 activités principales des agriculteurs de Sidi Bouzid, soit, l'élevage, l'arboriculture et le maraichage. Une comparaison entre la place de ces activités dans l'exploitation (surfaces) et dans les revenus agricoles nous permet d'identifier les activités qui pourraient faire l'objet de mesures d'amélioration.

La figure ci-dessous (Figure 37) illustre ; pour chaque système de production identifié ; la part moyenne de la surface des exploitations agricoles allouées aux cultures maraichères et la part des ventes des produits maraichers dans le revenu agricole des ménages. Les cultures maraichères occupent, selon le système de production, entre 10% et 66% des superficies des exploitations agricoles. Ces cultures ; concernent au moins 3 groupes d'aliments. Les fruits comme le melon et la pastèque, les légumes comme le piment et la tomate et des légumineuses comme les petits pois et la fève. Ces cultures permettent aux ménages familiaux d'avoir une autoconsommation agricole diversifiée. En plus ; selon le système de production ; ces cultures de rente contribuent entre 30 et 90% dans la formation du revenu agricoles.

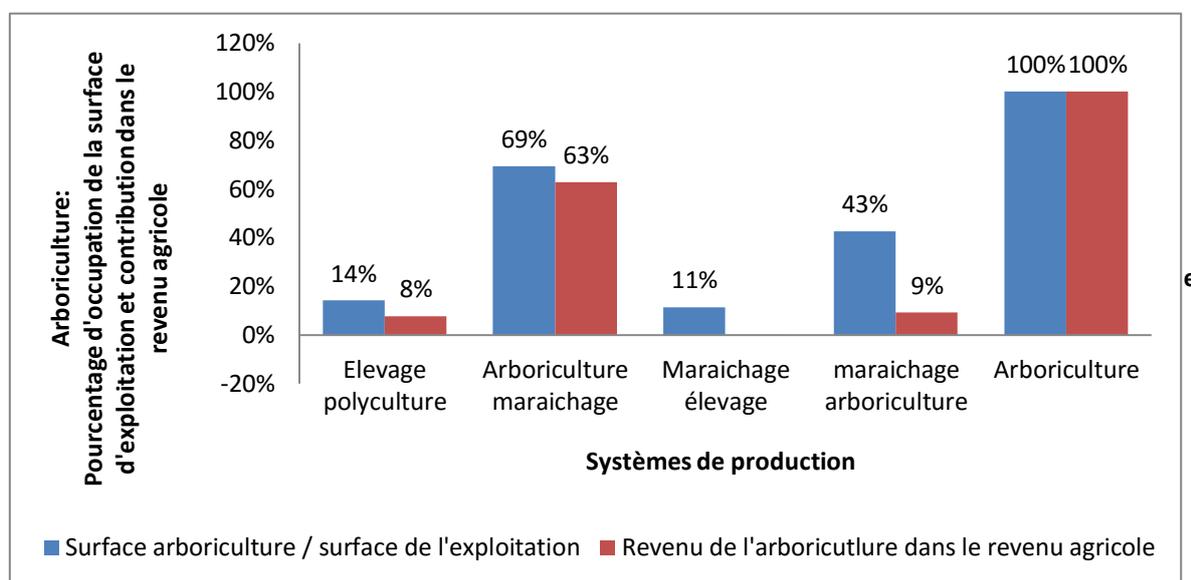


**Figure 37 : Pourcentage d'occupation de la surface d'exploitation des cultures maraichères et leur contribution dans le revenu agricole / par système de production**

La figure ci-dessous (Figure 38) illustre ; pour chaque système de production identifié ; la part moyenne de la surface des exploitations agricoles allouées aux parcours privés et la part des ventes des produits de l'élevage dans le revenu agricole des ménages. On constate que seuls les systèmes comportant une composante élevage allouent une surface aux parcours privé. Les exploitations ayant un système basé sur l'élevage allouent 53% de la surface des exploitations aux parcours privés desquels il dégage 57% de leurs revenus agricoles. La tendance s'inverse pour les exploitations ayant un système où l'élevage est secondaire. Le pourcentage de la terre allouée aux parcours est plus important que la part du revenu agricole provenant de l'élevage.

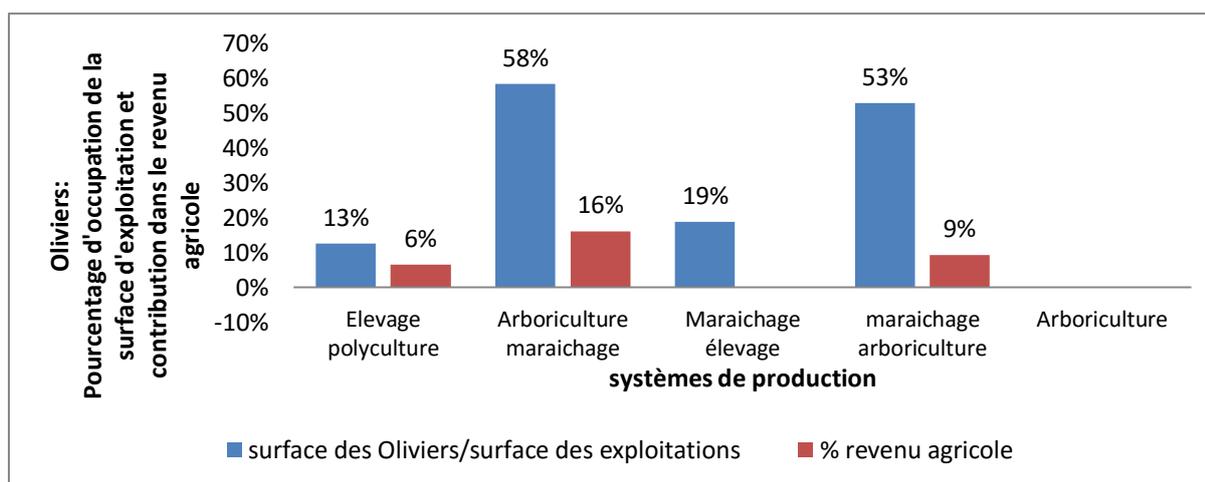


La figure ci-dessous (Figure 39) illustre ; pour chaque système de production identifié ; la part moyenne de la surface des exploitations agricoles allouées à l'arboriculture et la part des ventes des produits de l'arboriculture dans le revenu agricole des ménages. Il apparaît clairement, que pour tous les systèmes, mis à part le système purement arboricole, la part de l'arboriculture dans la surface de l'exploitation est supérieure à la contribution des ventes des produits dans les revenus agricoles.



**Figure 39 : Pourcentage d'occupation de la surface d'exploitation des arbres et leur contribution dans le revenu agricole / par système de production**

Cette surface arboricole est constituée essentiellement d'oliviers. La figure ci-dessous (Figure 40) illustre ; pour chaque système de production identifié ; la part moyenne de la surface des exploitations agricoles allouées à l'oléiculture et la part des ventes des olives dans le revenu agricole des ménages.



**Figure 40 : Surface oléicole par rapport à la surface de l'exploitation et revenu oléicole par rapport au revenu agricole; pour chaque système de production**

Comme montré auparavant, la culture de l'olivier occupe une place importante dans le paysage agricole de Sidi Bouzid. Mais cette culture présente une situation quelque peu paradoxale. Puisque ; l'oléiculture est pratiquée par quasiment tous les agriculteurs de la zone et qu'elle couvre 60% des

terres agricoles à Sidi Bouzid. En contrepartie ; comme illustré par les résultats des enquêtes ; l'oléiculture contribue en moyenne à 10% des revenus agricoles des ménages producteurs.

Pour les ménages agricoles, l'olivier présente un écart de gain monétaire.

En effet, La production oléicole à sidi Bouzid est vendue à des intermédiaires par les agriculteurs sous formes d'olives sur l'exploitation. Puis est revendue à Sfax sur le marché des olives à Gremda pour être triturée, mise en bouteille et revendue sur le marché local ou par les entreprises exportatrices.

Des solutions alternatives pour réduire cet écart pourraient être formulées à travers une meilleure valorisation de la production des exploitants. . Pour les agriculteurs de Sidi Bouzid ; une meilleure valorisation de la production oleicole à travers la transformation permettra aux ménages agricoles d'améliorer leur revenus.

Mais, l'autoconsommation des produits de l'olivier occupe une place centrale dans le régime alimentaire des ménages agricoles. Nous faisons l'hypothèse que, comme dans d'autres cas , l'amélioration recherchée du revenu, se fera au dépend de l'alimentation du ménage. Soit par perte de la diversité des cultures alimentaires au sein des exploitations familiales, soit par une modification du régime alimentaire des ménages producteurs, qui substitueront l'huile d'olive par d'autres sources de lipides et de calories.

## 6. Les données des exploitations enquêtées

Tableau 19 : tableau de conduite de l'exploitation du ménage 1

AGRICULTEUR N°1		nombre de membres du ménage		RHE																			
		9		-																			
surface totale		150		utilisation de la production				coûts							REVENU								
VEGETAL	ha	rendement	production	Non vente	conso animale	vendu	prix	recettes	phyto	ferti	autres charges	cout meca	MO salariée	MO familiale masculine (jours)	MO familiale féminine (jours)	MB	charges totales	végétal					
		kg/ha	kg				dinar/kg		/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	?	/ha	/ha							
ble	20	600	12000	1600		10400	0.62	6448			100	75	0	5	8	197	3500	2948					
orge	20	500	10000	200	9900	0	0.48	0			70	75	0	6	6	95	2900	-2900					
									/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	?	/ha								
petit pois	10	2000	20000	2000		18000	1	18000	110	0	132	250	50	23.25	21.25	1458	5420	12580					
feve	2	2000	4000	2000		2000	1	2000	110	0	135	250	50	23.25	21.25	1455	1090	910					
cumin	2	225	450	0		450	20	9000	110	0	2700	250	50	25	21	1390	6220	2780					
									total	total	total	total	total	total	total								
olivier	20			1600		14500	0.7	10150	0	0	0	800	2262	332	180	410.4	3062	7088					
pieds	700	23	16100																				
Parcours	76							6208															
ANIMAL	agneaux nés vivants		perte	agnelles gardées pour le renouvellement	autoconsommation	vente	prix	achats aliment		frais vétérinaires		MO salariée	MO familiale masculine (jours)	MO familiale féminine (jours)	charges totales	Animal							
Elevage ovin								50000		20000		200		3600		120		80		23800		33075	
BREBIS	Mâles	77	5		3	69																	
110	dont 0-3					9	300	2700															
	dont 3-6					60	530	31800															
	Femelles	77	6	17	3	51	250	12750															
	Brebis de réforme		6			11	250	2750															
Elevage caprin								6175															
CHEVRES	males	22	3			19	170	3230															
30	femelles	23		12	3	9	170	1445															
	chevres de réforme					10	150	1500															
Laine								200															
fumier								500															
<b>REVENU AGRICOLE</b>																	<b>56481</b>						
A L'HECTARE																	377						
PAR MEMBRE																	6276						

Tableau 20 : tableau de conduite de l'exploitation du ménage 2

AGRICULTEUR N°2		nombre de membres du ménage	RHE	utilisation de la production					coûts								REVENU		
surface totale		34	3																
VEGETAL	ha	rendement	production	Non vente	conso animale	vendu	PRIX	recettes	phyto	ferti	autres charges	cout meca	MO salariée	MO familiale masculine (jours)	MO familiale féminine (jours)	MB	charges totales	végétal	
		kg/ha	kg				dt/kg		/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	/ha			
ble	2	600	1200	1200		0	0,62	0			100	75	0	5	8	197	350	-350	
									/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	/ha			
petit pois	2	2000	4000	200		3800	1	3800	110	0	132	250	50	23,25	21,25	1458	1084	2716	
feve	1	2000	2000	200		1800	1	1800	110	0	135	250	50	23,25	21,25	1455	545	1255	
cumin	1	225	225	0		225	20	4500	110	0	2700	250	50	25	21	1390	3110	1390	
									total	total	total	total	total	total	total	/ha			
olivier	3		1260	900		360	0,7	252	0	0	0	208	35	59	60	213	243	9	
pieds	45	28	1260						total	total	total	total	total	total	total	/ha			
Pistache	3		100	0		100	6	600	14	0	0	140	120	20	10	108,66667	274	326	
Pieds	20	5																	
Parcours	22																		
ANIMAL		agneaux nés vivants	perte	agnelles pour le renouvellement	autoconsom mation	vente	prix	recettes	achats aliment	frais veterinaire	MO salariée	MO familiale masculine (jours)	MO familiale féminine (jours)			charges totales	Animal		
Elevage ovin									6000	0	0	180	180			6000	6590		
BREBIS	Mâles	19			1	18													
	dont 0-3					20	270	5400											
	dont 3-6																		
	Femelles	19	1	3		15	270	4050											
	brebis reforme					3	250	750											
Elevage caprin																			
CHEVRES	males	7				7	170	1190											
	femelles	8		1		7	150	1050											
	chevres de reforme					1	150	150											
DECAPITALISATION	brebis productives					12	450	5400											
	Laine							0											
	fumier							0											
<b>REVENU AGRICOLE</b>																	<b>11936</b>		
A L'HECTARE																	351		
PAR MEMBRE																	3978,67		

Tableau 21 : tableau de conduite de l'exploitation du ménage 3

AGRICULTEUR N°3		nombre de membres du ménage		RHE	utilisation de la production					coûts							REVENU	
surface totale		5		23600														
VEGETAL	ha	rendement	production	Non vente	conso animale	vendu	prix	recettes	phyto	ferti	autres charges	cout meca	MO salariée	MO familiale masculine (jours)	MO familiale féminine (jours)	MB	charges totales	végétal
		kg/ha	kg				dinar/kg		/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	/ha		
ble	2	600	1200	1200		0	0,62	0			100	75	0	5	8	197	350	-350
orge	2	500	1000	100		900	0,48	432			70	75	0	6	6	95	290	142
									/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	/ha			
petit pois	2	2000	4000	400		3600	1	3600	110	0	132	250	50	23,25	21,25	1458	1084	2516
feve	2	2000	4000	400		3600	1	3600	110	0	135	250	50	23,25	21,25	1455	1090	2510
cumin	2	225	450	0		450	20	9000	110	0	2700	250	50	25	21	1390	6220	2780
									total	total	total	total	total	total	total			
olivier	14		16240	2200		14040	0,7	9828	0	0	0	830	3715	252	280	487,35714	4545	5283
pieds	580	28	16240						total	total	total	total	total	total	total			
Pistache	1,5		250	10		240	6	1440	14	0	0	140	120	20	10	817,33333	274	1166
Pieds	50	5							total	total	total	total	total	total	total			
Amandier	1		1500	100		1400	5	7000	0	0	0	125	80	20		7295	205	6795
pieds																		
arbo fruitière mixte	1,5																	
ANIMAL		agneaux nés vivants	perte	agnelles pour le renouvellement	autoconsommation	vente	prix	recettes	achats aliment	frais veterinaire	MO salariée	MO familiale masculine (jours)	MO familiale féminine (jours)		charges totales	Animal		
Elevage ovin																		
BREBIS	Mâles	3			1	2		1250	500	0	0	180	180		500	1710		
4	dont 0-3					2	450	900										
	dont 3-6																	
	Femelle	3	0	2		1												
	dont 0-3					1	350	350										
	brebis reforme					0	0	0										
Elevage caprin																		
CHEVRES	males	3				3	170	510										
4	femelles	3		1		2	150	300										
	chevres de reforme					1	150	150										
<b>REVENU AGRICOLE</b>																		
A L'HECTARE																		
PAR MEMBRE																		
<b>REVENU DU MENAGE</b>																		
PAR MEMBRE																		

Tableau 22 : tableau de conduite de l'exploitation du ménage 4

AGRICULTEUR N°4		nombre de membres du ménage		RHE		utilisation de la production										coûts										REVENU		
surface totale		10		6		9 600																						
VEGETAL	ha	rendement	irrigation	production	Non vente	conso animale	vendu	prix	recettes	phyto	ferti	autres charges	cout meca	MO salariée	MO familiale masculine (jours)	MO familiale féminine (jours)	MB	charges totales	végétal									
		kg/ha	m3/ha	kg				dinar/kg		/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	/ha											
orge	0,25	500		125	50	75	0	0,48	0			70	75	0	6	6	95	36,25	-36,25									
piment	1	21000	3500	21000	300		20700	0,9	18000	350	2900	2763	910	1947	39	36	10030	8870	9130									
olivier pieds	0,5 35			980 980	980		0	0,7	0	0	0	0	45	30	6	2	1222	75	-75									
Parcours	8,25																											
ANIMAL	Brebis	agneaux nés vivants	perte	agnelles pour le renouvellement	autoconsommation	vente	prix	recettes	achats aliment	frais veterinaire	MO salariée	MO familiale masculine (jours)	MO familiale féminine (jours)	charges totales	Animal													
Elevage ovin								3400	1050	0	0	80	40	1050	2350													
BREBIS	Mâles	7			1	6																						
9	dont 0-3					6	450	2700																				
	dont 3-6					2	350	700																				
	Femelles	6	2	2		2																						
	brebis reforme					0		0																				
<b>REVENU AGRICOLE</b>																			<b>11368,75</b>									
A L'HECTARE																			1137									
PAR MEMBRE																			1895									
<b>REVENU MENAGE</b>																			<b>20 969</b>									
PAR MEMBRE																			3495									

Tableau 23 : tableau de conduite de l'exploitation du ménage 5

AGRICULTEUR N°5		nombre de membres du	RHE	utilisation de la production							coûts							REVENU	
		7	12000																
surface totale		9																	
VEGETAL	ha	rendement	irrigation	production	Non vente	conso animale	vendu	prix	recettes	phyto	ferti	autres charges	cout meca	MO salariée	MO familiale masculine (jours)	MO familiale féminine (jours)	MB	charges totales	végétal
		kg/ha	m3/ha	kg				dinar/kg		/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	/ha		
Feve	1,5	10000	3000	15000	100	0	14900	1	14900	200	200	270	60	2060	58	0	7210	4185	10715
petit pois	1,5	10000	3000	15000	250	0	14750	1	14750	200	200	270	60	2150	54	0	7120	4320	10430
Melon	1,5	35000	4000	52500	100		52400	0,45	23580	1200	2000	3000	150	1800	34	80	7600	12225	11355
									total	total	total	total	total	total	total	total			
Olivier	4			7000	2200		4800	0,7	3360	0	0	0	200	1630	36	85	767,5	1830	1530
pieds	250	28		7000						total	total	total	total	total	total	total			
arbo fruitière mixte	0,5																		
<b>REVENU AGRICOLE</b>																			<b>34030</b>
A L'HECTARE																			3781
PAR MEMBRE																			4861
<b>REVENU MENAGE</b>																			<b>46030</b>
PAR MEMBRE																			6576

Tableau 24 : tableau de conduite de l'exploitation du ménage 6

AGRICULTEUR N°6		nombre de membres du	RHE	utilisation de la production							coûts							REVENU	
surface totale		16	7	2 400															
VEGETAL	ha	rendement	irrigation	production	Non vente	conso animale	vendu	prix	recettes	phyto	ferti	autres charges	cout meca	MO salariée	MO familiale masculine (jours)	MO familiale féminine (jours)	MB	charges totales	végétal
		kg/ha	m3/ha	kg			dinar/kg			/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	/ha		
tomate	2,5	65000	3500	162500	1000	0	161500	0,115	18572,5	450	1600	2123	120	1570	36	150	1612	14657,5	3915
PDT	2,5	22000	3500	55000	350	0	54650	0,45	24592,5	1200	1000	3623	300	300	20	10	3477	16057,5	8535
										total	total	total	total	total	total	total			
Grenadier	1	12000	3000	12000	50	0	11950	0,75	8962,5	50	100	534	60	1100	8	0	7156	1844	7118,5
Pistachier	2		1000	975	10	0	965	6	5790	50	100	178	120	400	35	40	2501	848	4942
pleds	150	6,5																	
Amandrier	2	2000	1500	4000	100	0	3900	5	19500	50	150	267	120	600	35	10	9406,5	1187	18313
Olivier	11	dont 5 pluviaux	2000	75000	1400	0	73600	0,7	51520	20	0	3916	660	3600	280	528	4027,6	8196	43324
pleds	1500	50																	
5																			
Parcours	0																		
ANIMAL	Brebis	agneaux nés vivants	perte	agnelles gardées pour le renouvellement	autoconsommation	vente	prix	recettes	achats aliment	frais veterinaire	MO salariée	MO familiale masculine (jours)	MO familiale féminine (jours)	charges totales	Animal				
Elevage ovin									3550	1000	0	0	40	20	1000	2550			
BREBIS	Mâles	6			1	5													
10	dont 0-3					5	350	1750											
	dont 3-6																		
	Femelles	7	0	2		5	300	1500											
	brebis reforme					1	300	300											
<b>REVENU AGRICOLE</b>																			
<b>88697,5</b>																			
<b>A L'HECTARE</b>																			
<b>5544</b>																			
<b>PAR MEMBRE</b>																			
<b>12671</b>																			
<b>REVENU MENAGE</b>																			
<b>91 098</b>																			
<b>PAR MEMBRE</b>																			
<b>13014</b>																			

Tableau 25 : tableau de conduite de l'exploitation du ménage 7

AGRICULTEUR N°7		nombre de membres du	RHE	utilisation de la production						coûts								REVENU			charges salariales fixes	Location de terres	
surface totale		30	6	-																		2100	400
VEGETAL	ha	rendement	irrigation	production	Non vente	conso animale	vendu	prix	recettes	phyto	ferti	autres charges	cout meca	MO saisonnière salariée	MO familiale masculine (jours)	MO sal fixe (jours)	MO familiale féminine (jours)	MB	charges totales	végétal			
		kg/ha	m3/ha	kg			dinar/kg			/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	Total	total	/ha	/ha					
Fève	7	8000	3000	56000	250	0	55750	0,8	44600	200	200	270	50	800	280	280	0	4880	10640	33960			
petit pois	7	8000	3000	56000	150	0	55850	0,9	50265	200	200	270	50	800	280	280	0	5680	10640	39625			
Pastèque	6	35000	4000	210000	100	0	209900	0,45	94455	1200	2500	3000	135	2250	140	100	0	6665	54510	39945			
Melon	14	35000	4000	490000	50	0	489950	0,45	220478	1200	2500	3000	135	2250	140	100	0	6665	127190	93287,5			
PDT	3	25000	4000	75000	0	0	75000	0,45	33750	1200	1000	3000	300	490	30	30	0	5260	17970	15780			
tomate	3	65000	3500	195000	100	0	194900	0,115	22414	450	1600	1500	120	2600	0	45	0	1205	18810	3603,5			
piment	2,5	25000	3500	62500	120	0	62380	0,48	29942	450	1600	2800	120	2700	0	40	0	4330	19175	10767,4			
										total	total	total	total	total	total	total	total						
Olivier	7		0	11200	2200	0	9000	0,7	6300	0	0	0	300	2000	50	120	0	791,4	2300	4000			
piéds	400	28		11200																			
Parcours	6																						
ANIMAL		agneaux nés vivants	perte	agnelles pour le renouvellement	autoconsommation	vente	prix	recettes	achats aliment	frais vétérinaire	MO salariée	MO familiale masculine (jours)	MO sal fixe (jours)	MO familiale féminine (jours)	charges totales	Animal							
Elevage ovin								9600	4500	500	4700	20	500		9700	8560							
BREBIS	Mâles	14			5	9																	
	dont 0-3																						
	dont 3-6					9	600	5400															
	Femelles	14	0	5		9																	
	dont 0-3					9	400	3600															
	brebis réforme					2	300	600															
Elevage caprin								8560															
CHEVRES	males	38	7			31	170	5185															
	femelles	38	8	12		18	150	2625															
	chevres de réforme					5	150	750															
Laine								100															
Aviculture																	30000						
REVENU AGRICOLE																	251328,4						
A L'HECTARE																	8378						
PAR MEMBRE																	41888						

Tableau 26 : tableau de conduite de l'exploitation du ménage 8

AGRICULTEUR N°8		nombre de membres du S		RHE		utilisation de la production				coûts								REVENU		
surface totale		9		26400																
VEGETAL	ha	rendement	irrigation	production	Non vente	conso animale	vendu	prix	recettes	phyto	ferti	autres charges	cout meca	MO salariée	MO familiale masculine (jours)	MO familiale féminine (jours)	MB	charges totales	végétal	
		kg/ha	m3/ha	kg				dinar/kg		/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	/ha			
piment	2	20000	3500	40000	0	0	40000	0,5	20000	450	1600	2123	120	2900	0	0	2807	14386	5614	
tomate	2	65000	3500	130000	0	0	130000	0,15	19500	450	1600	2123	120	3000	0	0	2457	14586	4914	
PDT	5	22000	3500	110000	0	0	110000	0,45	49500	1200	1000	3623	300	990	0	0	2787	35565	13935	
										total	total	total	total	total	total	total				
Olivier	5,5		500	14000	1400	0	12600	0,7	8820	20	0	489,5	80	4000	0	0	947,4	4589,5	4230,5	
piéds	500	28																		
<b>REVENU AGRICOLE</b>																			<b>28693,5</b>	
A L'HECTARE																			3188	
PAR MEMBRE																			5739	
<b>REVENU MENAGE</b>																			<b>55 094</b>	
PAR MEMBRE																			11019	

Tableau 27 : tableau de conduite de l'exploitation du ménage 9

AGRICULTEUR N°9		nombre de membres du ménage		valeur dons	RHE	utilisation de la production					couts							REVENU								
surface totale		5		4000	12000	ha	rendement	Irrigation	production	Non vente	conso animale	vendu	prix	recettes	phyto	ferti	autres charges	cout meca	MD saisonnière salariée	MD familiale masculine (jours)	MD sal fixe (jours)	MD familiale féminine (jours)	MB	charges totales	charges végétales	charges salariales fixes
VEGETAL	ha	kg/ha	m3/ha	kg			dinar/kg						/ha	/ha	/ha	/ha	/ha	Total	total	/ha	/ha					11400
Vigne	3	35000	9000	105000	0	105000	1,1	115500					1300	2000	1602	610	4655			0	28333	30501	84999			
Pecher	2	30000	5000	60000	0	60000	0,8	48000					545	2020	890	400	2080			0	18065	11870	36130			
Oranger	4	40000	10000	160000	0	160000	0,6	96000					300	2040	1780	480	2400			0	17000	28000	68000			
Citronnier	1	45000	10000	45000	0	45000	0,6	27000					300	2040	1780	480	2550			0	19850	7150	19850			
<b>REVENU AGRICOLE</b>																							<b>208579</b>			
<b>A L'HECTARE</b>																							<b>20898</b>			
<b>PAR MEMBRE</b>																							<b>41796</b>			
<b>REVENU MENAGE</b>																							<b>220 979</b>			
<b>PAR MEMBRE</b>																							<b>44196</b>			

## **Partie 2 : Modélisation bio économique des ménages**

## 1. Modélisation des ménages agricoles

### 1.1. Introduction

Les nouvelles approches multi-objectives des politiques agricoles, l'intérêt grandissant pour les approches pluridisciplinaires pour l'évaluation intégrées de ces politiques et l'appel à la collaboration scientifique de plusieurs disciplines, a déclenché un développement significatif des modèles bioéconomiques (Flichman Guillermo, Allen, 2014).

En effet, deux importantes caractéristiques des systèmes agricoles justifient l'intérêt pour la modélisation bio économique intégrée pour l'analyse de ces systèmes.

D'une part, l'interdépendance des ressources socioéconomiques, biologiques et environnementales dans de tels systèmes. L'analyse des systèmes agricoles doit tenir compte des relations entre la qualité et la quantité des ressources naturelles, la qualité de l'habitat du système, la physiologie végétale et animale et les coûts et profits de la production agricole (Huber *et al.*, 2013).

D'autre part, le caractère multifonctionnel de l'agriculture. La modélisation bio économique permet en effet de reconnaître la complexité des systèmes agricoles dans la mesure où elle permet de représenter le rôle commun de ces systèmes dans la production alimentaire, la prestation de services écosystémiques et la contribution aux économies rurales. D'où l'intérêt de la modélisation bioéconomique interdisciplinaire, pour fournir des informations aux décideurs politiques et pour aider à améliorer les décisions de gestion (Brouwer F. , Van Ittersum M. , 2010).

Par conséquent, la modélisation bioéconomique basée sur la programmation mathématique s'avère être un outil adapté aux problèmes de l'agriculture (Boussard, Daudin, 1988). Les modèles de programmation mathématique sont capables de reproduire la diversité de l'activité agricole, ils permettent de prendre en considération autant de types contraintes que nécessaire : agronomiques, économiques, environnementales et économiques (Sanfo, Gérard, 2012).

Un grand nombre de modèles bioéconomiques ont été développés autour d'une multitude de systèmes agricoles (Janssen, Van Ittersum, 2007). Certains de ces modèles mettent en relation modèles biophysiques et économiques, mais leurs composantes individuelles sont développées avec une perspective uni-disciplinaire (Kragt, 2012). Ils ont tendance à avoir des niveaux d'intégration limités sans impliquer un vrai travail interdisciplinaire d'équipe (Hasler *et al.*, 2003).

Un modèle bioéconomique est généralement connu comme étant la liaison entre modèles ou modules de différentes disciplines pour fournir des réponses à la fois pluridisciplinaires et multi échelles à un problème donné. Ces modèles mettent en relation un processus biologique ou biophysique à un processus économique. Selon la classification de (Brown, 2000), il existe 3 types de modèles bioéconomiques. Les modèles s'intéressant aux processus biologiques auxquels a été ajoutée une composante de calcul économique. Les modèles qui intègrent de manière interactive les modèles biophysique et économique. Et les modèles d'optimisation économique qui intègrent les différents choix d'optimisation sous forme d'activités.

Pour le troisième type de modèles bioéconomiques dans le cas d'une analyse de systèmes agricoles, il existe deux manières de représenter les activités agricoles potentielles du système modélisé

(Flichman Guillermo, Allen, 2014). La première est purement économique et consiste à représenter le processus de production à travers les coûts de production par le biais d'une quantification monétaire des intrants. La seconde consiste à représenter le processus de production, en tenant compte des quantités physiques des intrants nécessaires par unité de capital productif fixe (terre, unité animale, etc.), ou pour produire une unité de produit (kg de tomate, litre d'huile). Cette seconde approche implique la mise en place d'une fonction de production d'ingénierie<sup>42</sup> et permet le passage d'une activité à une autre ou d'un processus de production à un autre de manière transparente (Flichman G., Jacquet F., 2003). Le cœur de ce processus est donc le processus de production et non le bien final, et l'« activité » décrit un processus de production spécifique (eg. La culture de blé, variété de printemps, cultivée sur un sol iso humique avec une irrigation localisée). Cependant, une activité peut produire plusieurs produits, et un produit peut être produit par plusieurs activités. Il s'agit de la notion de production jointe des activités (Flichman G. *et al.*, 2011). Cette représentation de la production des activités agricoles a pour objectif de fournir une explication de cause à effet des externalités. Elle permet en effet :

- D'intégrer les différents types de produits associés à chaque activité. Par exemple la production de graines et de paille par les grandes cultures, la production de viande, de lait et de fumier par un cheptel bovin.

- De capter le caractère multifonctionnel global des systèmes agricoles et évaluer de manière intégrée de nouvelles politiques liées aux activités et non aux produits<sup>43</sup> (Baumgärtner *et al.*, 2001). Elle permet par exemple prendre en compte la production jointe négative associée au processus de production comme l'érosion du sol (Louhichi *et al.*, 2010) ou la lixiviation de l'azote (Belhouchette *et al.*, 2011). Elle permet également d'évaluer l'apport calorifique de l'autoconsommation agricole pour les ménages producteurs (Chenoune R., 2014).

(Flichman Guillermo, Allen, 2014) proposent une classification des modèles bio économiques en prenant en considération l'échelle spatiale et temporelle dans la conception des modèles bio économiques de systèmes agricoles. Ils font la distinction entre les modèles d'exploitation, les modèles développés pour un territoire donné et les modèles régionaux ou nationaux. Certains de ces modèles sont statiques et d'autres dynamiques en fonction de l'horizon de l'analyse. Pour des modèles de ménages agricoles destinés à l'analyse de la sécurité alimentaire dans un contexte climatique changeant, Van Wijk *et al.* (2014), ont considéré quatre catégories de modèles selon la technique de modélisation<sup>44</sup> : des modèles de simulation dynamiques, des modèles de programmation mathématique, des modèles multi-agents et des modèles de PM associés à des modèles de simulation.

Le modèle bio économique développé dans ce travail de recherche est un modèle de ménage qui simule le fonctionnement de ménages agricoles représentatifs de la diversité agricole du territoire de Sidi Bouzid en Tunisie centrale. Les simulations de mesures de relance seront réalisées sur un horizon

---

<sup>42</sup> « Une fonction de production vise à présenter la relation technique entre les facteurs de production et les produits, et en tirer une relation entre leurs prix et les quantités relatives employées dans un état d'équilibre sur le long terme » **Robinson J. (1953)**. The production function and the theory of capital. *The Review of Economic Studies*, vol. 21, n. 2, p. 81-106.

<sup>43</sup> Ce qui provoque la pollution diffuse de la nappe n'est pas le raisin en lui-même mais la façon dont il est produit.

<sup>44</sup> Plusieurs modèles utilisent une combinaison de ces techniques. Ils ont groupé les modèles selon la principale technique utilisée.

temporel de court terme (une année de campagne agricole) d'où le caractère statique de l'analyse. La structure complexe d'un ménage, nous a conduits à adopter l'approche de programmation mathématique (Kruseman, 2000). En effet cette approche, contrairement aux approches économétriques, repose sur des techniques numériques pour optimiser une forme fonctionnelle de la fonction d'utilité sous contraintes (Louhichi K. *et al.*, 2013) .

Les modèles de ménages agricoles représentent un des outils de la recherche de la microéconomie rurale. Ils sont souvent développés autour d'agricultures paysannes ou familiales. Ces dernières années, peu de modèles bioéconomiques de ménages, non séparables au niveau de la consommation, ont été développés dans les pays en développement. Le Tableau 28 Ci-dessous présente les travaux récents sur des modèles bioéconomiques de ménages agricoles dans les pays en développement. Les modèles développés dans ces études présentent une forte hétérogénéité quant aux questions de recherche traitées, les systèmes agricoles analysés et leur couverture géographique. La résolution de ces modèles se base sur la programmation non linéaire, car pour des systèmes complexes représentant des ménages agricoles, la programmation linéaire ne permet pas de reproduire exactement les situations observées (Louhichi, Gomez Y Paloma, 2014) en plus du problème de résolution par l'interdépendance des variables de sortie des modèles. Le risque dans ces modèles est considéré comme étant un risque climatique et risque marchand (variabilité des rendements et des prix), sauf pour le modèle de (Holden, Shiferaw, 2004) qui ne considère que le risque de sécheresse, car l'outil a été utilisé pour simuler l'impact d'un meilleur accès au revenu hors exploitation par le ménage. L'outil analyse les arbitrages faces aux imperfections du marché du travail et du marché du crédit et non sur les décisions de vente des ménages qui pratiquement une agriculture de subsistance. Plusieurs systèmes de demande alimentaire ont été mis en place<sup>45</sup>. Cependant pour ces modèles les besoins nutritionnels sont exprimés en termes caloriques et sont définis en Ad-hoc. Par ailleurs, seul le modèle de (Louhichi *et al.*, 2010; Louhichi, Gomez Y Paloma, 2014) utilise des prix endogène pour le ménage, ce qui permet à l'outil de capter de manière endogène et dynamique l'effet des coûts de transaction sur les décisions de participation au marché.

Tableau 28 : Modèles bioéconomiques de ménages agricoles dans les pays en développement

Référence	Résolution	Risque	Consommation alimentaire	Prix du ménage
(Holden, Shiferaw, 2004)	Non linéaire dynamique	Risque de sécheresse	Système quadratique de dépense	Exogènes
(Sanfo, Gérard, 2012)	Non linéaire dynamique	Risque climatique et marchand	Besoins caloriques minimums	Exogène
(Louhichi, Gomez Y Paloma, 2014)	Non linéaire statique	Risque rendements et prix	Système linéaire de dépense	Endogène
(Chenoune R., 2014)	Non linéaire statique	Risque rendements et prix	Fonction de Rotterdam	Exogène
(Flichman G. <i>et al.</i> , 2016a)	Non linéaire dynamique	Risque rendements et prix	Système linéaire de dépense	Exogène

<sup>45</sup> Pour plus d'informations sur les systèmes de demande alimentaire voir : **Sadoulet E., De Janvry A. (1995). Quantitative Development Policy Analysis.** Johns Hopkins University Press. et **Allen T. (2010). Impacts des variations de prix sur la qualité nutritionnelle du panier alimentaire des ménages français.** Thèse (Dr en Sciences Economiques): Université Montpellier 1, Montpellier (France). 245+ annexes 83 p.  
[http://www.iamm.fr/ressources/opac\\_css/doc\\_num.php?explnum\\_id=2198](http://www.iamm.fr/ressources/opac_css/doc_num.php?explnum_id=2198)

## 1.2. Démarche

Comme illustré par la Figure 41, la démarche méthodologique suivie pour la modélisation s'articule autour de 6 étapes interconnectées. En effet nous avons construit un modèle conceptuel pour les ménages agricoles qui a guidé d'une part la construction d'une base d'informations nécessaires pour alimenter le besoin en données du modèle, et d'autre part l'écriture du programme mathématique. Ensuite, nous avons calibré le programme jusqu'à ce que les variables de sortie liées aux décisions de production et de consommation soient le plus proches des observations. Ensuite nous avons formulé les scénarios à simuler et identifié les ménages réels qui serviront de base aux simulations.

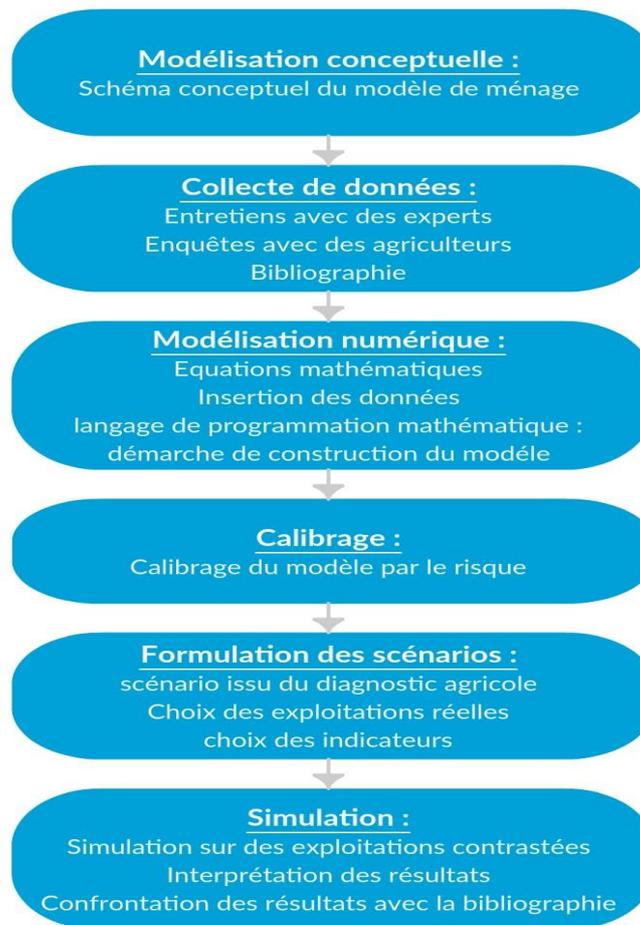


Figure 41 : démarche méthodologique pour la modélisation

Ce chapitre décrit la construction du cadre conceptuel et du programme mathématique du modèle de ménage développé dans ce travail et qui vise à simuler l'impact de mesures de relance sur les décisions de production et de consommation des ménages agricoles en zones arides. Il s'articule autour de 3 axes qui correspondent aux 3 premières étapes de la démarche méthodologique globale pour la modélisation (Figure 41). La conceptualisation du problème, le modèle numérique et la démarche de construction du programme mathématique.

Les 3 dernières étapes de la démarche feront l'objet du chapitre suivant.

## 2. Modélisation conceptuelle :

De nos jours, la conception de systèmes agricoles se doit de combiner la production de biens à la fourniture de services. Ce qui nécessite l'inclusion des connaissances inhérentes à multiples champs scientifiques (agronomie, sciences économiques, nutrition humaine, sciences de l'environnement etc.). La multifonctionnalité de l'analyse des systèmes de production engendre néanmoins une complexité quant à l'identification et la collecte de connaissances nécessaires à la conception de ces systèmes.

Pour notre étude ; nous raisonnons les ménages agricoles de Sidi-Bouزيد comme étant des systèmes. La finalité de cette partie est de conceptualiser la problématique de notre étude en un système et de proposer un modèle conceptuel pour les ménages agricoles qui puisse guider la collecte de données et la construction du modèle numérique de simulation. L'objectif de cette phase d'analyse systémique, est d'identifier les composantes et leurs relations en définissant une entité fonctionnelle qui peut guider l'analyse d'un problème. L'analyse du système correspond donc à une conceptualisation ; ou une représentation mentale ; reposant sur un objectif spécifique (Wery, 2016). Le système à façonner n'existe pas en soi ; il s'agit d'un point de vue relatif à un problème à analyser, simuler ou résoudre (De Wit, 1968). Cette représentation dépend (Wery, 2016) d'un modèle mental ou d'une représentation agrégée permettant la simulation d'une action dans l'objectif d'anticiper ses effets. A ce niveau, la discipline scientifique de l'analyste joue un rôle important dans la spécification des concepts et approches de la représentation d'un système agricole. Cette représentation dépend également de l'objet de l'analyse. Un même protocole de conceptualisation peut aboutir à différentes représentation de l'unité fonctionnelle selon le problème étudié.

La modélisation conceptuelle est une étape standard dans le développement de modèles de programmation et de bases de données (Adam *et al.*, 2012). Elle a pour but de délimiter un problème afin de mieux le comprendre et de faciliter la communication entre les développeurs et les utilisateurs du « modèle logiciel » (Juristo, Moreno, 2000). Les modèles conceptuels sont également utilisés pour obtenir une description du logiciel qui soit indépendante du langage de programmation (Dieste *et al.*, 2003).

Selon (Wery, 2016) , les attributs d'une représentation systémique se résument en trois points.

La hiérarchisation dans le sens où un système complexe peut être analysé à différents niveaux ou sous systèmes permettant de saisir les interactions dans chacun d'entre eux. L'exhaustivité, c'est-à-dire que le système analysé doit inclure tous les processus et les composantes qui sont susceptibles d'influencer le problème/objectif pour que l'analyse du système étudié puisse être efficace. Transparence dans le but de rendre le travail de conceptualisation accessible et compréhensible pour d'autres (Grimm *et al.*, 2006). Cela implique de délimiter clairement les frontières entre ce qui est connu et ce dont on a besoin (Claverie *et al.*, 2011), et d'explicitement clairement les interactions pour le problème étudié.

Il existe trois principales approches d'analyse d'un système et conceptualisation d'un système complexe.

La première approche concerne l'usage d'un dénominateur commun pour représenter les intrants, les sorties et les variables intermédiaires d'un système comme c'est souvent le cas en économie (), en agronomie (quand l'analyse d'exploitations se fait à travers la comparaison des flux de

nutriments : azote, phosphore), en écologie industrielle (toutes les variables représentées en valeurs énergétiques). Avec cette approche, Martin *et al.* (2006) proposent une comparaison des systèmes de culture entre les états unis et le Mexique.

La seconde approche est une approche d'analyse de réseau en considérant le système comme un ensemble de nœuds et de d'interactions entre les différentes composantes du système sans explicitation particulière de la nature de ses composantes. A l'aide de cette approche, Rufino *et al.* (2009) comparent les flux d'azote et l'autosuffisance alimentaire dans des systèmes d'exploitation à l'Est et au Sud de l'Afrique.

La troisième approche consiste en une analyse structuro-fonctionnelle. Elle permet de représenter la structure du système à travers la définition de la nature et l'organisation des composantes dans chaque processus<sup>46</sup>. L'aspect fonctionnel de cette approche tient des relations entre les composantes du système et son environnement actif. Cette approche est explicitée, avec 3 cas d'illustration autour des performances des cultures dans les travaux de Lamanda *et al.* (2012).

Pour conceptualiser les ménages agricoles enquêtés à Sidi Bouzid, nous avons adopté la 3<sup>ème</sup> démarche. Bien que le protocole de cette démarche peut paraître contraignant en raison de son approche systématique et normative et du temps de mise en place du protocole (Rapidel *et al.*, 2006). Mais grâce à une structure du modèle conceptuel articulante 3 types de composantes du système : Le cœur du système qui inclut les composantes du système, et l'environnement du système décomposé en un environnement passif regroupant les variables d'état du système et un environnement actif regroupant les variables de flux exogènes au système (Walliser, 1977). Le modèle conceptuel produit de cette démarche (Lamanda *et al.*, 2012):

- Permet d'expliciter les processus de fonctionnement du système et d'approcher ses performances même lorsque les connaissances actuelles ne permettent pas la formalisation mathématique de toutes les relations comme cela est requis pour la modélisation numérique.
- Rend explicite la représentation des processus de natures différentes, ce qui facilite la mise en relation des connaissances de différentes disciplines.
- Permet d'identifier les leviers d'action qui facilitent une considération participative du problème avec des acteurs qui ne sont pas nécessairement familiers avec le processus du système.

### **2.1. Le modèle conceptuel des ménages agricoles de Sidi Bouzid**

En agriculture, la conceptualisation d'un ménage repose principalement sur les interactions entre une culture, un sol, un climat dans un agroécosystème donné (Brisson *et al.*, 2006) et un agriculteur qui pilote le système (Le Gal *et al.*, 2010). Comme recommandé par plusieurs auteurs pour la modélisation des ménages agricoles et souvent justifié par les imperfections du marché (De Janvry *et al.*, 1991) ; nous considérons les ménages producteurs de Sidi Bouzid de manière non séparable (Yotopoulos, Lau, 1974). Un modèle de ménage est considéré comme étant non séparable quand les décisions inhérentes à la production sont affectées par les caractéristiques des consommateurs (De Janvry, Sadoulet, 2006) par contraste par rapport aux modèles séparables, où le profit des ménages affecte leur consommation mais sans feedback sur les décisions de production.

---

<sup>46</sup> Socio-économique, technique, physiologique, etc.

Comme illustré ci-dessus (Figure 42) ; 3 points illustrent les relations exploitation-ménage au sein d'un ménage producteur. Le premier étant relatif au revenu monétaire du ménage producteur formé conjointement par les revenus de l'exploitation et d'hors exploitation (agricoles et autres), le second par la fourniture du travail familial. Puis le 3eme point représente la consommation du ménage, formée par l'autoconsommation agricole et l'achat d'aliments.

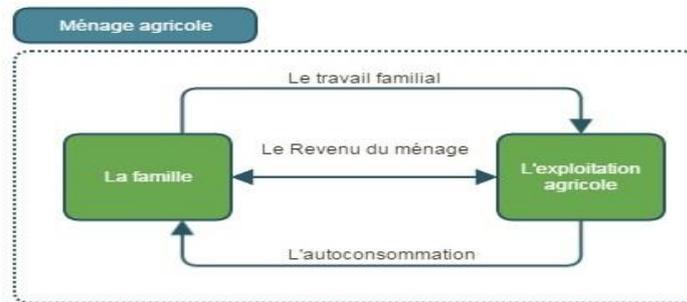


Figure 42 : Non séparabilité au sein des ménages producteurs

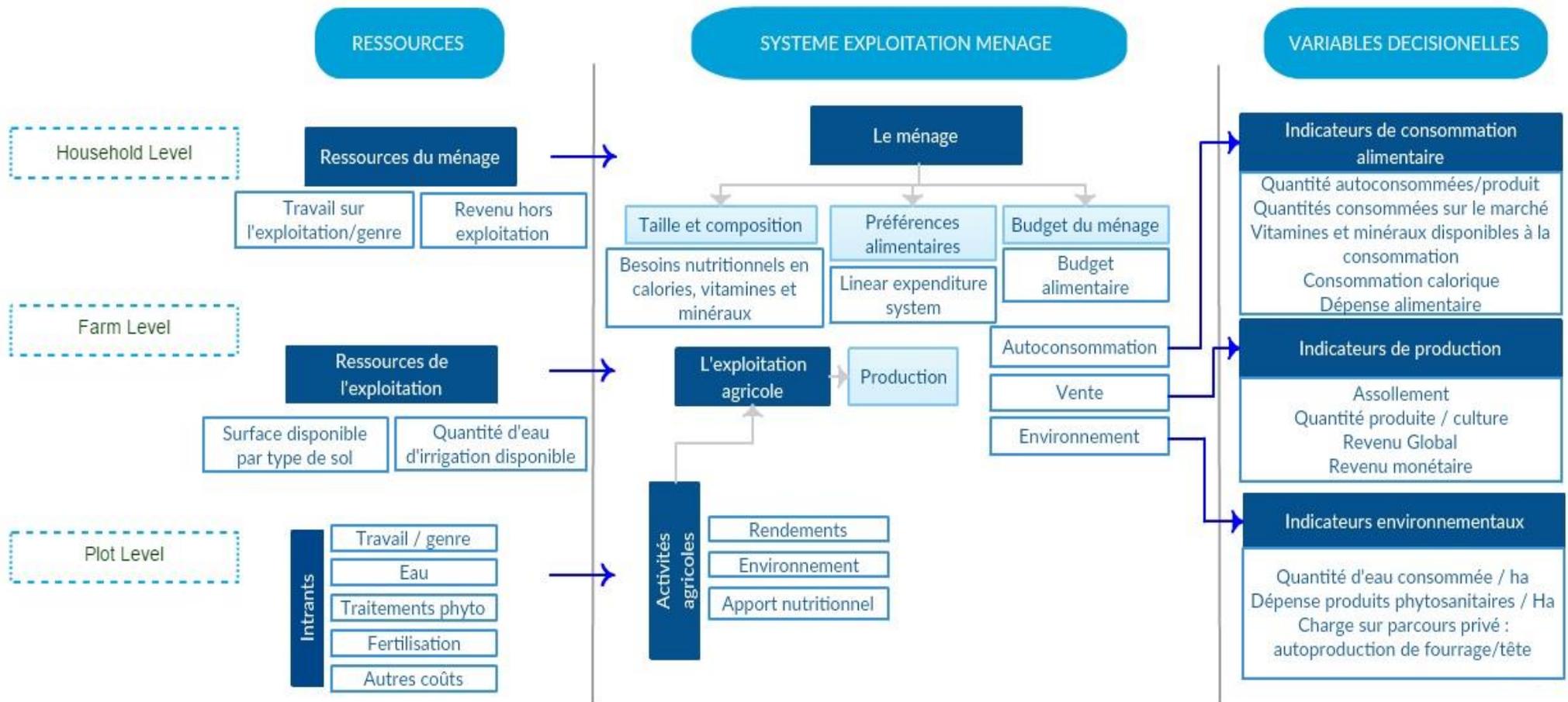
Ainsi le ménage produit deux types de biens ; des cultures de rente destinées à la vente, et des biens alimentaires autoconsommés et éventuellement vendus. La production se fait grâce à des facteurs de production dont le travail qui provient à la fois des membres du ménage et du marché. Ainsi nous nous insérons dans l'approche structuraliste (De Janvry *et al.*, 1991) en considérant les ménages producteurs comme étant rationnels mais confrontés aux défaillances du marché des biens alimentaires et celui du travail.

La Source : Auteur d'après Chenoune R. (2014)

Figure 43 ci-dessous représente le cadre conceptuel du modèle de ménage avec lequel on simulera le fonctionnement des ménages producteurs du gouvernorat de Sidi Bouzid.

Schématiquement, ce cadre illustre ; au niveau de 3 échelles<sup>47</sup> ; les 3 principales composantes du modèle d'analyse que nous explicitons ci-dessous : Les ressources du ménage et de l'exploitation, les activités du ménage producteur agricole et les variables de décisions représentés sous forme d'indicateurs de sortie du modèle.

<sup>47</sup> Du bas vers le haut : Au niveau de la parcelle, l'exploitation et du ménage agricole



Source : Auteur d'après Chenoune R. (2014)

Figure 43 : modèle conceptuel

### Les ressources du système

La composante « ressource » représente l'ensemble des intrants nécessaires au fonctionnement du système et qui représentent, éventuellement les leviers du système. Nous raisonnons le volet ressources à travers 3 principales composantes :

- A l'échelle de la parcelle, nous considérons les intrants nécessaires à chaque activité agricole : le travail (par genre) exprimé en jours de travail, la quantité d'eau nécessaire ( $m^3$ ) et les couts associés aux achats de produits phytosanitaires, fertilisants et les autres couts (semences, etc.).
- A l'échelle de l'exploitation nous définissons (i) la terre dont dispose l'exploitation-ménage pour les activités de production. La ressource foncière est définie en termes de surface (ha) par type de sol. (ii) nous définissons aussi la quantité d'eau disponible pour l'irrigation des cultures ( $m^3$ ).
- Puis à l'échelle du ménage dont les ressources initiales sont définies par (i) la quantité de travail familial masculin et féminin disponible sur l'exploitation (jours) ainsi que (ii) les revenus provenant en dehors exploitations (dt).

### Le système exploitation ménage :

La composante du ménage agricole, comme l'indique sa position centrale dans la Source : **Auteur d'après Chenoune R. (2014)**

**Figure 43**, représente le cœur du modèle. Elle est composée de deux sous-systèmes étroitement liés, celui inhérent à la production agricole et celui inhérents aux consommations du ménage avec un focus particulier sur la consommation alimentaire.

En effet, à l'échelle de la parcelle, nous définissons une activité agricole comme étant une combinaison entre une culture cultivée sur un type de sol et conduite selon un mode d'intensification. Chaque activité est caractérisée par un rendement, impact sur l'environnement ainsi qu'un apport nutritionnel.

Au niveau de l'exploitation, l'unité de production agricole est caractérisée par une production et un impact environnemental, la production de l'ensemble des activités sera divisée entre la vente et l'autoconsommation selon une logique propre au ménage pour chaque culture.

Au niveau du ménage, nous identifions la composition du ménage pour déterminer les besoins nutritionnels théoriques recommandés de ce dernier. Les besoins sont calculés pour un ensemble de nutriments. Ensuite, nous définissons les préférences alimentaires du ménage dans le cadre d'un système linéaire de dépenses à travers des élasticités de revenu. Ce revenu ou budget du ménage, est divisé entre l'épargne et les différents postes de dépenses. Nous définissons uniquement la part budgétaire allouée aux dépenses alimentaires.

### L'environnement passif du système : Les sorties du modèle

Les variables de sortie du modèle, sous forme d'indicateurs, se doivent de rejoindre la problématique de ce travail. Elles concernent donc la production, l'impact environnemental de l'activité agricole du ménage et la qualité de l'alimentation du ménage producteur.

- Les indicateurs inhérentes à la production attendue du ménage permettent d'identifier (i) l'assolement par culture, sur type de sol et avec un mode d'intensification, (ii) les quantités produites par culture et (iii) les revenus global et monétaire du ménage.

- Concernant la consommation alimentaire du ménage, le modèle permet d'identifier (i) les quantités autoconsommées par produit de l'exploitation, (ii) les quantités d'aliments<sup>48</sup> achetés sur le marché, (iii) la consommation calorique du ménage et (iv) les vitamines et minéraux disponibles à la consommation au sein du ménage.

- Quant aux indicateurs environnementaux ; ils concernent les problématiques environnementales classiques des zones arides, (i) la surexploitation de la ressource hydroagricole à travers la quantité d'eau consommée à l'hectare, (ii) l'usage d'intrants chimiques à travers les dépenses pour les produits phytosanitaires à l'hectare et (iii) la surexploitation des parcours à travers le nombre de têtes ovines par ha de parcours privé.

### 3. Collecte de données

A partir du modèle conceptuel des ménages agricoles de Sidi Bouzid, nous avons identifié le besoins en données pour l'exercice de modélisation. La phase de collecte de données est la seconde phase de notre démarche de modélisation. La collecte de données, guidée par le modèle conceptuel, a triangulé 3 sources de données : les entretiens avec les experts locaux, les enquêtes agricoles et les ressources documentaires, bibliographie et bases de données. Elle a permis de collecter les informations autour de :

- La structure et les ressources de l'exploitation. Les enquêtes réalisées avec les 9 ménages agricoles décrits dans le chapitre précédent permettent de fournir le modèle numérique les informations quantifiées de la surface des exploitations par type de sol, la quantité d'eau d'irrigation disponible<sup>49</sup> et la taille du cheptel pour les exploitations pratiquant de l'élevage.

- Des activités de l'exploitation. Pour chaque activité agricole de l'exploitation nous avons quantifié la production, la quantité d'eau d'irrigation utilisée, le nombre de jours de travail salarial et familial par genre sur l'exploitation, et les différents couts : de mécanisation, de fertilisation, de traitements phytosanitaires et les autres couts agrégés. ([Annexe 9 : Fiche conduite des cultures](#) ; [Annexe 10 : Fiche conduite élevage](#))

- Données agricoles techniques. Par ailleurs ; nous avons construit une base de donnée régionale autour des activités agricoles de Sidi Bouzid avec des entretiens réalisés avec des experts de l'agriculture locale. Le chef CTV de Mezzouna pour les cultures annuelles pluviales, un agent de vulgarisation à Regueb et un chercheur du CRRA de sidi Bouzid pour les cultures maraichères irriguées, un agent de vulgarisation arboricole du GIFruit pour les cultures arboricoles irriguées et

---

<sup>49</sup> La surface a été estimée selon l'assolement de l'exploitation et les besoins en eau de chaque culture.

deux agents de vulgarisation du service production végétale respectivement pour les cultures arboricoles pluviales et les cultures céréalière. Pour un certain nombre de cultures<sup>50</sup>, nous avons quantifié les besoins de ces cultures en termes de travail, mécanisation, eau d'irrigation, traitements phytosanitaires, fertilisation et autres couts agrégés ; ainsi que les rendements moyens ; et ce pour chaque culture sur chaque type de sol et pour 3 années climatiques différentes<sup>51</sup>.

- La structure du ménage. L'enquête ménage a également comporté une partie sur la composition du ménage nous permettant d'identifier d'une part les différents types de membres dans le ménage agricole puis leurs besoins nutritionnels. Et d'autre part le nombre de jours de travail de chaque membre<sup>52</sup>. Dans la partie ménage de l'enquête ; nous nous sommes également penchés sur le budget du ménage en quantifiant ; les revenus hors exploitation de chaque membre du ménage, les grosses dépenses exceptionnelles du ménages pendant l'année de l'enquête, ainsi que l'estimation des dépenses alimentaires annuelles du ménages.

- Besoins nutritionnels du ménage : pour l'estimation des besoins nutritionnels du ménage agricole nous avons défini la composition d'un ménage comme étant formé par 10 types de membres<sup>53</sup>. Ensuite pour chaque type de membre nous avons défini les besoins nutritionnels en 16 nutriments<sup>54</sup>. Ses besoins sont issus de l' «interactive dietary reference intake for helthcare professionals»<sup>55</sup> qui est un outil interactif en ligne qui calcule les recommandations nutritionnelles quotidiennes pour une planification alimentaire basée sur les apports nutritionnels de référence. Ceux-ci représentent les connaissances scientifiques les plus récentes sur les besoins en nutriments, développé par l'Académie nationale de l'Institut des sciences de médecine.

- Composition nutritionnelle des aliments. Pour tous les aliments produits par le ménage et disponible sur le marché des aliments modélisé sont issus de la table de composition des aliments Tunisiens. La composition est exprimée dans les 16 nutriments qui expriment les besoins nutritionnels du ménage.

- Paramètres de la demande alimentaire. Les besoins en données pour le paramétrage de la fonction de demande alimentaire a été couvert par deux sources de données. Les résultats des volets budgétaire et nutritionnel de l'enquête budget consommation (EBC) de 2010 (Institut National De La Statistique, 2013a, 2013b) pour le Centre Ouest Tunisien et la bibliographie notamment les travaux de (Dhehibi, Gil, 2003).

La dépense alimentaire de référence est issue du volet budget de l'EBC et les quantités consommées de références sont directement issues des résultats du volet Nutrition de l'EBC. Les élasticités-revenu, pour chaque type d'aliment<sup>56</sup>, sont issus des travaux de (Dhehibi, Gil, 2003) qui sont les derniers à avoir calculé et publié ses paramètres. Et les parts budgétaires pour chaque aliment que le ménage peut consommer ont été calculés à partir des résultats du volet budget de l'enquête budget

---

<sup>50</sup> Fève, lentilles, Pois chiche, petits pois, cumin, blé, orge, Avoine, Sorgho, Luzerne, Tomate, Piment, melon, pastèque, courge, Pomme de terre, Carotte, olivier, amandier, citronnier, oranger, clémentine, vigne, olivier intensif, pêcher.

<sup>51</sup> Année sèche, années moyenne et année pluvieuse

<sup>52</sup> Si les aides familiaux travaillent à plein temps sur l'exploitation, à mi-temps ou occasionnellement.

<sup>53</sup> Des hommes et des femmes : de 55 ans peu actifs ou actifs, de 30 ans actifs ou très actifs et de 12 ans actifs

<sup>54</sup> : Calories, glucides, lipides, protéines, fibres, fer, Calcium, Vitamine A, B1, B2, B3, C, E, magnésium, sodium et Potassium

<sup>55</sup> <http://fnic.nal.usda.gov/fnic/interactiveDRI/>

<sup>56</sup> Céréales ; légumineuses ; légumes ; fruits, sucre et sucreries ; fruits à coque ; condiment ; huile ; poissons et produits de la mer ; œufs et lait et dérivés ; et les viandes.

et consommation des ménages (Institut National De La Statistique, 2013b) comme exprimé par l'Équation 1.

Équation 1 : calcul des parts budgétaires par aliment

$$BS_a = DA_a/DR$$

Où «  $BS_a$  » désigne la part budgétaire de l'aliment « a », «  $DA_a$  » les dépenses moyennes pour l'achat de l'aliment « a » et « DR » les dépenses alimentaires de référence.

## 4. Modélisation numérique

### 4.1. Fonction objectif :

La fonction objective du modèle consiste en la maximisation de l'utilité globale du ménage et se présente comme suit :

Équation 2 : la fonction objectif

$$\text{MAX } U = Z - \text{Dach}(C) - \Phi\sigma$$

Où « Z » représente le revenu global moyen du ménage, «  $\text{Dach}(C)$  » les dépenses d'achat d'aliments que le ménage peut produire, «  $\Phi$  » le facteur d'aversion au risque et «  $\sigma$  » la déviation standard du revenu global. Le risque est traité pour 20 états de nature et 20 états de marché dans le modèle en utilisant l'approche d'analyse de l'écart type moyen (Baumol, 1963). Il considère le risque climatique sur les rendements des cultures et le risque marchand sur le prix des produits.

Quant au revenu global du ménage, il est exprimé dans le modèle comme étant la différence entre l'ensemble des recettes du ménage moins les couts de l'activité de production agricole du ménage. L'équation se présente comme suit :

Équation 3: le revenu global

$$Z = [ (\sum Q_v \times P_v) + (\sum Q_a \times P_a) + (R_e + RHE) ] - [ (\sum C_p \times X) - (\sum Q_{mo} \times P_{mo}) - (Q_{hach} \times P_h) ]$$

Où «  $Q_v$  » désigne la quantité vendue par culture et par type de produits<sup>57</sup> et «  $P_v$  » le prix de vente des produits agricoles. «  $Q_a$  » désigne la quantité autoconsommée par culture produite et «  $R_e$  » désigne les recettes de l'élevage et « RHE » le revenu hors exploitation du ménage. «  $P_a$  » désigne le prix fictif des produits agricoles autoconsommés. Ce prix est égal au prix de vente moins le différentiel entre le prix d'achat sur le marché et de vente.

Pour le volet des couts de production ; «  $C_p$  » désigne le cout de production à l'hectare (hors travail) et « X » le niveau d'activité, soit le nombre d'hectares cultivés par culture par type de sol et mode de conduite. «  $Q_{mo}$  » désigne la variable de quantité de main œuvre achetée par genre et «  $P_{mo}$  » le salaire journalier de la main d'œuvre achetée par genre. Et enfin, «  $Q_{hach}$  » est la variable désignant la quantité d'herbe que le ménage décide d'acheter pour l'alimentation de son cheptel et «  $P_h$  » le prix d'achat unitaire de l'herbe.

<sup>57</sup> Les types de produits dans ce cas sont : grain, fruit, légumes, légumineuses, huile, condiment, Herbe, produits d'origine animale, Fruits à coque, autre (exemple : sucre). Cette distinction est nécessaire car certaines cultures peuvent donner plus d'un type de produit. Exemple de l'olivier qui donne des fruits (olives) et de l'huile (huile d'olive) ou du piment qui donne un légume (piment) et un condiment (paprika).

#### 4.2. Contraintes :

La maximisation de l'utilité globale du ménage producteur prend en considération cinq principales contraintes, décrites ci-dessous.

##### *Contraintes de ressources :*

Les contraintes de ressources concernent les 3 principaux facteurs de production agricole du ménage, qui sont la terre et l'eau d'irrigation. Cet ensemble de contraintes peut être formulé comme suit :

Équation 4 : Contrainte de ressources

$$\sum a_{ij} \times X_i \leq b_j$$

Où « $a_{ij}$ » désigne la matrice des besoins en ressource  $j$  pour chaque activité  $i$ . « $X_i$ » est le niveau de l'activité  $i$  et « $b_j$ » désigne la matrice de disponibilité en ressources  $j$  dans l'exploitation. Pour la ressource hydroagricole, l'extraction de l'eau se fait par le biais d'un coût fixé. Quant à la ressource foncière, la contrainte est valable pour les 3 types de sols définis séparément dans le modèle. Nous définissons également la surface irrigable de l'exploitation par type de sol.

##### *Contraintes de force de travail :*

En ce qui concerne le travail dans le modèle, nous donnons la possibilité au ménage d'acheter indéfiniment de la force de travail (par genre) moyennant un coût. Pour le travail ; la contrainte est spécifiée de cette manière dans le modèle :

Équation 5 : contrainte de travail par genre

$$\sum a_{i,m_0} \times X_i \leq b_{m_0} + Q_{m_0}$$

Où « $a_{i,m_0}$ » désigne la matrice des besoins en main d'œuvre par genre pour chaque activité  $i$  et « $X_i$ » le niveau de l'activité  $i$ . « $b_{m_0}$ » est la quantité de main d'œuvre disponible par genre au sein du ménage et « $Q_{m_0}$ » la quantité de main d'œuvre achetée.

##### *Agronomiques :*

- Rotation : La rotation est considérée sur toute la surface de l'exploitation, moins la surface allouée à l'arboriculture pluviale. Cette contrainte est formulée comme suit :

Équation 6 : Contrainte rotation

$$\sum X_{i'} \leq 1/d \times (b_{\text{TERRE}} - X_{\text{arbo/irr}})$$

Où  $X_{i'}$  désigne le niveau d'activité pour le sous ensemble  $i'$  d'activités, « $d$ » la durée de la rotation,  $b_{\text{TERRE}}$  la taille de l'exploitation et  $X_{\text{arbo/irr}}$  la surface arborisée irriguée.

- L'autoproduction d'herbe est assurée sur l'exploitation par d'une part la superficie allouée au parcours privé et d'autre part par la surface d'arboriculture pluviale ou il n'y a pas de cultures intercalaires.

Ainsi la surface de l'exploitation qui fournit de l'herbe pour alimentation animale se présente comme suit :

Équation 7 : surface de production de fourrages

$$X_{\text{herbe}} = X_{\text{parcours}} + X_{\text{arbo/pluv}}$$

Et la production d'herbe se formule comme suit :

Équation 8 l'autoproduction de fourrages sur l'exploitation

$$Q_{\text{hp}} = X_{\text{herbe}} \times R_{\text{parcours}}$$

- La disponibilité de l'herbe sur l'exploitation

Cette contrainte permet de reproduire la situation selon laquelle l'herbe pour l'alimentation animale n'est pas disponible toute l'année sur l'exploitation. En effet pendant quelques mois de l'année, l'exploitant est obligé d'acheter de l'alimentation pour son cheptel sur le marché. Cette situation est simulée dans le modèle à l'aide de l'équation suivante :

Équation 9 : contrainte de disponibilité de fourrages sur l'exploitation

$$Q_{\text{hach}} > (m/12) \times B_h$$

Où  $Q_{\text{hach}}$  désigne la quantité d'herbe achetée,  $B_h$  le besoin en herbe calculé du cheptel et  $m$  le nombre de mois de non disponibilité de fourrages.

- Cultures pérennes : nous émettons l'hypothèse dans cette étude selon laquelle les cultures arboricoles (les cultures pérennes) gardent une surface constante entre l'état initial et final du système. Ce choix trouve justifications dans tout d'abord (i) la structure du modèle qui est statique et sur une seule année, et dans (ii) la réalité du comportement des agriculteurs pour qui la substitution des cultures arboricoles pérennes entraîne des coûts d'investissement et de transaction élevés.

### ***D'équilibre :***

Les contraintes d'équilibre du modèle sont des contraintes logiques rejoignant ce qui a été présenté dans le cadre conceptuel du modèle.

- D'une part pour la production de l'exploitation qui peut être répartie entre vente et autoconsommation et formulée comme suit :

Équation 10 : Contrainte équilibre de production

$$\sum Q_p = \sum Q_a + Q_v$$

Où  $Q_p$  désigne la quantité produite par culture,  $Q_a$  la quantité autoconsommée par culture et type de produit et  $Q_v$  la quantité vendu par culture.

- D'autre part pour la consommation alimentaire du ménage qui peut provenir soit de l'autoconsommation agricole soit de l'achat d'aliments sur le marché et formulée comme suit :

Équation 11 : Contrainte équilibre de consommation

$$\sum Q_c = \sum Q_a + Q_{\text{ach}}$$

Où  $Q_c$  désigne la quantité consommée par aliment par le ménage,  $Q_a$  la quantité autoconsommée par culture et par type de produit et  $Q_{\text{ach}}$  la quantité achetée par aliment.

- Mais aussi pour l'alimentation de cheptel animal, ou la contrainte explicite le fait que le besoin en herbe du cheptel peut provenir soit de la production de l'exploitation soit de l'achat d'herbe.

Équation 12 : Contrainte équilibre besoin en herbe du cheptel

$$B_h = Q_{hp} + Q_{hach}$$

Ou  $B_h$  désigne le besoin en herbe du cheptel,  $Q_{hp}$  la quantité d'herbe produite sur l'exploitation (par la jachère) et  $Q_{hach}$  la quantité d'herbe achetée par le ménage.

### *Alimentaires :*

Un ensemble de contraintes alimentaires ont été intégrées au modèle pour simuler au mieux le comportement alimentaire du ménage producteur.

- Les contraintes inhérentes aux recommandations nutritionnelles permettent d'établir des bornes de consommation de nutriments par le ménage lui permettant de situer sa consommation entre un minimum recommandé et un maximum à ne pas dépasser<sup>58</sup>. La consommation du ménage par nutriment est formulée ainsi :

Équation 13: Calcul des nutriments consommés par le ménage

$$NCONSO = \sum Q_c \times NUTRI \times CONV \times PC$$

Ou « NCONSO » est la variable qui désigne la quantité de nutriments consommés par le ménage à la fin des itérations du modèle, «  $Q_c$  » la quantité consommée par aliment, « NUTRI » désigne la matrice de la composition nutritionnelle<sup>59</sup> de chaque aliment en nutriments considérés dans cette étude. « CONV » désigne le vecteur des taux de conversion<sup>60</sup> des produits et « PC » la portion comestible<sup>61</sup> de chaque aliment.

Les besoins recommandés calculés pour l'ensemble du ménage ainsi que le maximum entre lesquels se situe la consommation du ménage sont exprimés en nutriments. Le duo de contraintes peut donc être formulé comme suit :

Équation 14 : contraintes min et max de la consommation en nutriments du ménage

$$BNUTRIM_{rec} \leq NCONSO \leq BNUTRIM_{max}$$

Ou « NCONSO » est la variable qui désigne la quantité de nutriments consommés par le ménage et  $BNUTRIM_{rec}$  et  $BNUTRIM_{max}$  désignent respectivement les besoins nutritionnels du ménage recommandés et maximums.

- La contrainte budgétaire. En effet, il ne faut pas que les dépenses alimentaires dépassent le revenu monétaire du ménage. Les dépenses alimentaires du ménage ; exprimées en dinars ; sont formulées dans le modèle comme suit :

<sup>58</sup> Correspond à la moyenne supérieure de consommation d'un nutriment au-delà de laquelle le risque d'effets indésirables peut augmenter. Cette limite supérieure est disponible pour : glucides, lipides, fer, calcium, sodium et les vitamines A, B3, C et E.

<sup>59</sup> Source : table de composition des aliments Tunisiens (2007)

<sup>60</sup> Ce coefficient est différent de 1 pour les produits transformés (exemple : huile d'olive)

<sup>61</sup> Les données sur les apports nutritionnels des aliments ont été calculées pour 100g comestibles

Équation 15 : calcul des dépenses alimentaires du ménage

$$DEP_{alim} = \sum Q_{ach} \times P_{ach}$$

Où « $DEP_{alim}$ » désigne la somme dépensée par le ménage sur l'année de simulation pour l'achat d'aliments, « $Q_{ach}$ » la quantité achetée par aliments et « $P_{ach}$ » le vecteur des prix d'achat des aliments.

Et comme le ménage agricole a d'autres rubriques de dépenses (habillement, logement, transport, etc.) ; la contrainte budgétaire est formulée ainsi :

Équation 16 : contrainte budgétaire de dépenses alimentaires

$$DEP_{alim} \leq K \times M$$

Où  $K$  désigne la part du budget du ménage allouée à l'alimentation et « $M$ » Le revenu monétaire du ménage.

▪ La contrainte des quantités consommées permet d'établir des limites supérieures et inférieures de quantités de produits alimentaires que le ménage peut consommer. Ces limites concernent la somme des produits achetés et autoconsommés pour les produits dont la consommation est simulée par le modèle. Elle est formulée comme suit :

Équation 17 : Contrainte quantitative de consommation pour chaque aliment

$$CONSO_{MIN} \leq Q_C \leq CONSO_{MAX}$$

Où « $Q_C$ » Désigne la consommation du ménage par produit, « $CONSO_{MIN}$ » et « $CONSO_{MAX}$ » La consommation minimale et maximale du ménage si le ménage décide de consommer le produit.

• Afin de reproduire au mieux les préférences de consommation du ménage ; nous avons opté pour la mise en place d'une fonction de consommation alimentaire représentée par un système de demande complète. En effet les équations des systèmes complets de demande sont en mesure de prendre en compte un grand nombre de produits de base dans le choix des consommateurs (Sadoulet, De Janvry, 1995). Plusieurs systèmes de demande ont été développés comme le système linéaire de dépenses (LES) développé par (Stone, 1954), le système de demande presque idéal (AIDS) développé par Deaton, Muellbauer (1980), et la combinaison de deux précédant systèmes dans un système de demande presque idéal Généralisée (GAIDS) proposée par Bollino, Violi (1990), le modèle Rotterdam de Theil (1976) et Barten (1969) et le modèle Trans log de Christensen *et al.* (1975). Pour cette étude nous avons choisi de mettre en place un LES (Linear Expenditure System) à cause de sa commodité empirique, sa simplicité de mise en place et le relativement faible besoin en données. Par contre le principal inconvénient de ce système c'est qu'il implique la linéarité des fonctions d'Engel et ainsi ne peut correctement reproduire le comportement des ménages que pour une faible variation du revenu. Sadoulet, De Janvry (1995) recommandent ; si les équations doivent être utilisés pour des prédictions de faire des prédictions à court terme avec ce système de demande.

Ainsi les préférences de consommation du ménage sont prises en considération par le modèle à travers l'équation suivante (Norton, Scandizzo, 1981):

## Équation 18: Equation de consommation alimentaire

$$Q_c \leq \text{Gamma} + \text{Beta} \times (Y - \text{Gamma} \times P) / P$$

«  $Q_c$  » désigne la quantité de biens consommés par le ménage, «  $Y$  » le budget alimentaire du ménage (ou les dépenses alimentaires), «  $P$  » le prix d'achat des produits alimentaires et Gamma et Beta des paramètres de la fonction LES. Le calcul de ces paramètres se fait avec les équations suivantes

## Équation 19 : paramètres fonction de demande

$$\text{Beta} = E_R \times \text{Alpha}$$

$$\text{Gamma} = X_0 + \text{Beta} \times Y_0 / P / \text{omega}$$

«  $E_R$  » désigne les élasticités revenu par groupe de produits, « Alpha » les parts budgétaires de chaque produit, « omega » désigne l'indice indice de flexibilité monétaire connu sous le nom d'indice de Frisch,  $X_0$  la consommation de référence du ménage et  $Y_0$  le budget alimentaire de référence du ménage.

Les contraintes propres à cette fonction de consommation sont :

- $\sum \alpha = 1$  : La somme des parts budgétaires de tous les aliments modélisés doit être égale à 100%
- $0 < \alpha < 1$  : Les parts budgétaires doivent être strictement positifs et le ménage modélisé doit avoir le choix au moins entre deux aliments.
- $Q_c - X_0 > 0$

## 5. Démarche de construction du modèle

L'enjeu pour la modélisation dans ce travail, est de simuler des changements de contexte économique et de politique sur les revenus agricoles, la production et son utilisation.

Le programme mathématique non linéaire a été écrit sous GAMS (Version 23.3) et le solveur utilisé est CONOPT3<sup>62</sup>.

Le modèle doit permettre de simuler de manière non séparable les décisions de production et de consommation alimentaire. Il se doit donc de reproduire les interactions entre l'exploitation et le ménage pour la production et l'autoconsommation agricole. La construction de ce modèle de ménage a été faite par étapes. Nous présentons ces étapes pour une application sur une exploitation réelle. Pour toutes les étapes, nous considérons un coefficient d'aversion au risque égal à 1,45 (cf. 4.1).

<sup>62</sup> La dernière version du solveur CONOPT pour la modélisation non linéaire <http://www.conopt.com/>

**Tableau 29 : structure de l'exploitation réelle utilisée pour la présentation de la démarche de construction du modèle**

	Surface (ha)	Autoconsommation (kg)
<i>Blé</i>	20	1600
<i>Orge</i>	20	200
Céréales	40	1800
<i>Petits pois</i>	10	350
<i>Fève</i>	2	850
<i>Cumin</i>	2	0
Maraichage	14	1200
Parcours	76	
Oliviers	20	1040
Total	150	

### 5.1. Modèle d'exploitation

Dans un premier temps, nous avons construit un modèle d'exploitation. Ce modèle a pour fonction objectif de maximiser le revenu agricole en minimisant le risque. Le risque est considéré comme étant un risque marchand sur les prix et un risque climatique sur les rendements. Les cultures pérennes (arboriculture) et la taille du cheptel sont considérées comme étant fixes dans le modèle.

Ce modèle permet de simuler les cultures annuelles telles que les cultures maraichères et les céréales, ainsi que la surface que le ménage alloue au parcours privé.

Les contraintes auxquelles est assujettie la fonction objective sont (cf. 4.2):

- Des contraintes de ressources, pour la terre, l'eau d'irrigation et les surfaces irrigables.
- Des contraintes de travail, déclinée par genre. L'exploitation dispose de main d'œuvre familiale masculine et féminine mais peut également acheter de la main d'œuvre.
- Des contraintes agronomiques : pour la rotation et la saisonnalité des cultures, l'autoproduction d'aliments pour le cheptel et pour la disponibilité de ces aliments sur l'exploitation.
- Et une contrainte d'équilibre pour l'achat et l'autoproduction d'aliments pour le cheptel animal.

Le modèle comme formulé résout le problème suivant : retrouver le plan de production qui maximise la fonction objectif tout en respectant les contraintes citées.

Pour l'agriculteur 1 (voir partie 1) que nous prenons comme exemple d'illustration ; les cultures maraichères sont les cultures les plus rentables permettant de dégager autour de 1400 dinars à l'hectare. Suivis des parcours qui permettent au ménage de dégager des revenus d'élevage : 435 dinars/ha. Puis les cultures céréalières dont la marge brute est autour de 150 dinars à l'hectare.

Sans considération du risque<sup>63</sup>, Nous nous attendons à ce que l'agriculteur modélisé remplisse les contraintes de rotations (qu'il cultive le maximum de surface en maraichage et en céréales). Qu'il respecte la contrainte de couverture des besoins du cheptel à travers les achats et l'autoproduction d'aliments. En absence de risque, l'agriculteur modélisé cultive une seule culture céréalière et une

<sup>63</sup> Le facteur d'aversion au risque égal à zéro.

seule culture maraichère : les plus rentables. Dans un environnement risqué ; nous nous attendons à un changement dans le plan de production. L'agriculteur modélisé diversifie ses cultures maraichères et céréalières.

Tableau 30 : assolement simulé avec le modèle d'exploitation (avec et sans le risque)

	Surface cultivée simulée (ha)	
	Sans risque	Avec le risque
<i>Blé</i>	39	19
<i>Orge</i>	0	1
Céréales	39	20
<i>Petits pois</i>	0	10
<i>Fève</i>	0	3
<i>Cumin</i>	14	1
Maraichage	14	14
Parcours	73	96
Arboriculture	20	20
Total	146	150
Fonction objectif (dt)	99480	66153
Revenu Agricole (dt)	99480	72619

Tableau 31 : valeurs duales des contraintes du modèle d'exploitation

	Valeurs duales (marginales)	
	Sans risque	Avec le risque
Terre	0	26.804
Travail masculin	15	15
Travail féminin	8	0
Rotation cultures maraichères	4786.514	2455.616
Rotation céréales	32.537	0
Disponibilité de l'herbe sur l'exploitation	-0.417	-0.404

Comme illustré par le Tableau 30, le modèle propose comme solution les mêmes proportions par groupe de cultures que nos observations. Il ne diversifie pas ces cultures dans un environnement non risqué. Le Tableau 31 ci-dessous ; présente les valeurs duales des contraintes de ressources, de travail, de rotation et de disponibilité de l'alimentation animale sur l'exploitation. Les valeurs duales représentent le montant par lequel on pourrait augmenter/diminuer le revenu optimal de l'agriculteur, si on pouvait augmenter le facteur « bi » (4.2) de chaque contrainte par un. C'est-à-dire que pour la contrainte terre; si on augmentait la surface de l'exploitation d'un hectare, sans considération du risque l'augmentation de la surface de l'exploitation n'entraînera aucune augmentation de revenu de l'agriculteur car en effet ; l'agriculteur n'utilise que 146 ha alors qu'il dispose de 150 ha à cause de la contrainte de disponibilité de l'herbe sur l'exploitation qui limite la surface des parcours privés sur l'exploitation. La contrainte n'est pas saturée dans ce modèle.

En ce qui concerne la main d'œuvre ; sans considération du risque ; l'exploitation utilise toute la main d'œuvre familiale et achète du travail masculin et féminin sur le marché. Ainsi la valeur duale de cette contrainte par genre est égale au cout d'achat de la main d'œuvre sur le marché. C'est-à-dire

que le revenu de l'exploitation augmentera respectivement de 15 et 8 pour la contrainte de travail masculin et féminin.

Quant à la contrainte de rotation liée aux cultures maraichères ; elle est saturée et prend une valeur de 4786 dinars. La contrainte de rotation liée aux cultures céréalières est saturée et prend une valeur positive sans considération du risque. En effet le modèle propose comme solution dans ce cas, de cultiver le maximum de surface céréalière. L'augmentation de 1% de la surface que l'agriculteur peut cultiver en céréales, entrainerait une amélioration de 32 dinars de son revenu.

La contrainte de disponibilité de l'alimentation animale stipule que pendant une certaine période de l'année, le parcours privé de l'exploitation ne peut pas fournir d'aliment pour le cheptel de l'exploitant. Ainsi un pourcentage des besoins du cheptel doivent être couverts par l'achat d'aliments sur le marché. Cette contrainte prend une valeur duale non nulle avec ou sans le risque dans le modèle d'exploitation ce qui implique que cette contrainte est saturée dans les deux cas. Le signe de cette valeur est négatif ce qui veut dire qu'une augmentation du pourcentage d'aliments à acheter sur le marché entrainera une diminution du revenu de l'agriculteur. Ce qui est attendu puisque cela entrainera des couts supplémentaires.

En considérant le risque ; le modèle propose comme solutions le même nombre de cultures que nos observations (Tableau 30). Mais ; il augmente la surface des parcours privé aux dépens de la surface céréalière.

Le Tableau 31 qui illustre les valeurs duales des contraintes, montre qu'en considérant le risque ; le modèle sature la contrainte de disponibilité de terre en augmentant la surface des parcours aux dépens de la surface céréalière. Les parcours privés sont associés à l'activité de l'élevage qui est plus rentable que les céréales. L'augmentation de la surface de l'exploitation d'un hectare entrainera une augmentation du revenu de l'exploitation de 26 dinars.

En considérant le risque, seule la contrainte de travail masculin est saturée et prend une valeur positive. L'exploitation n'utilise pas toute la main d'œuvre féminine disponible, la valeur duale de cette contrainte prend alors une valeur nulle.

La contrainte de rotation liée aux cultures maraichères est saturée. Sa valeur diminue néanmoins en considérant le risque dans le modèle. Ceci indique que cette contrainte est moins pesante dans un environnement risqué. Sans considération du risque, l'augmentation de 1% de la surface que l'agriculteur peut cultiver en cultures maraichères, entrainera une amélioration de 4786 dinars de son revenu. En considérant le risque, cette amélioration est moindre et est de 2455 dinars.

En considérant le risque, le modèle ne sature pas la contrainte de rotation des céréales et elle prend donc une valeur duale nulle. En effet le modèle propose comme solution de cultiver uniquement 20 ha de céréales alors qu'il pourrait cultiver jusqu'à 39 ha.

## **5.2. Autoconsommation : valorisation monétaire**

Après avoir analysé le fonctionnement du modèle sur le volet de la production ; nous commençons à introduire la consommation alimentaire du ménage producteur dans le modèle. En effet, dans cette seconde étape de construction du modèle, nous considérons l'autoconsommation agricole. La production de l'exploitation peut donc être soit autoconsommée, soit vendue. Cette autoconsommation est valorisée à un prix.

A part retrouver le plan de production optimal de l'exploitation, ce modèle modélise d'une certaine manière la décision de participation au marché. Il permet de décider des quantités optimales à vendre et à auto consommer à partir de la production.

Pour cette étape de construction du modèle et pour le reste des étapes ; la fonction objectif du modèle consiste en la maximisation du revenu global du ménage producteur en minimisant le risque. Ce revenu global comprend le revenu monétaire et le revenu en nature du ménage. Le revenu en nature est la valeur de l'autoconsommation agricole du ménage.

En plus des contraintes déjà citées, nous rajoutons une contrainte d'équilibre relative à la répartition de la production entre vente, dons<sup>64</sup> et autoconsommation.

Pour notre exemple d'illustration, nous avons fixé, dans un premier temps, le prix des produits de l'exploitation autoconsommés comme étant supérieur au prix de vente des produits. Le résultat attendu est que le ménage autoconsomme toute sa production, car mieux valorisée à l'autoconsommation.

En effet comme illustré par le **Tableau 32**, le modèle propose de consommer la totalité de la production qui n'est pas donnée. Les deux contraintes de rotation sont saturées ; le modèle propose de cultiver le maximum de surfaces céréalières et maraichères.

**Tableau 32 : résultat des simulations de la seconde étape de construction du modèle (avec et sans le risque)**

	Avec le risque			
	Surface (ha)	Production (kg)	Dons (kg)	Consommation (kg)
<i>Blé</i>	26	18634		
<i>Orge</i>	13	9100		
Céréales	39			
<i>Petits pois</i>	10	90331		85814
<i>Fève</i>	1	11901		11306
<i>Cumin</i>	3	1308		
Maraichage	14			
Parcours	77			
Arboriculture (oliviers)	20	11560	1156	10404
Total	150			

Nous ne simulons pas l'autoconsommation des produits animaux avec le modèle et avec un prix d'autoconsommation supérieur au prix de vente ; la céréaliculture devient plus rentable que les parcours privés dans le modèle. Ainsi, le modèle, ne maximise pas la surface de parcours aux dépens de celle des céréales dans un environnement risqué.

Cette situation est néanmoins irréaliste ; car l'exploitant prend la décision d'autoconsommation en fonction des besoins alimentaires des membres de sa famille.

<sup>64</sup> Pourcentage fixe de la production

### 5.3. Autoconsommation : valorisation monétaire et nutritionnelle

Dans cette troisième étape de construction du modèle de ménage ; nous considérons les besoins nutritionnels du ménage pour orienter l'autoconsommation agricole. En effet, nous intégrons la composition du ménage, les besoins nutritionnels de chaque membre selon les recommandations nutritionnelles, et la composition des aliments produits sur l'exploitation dans le modèle.

Nous rajoutons deux contraintes majeures : les contraintes de couverture nutritionnelle. Ces contraintes stipulent que les nutriments consommés par le ménage doivent être supérieurs à 80% des recommandations nutritionnelles et inférieurs au maximum des recommandations.

Ainsi le modèle aura pour objectif de retrouver le plan de production qui maximise le revenu de l'agriculteur tout en respectant les contraintes citées auparavant et couvrir les besoins nutritionnels du ménage.

A ce niveau nous nous attendons à ce que le modèle n'arrive pas à retrouver une solution. Car les produits que le ménage pourra consommer se limitent aux produits de l'exploitation. Petits pois, fève, cumin, blé, orge et olives ne peuvent pas permettre à l'exploitation de fournir un régime alimentaire qui couvre les besoins nutritionnels du ménage en termes de 16 micro et macronutriments.

**Tableau 33 : résultats des simulations de la 3<sup>ème</sup> étape de construction du modèle**

```

IDE No active process
farmmodel_v1 | farmmodel_v2 | farmmodel_v3 |
DK-2880 Bagsvaerd, Denmark

Using default options.

Reading Data

  Iter Phase Ninf   Infeasibility   RGmax   NSB   Step InItr MX OK
    0    0         6.1974203000E+07 (Input point)
                                Pre-triangular equations:      0
                                Post-triangular equations:    6006
    1    0         4.1763803000E+07 (After pre-processing)
    2    0         5.1104354620E+01 (After scaling)
    3    1    17         2.5264510870E+01 1.6E+01   2 1.5E+00   3 T T
    4    1    14         1.5070516581E+01 8.4E+04   4 1.0E+00   4 T T
    5    1    10         1.0106030392E+01 4.3E+00   9 1.0E+00   9 T T
    6    1     9         8.5130446946E+00 1.3E+01   9 1.0E+00  15 T T
    7    1     4         3.0797527401E+00 2.0E+02  17 1.0E+00  18 T T

  Iter Phase Ninf   Infeasibility   RGmax   NSB   Step InItr MX OK
    8    1     3         1.4558685446E+00 1.6E+01  10 1.0E+00  11 T T
    9    1     3         1.4558685446E+00 0.0E+00  10

** Infeasible solution. Reduced gradient less than tolerance.

--- Restarting execution
--- farmmodel_V3.gms (536) 8 Mb
--- Reading solution for model farmModel
--- farmmodel_V3.gms (536) 18 Mb
*** Status: Normal completion
--- Job farmmodel_V3.gms Stop 10/25/16 18:26:07 elapsed 0:00:04.394

```

Pour voir le modèle tourner, il faut baisser la contrainte de consommation minimale de nutriments, de 80% à 47%. A ce niveau ; la consommation du ménage par rapport au recommandé se présente comme illustré par le **Tableau 34**.

Cette représentation nous permet d'identifier les nutriments limitants. En effet, les nutriments consommés dont le taux de couverture des besoins du ménage est égal à 47% sont les nutriments limitant. Pour notre cas d'illustration ; la consommation de calcium empêche le modèle de tourner.

**Tableau 34 : Taux de couverture nutritionnelle du ménage : 3ème étape de construction du modèle**

Nutriments	Taux de couverture	Nutriments	Taux de couverture
Calories	88%	Calcium	47%
Protéines	214%	Thiamine	330%
Glucides	82%	Riboflavine	222%
Lipides	167%	Niacine	230%
Fibres	303%	Vitamine E	337%
Fer	413%	Magnésium	253%
Vitamine A	104%	Sodium	158%
Vitamine C	977%	Potassium	120%

#### 5.4. Achats d'aliments sur le marché

Dans cette quatrième étape de construction du modèle ; nous partons du constat que les aliments produits sur l'exploitation modélisée ne permettent pas au ménage de couvrir ses besoins nutritionnels. Nous intégrons, dans le modèle, une liste d'aliments qui correspond aux aliments les plus consommés dans la zone de Sidi Bouzid. On attribue à ces aliments, une composition nutritionnelle ainsi qu'un prix de vente.

En plus des contraintes déjà citées ; nous rajoutons une nouvelle contrainte d'équilibre. Cette contrainte stipule que l'alimentation du ménage peut désormais provenir soit de l'autoconsommation agricole soit de l'achat d'aliments sur le marché.

Ainsi le modèle aura pour objectif de retrouver le plan de production qui maximise le revenu de l'agriculteur tout en respectant les contraintes citées auparavant. Il devra également couvrir les besoins à partir des produits de l'exploitation et d'aliments achetés sur le marché.

A ce niveau, avec une fonction qui maximise le revenu global du ménage ; nous nous attendons à ce que le modèle maximise le revenu du ménage en maximisant la valeur de l'autoconsommation. L'achat d'aliments sur le marché servira de complément pour couvrir les besoins du ménage. Nous nous attendons à ce que le modèle propose un régime très peu diversifié pour le ménage.

En effet, comme le calcium était le nutriment limitant à l'application des contraintes nutritionnelles. Nous avons calculé le coût d'un mg de calcium<sup>65</sup> pour l'ensemble des aliments proposés dans le modèle pour essayer de prédire les solutions du modèle. Comme illustré par le Tableau 35 ; nous constatons que le lait est l'aliment procurant le calcium le moins cher dans le modèle. Suivi des haricots, de la corète et des feuilles de fenouil. Le régime alimentaire peu diversifié auquel nous nous attendons comme solution proposée par le modèle serait donc basé sur la consommation de lait et éventuellement par les haricots, la corète et les feuilles de fenouil.

<sup>65</sup> Calcul du cout d'achat d'un mg de calcium = prix d'un kilogramme de l'aliment / (composition de l'aliment par kilogramme comestible x part comestible de l'aliment)

Tableau 35 : cout à l'achat d'un mg de calcium par aliment

Aliment	cout d'1 mg calcium (millimes)	Aliment	cout d'1 mg calcium (millimes)
poulet	71.43	blette	2.13
œufs	5421.82	cardon	1.70
agneau	117.60	Choux fleur	5.83
citron	10.89	concombre	4.89
clémentine	14.88	corète	1.08
grenade	35.71	épinard	5.61
abricot	8.27	fenouil	1.28
orange	2.51	fenouil Fe	1.15
amande	1.21	laitue	6.06
pêche	19.16	navet	3.70
pomme	73.26	persil	4.96
pistache	51.46	DCT	6.11
raisin	8.87	datte	14.37
figue	28.86	poire	9.66
FDB	11.90	prune	12.41
Ail	4.45	crevette	72.12
oignon	3.03	Pois chiche	1.38
lait	0.82	Lentilles	1.96
sucre	120.00	PDT	4.17
Poisson bleu	31.81	Tomate	3.85
Poisson blanc	22.15	Piment	6.10
Sorgho	7.14	Carotte	1.36
haricot	0.70	Courge	2.38
artichaut	11.36	Melon	7.63
aubergine	27.43	Pastèque	9.62

Les solutions du modèle (**Tableau 36**) ne reproduisent pas le même plan de production que précédemment. En effet, sans considération du risque, le modèle propose de ne plus cultiver toute la surface maraichère en monoculture. Désormais ; il propose de cultiver de la fève. Ce choix trouve explication dans le volet de la consommation alimentaire, puisque le ménage autoconsomme toute sa production. En considérant le risque ; le modèle reproduit la même diversité cultivée qu'auparavant mais par les mêmes surfaces.

Nous en concluons que le modèle reproduit l'effet des exigences alimentaires du ménage sur leurs décisions de production.

Par ailleurs ; Les résultats des simulations montrent que le ménage est autosuffisant sur les produits de l'exploitation. C'est-à-dire qu'il n'achète pas sur le marché des aliments qu'il peut produire. Cependant ; le ménage simulé cultive du blé et des petits pois, mais n'en autoconsomme pas.

Avec ou sans considération du risque ; les achats sur le marché concernent deux produits. Le ménage simulé achète 971 kg de Lait, 598kg de sucre. En effet, le choix d'achat du lait trouve explication

comme prédit dans la nécessité de couvrir les besoins en calcium du ménage que les produits de l'exploitation ne peuvent couvrir. Nous supposons que le choix d'achat de sucre, vient en substitut des aliments caloriques, tel que les céréales, que consommait le ménage simulé.

**Tableau 36 : surface cultivée et autoconsommation simulés ; 4<sup>ème</sup> étape de construction du modèle**

	Sans risque		Avec risque	
	Surface (ha)	Autoconsommation (kg)	Surface (ha)	Autoconsommation (kg)
<i>Blé</i>	39	0	22	0
<i>Orge</i>	0	0	17	0
Céréales	4	-	39	-
<i>Petits pois</i>	0	0	3	0
<i>Fève</i>	2.5	23340	2.5	23340
<i>Cumin</i>	11.5	4658	8.5	3455
Maraichage	14	-	14	-
Parcours	73	-	77	-
Arboriculture (oliviers)	20	2350	20	2350
Total	150	-	150	-

Cependant, nous nous confrontons deux limites à ce niveau.

Le premier consiste en le fait que le budget alimentaire du ménage est limité. Dans, cette étape de construction du modèle, il n'y a aucune contrainte budgétaire implicite ou explicite quant aux dépenses alimentaires du ménage.

Le second consiste en le fait que le régime alimentaire ménage agricole ne se limite pas à la consommation de fève, huile d'olive, lait et sucre. Mis à part le fait que les ménages mangent plus diversifié, ils ont des préférences alimentaires ainsi que des quantités minimales de consommation de produits de base.

### 5.5. Achats d'aliments sur le marché : contrainte budgétaire

Dans cette cinquième étape de construction du modèle bioéconomique de ménage ; nous limitons le budget alimentaire du ménage simulé. Deux voies se présentent : la première est une limitation à travers la fonction objectif du modèle. La seconde consiste en la mise en place d'une part budgétaire dédiée à l'alimentation à partir du revenu monétaire du ménage.

En effet, dans un premier temps nous avons modifié la fonction objectif du modèle de simulation de sorte à minimiser les dépenses alimentaires du ménage<sup>66</sup>. Nous nous attendons à ce que les solutions du modèle restent inchangées pour le volet de la production agricole du ménage simulé. En ce qui concerne la consommation alimentaire, nous nous attendons à ce que le modèle propose d'acheter au moins du lait.

Les solutions du modèle reproduisent le même plan de production que la quatrième étape. Le ménage simulé est autosuffisant pour les produits qu'il peut cultiver et n'achète désormais que 976 kg de lait. 5 kg de plus que pendant l'étape précédente. Avec une teneur en calcium de 1200 mg/kg

<sup>66</sup> Fonction objectif = Revenu global – Dépenses alimentaires. Maximiser la fonction objectif revient à maximiser le revenu global du ménage et minimiser les dépenses alimentaires.

pour le lait et de 10mg/kg pour le sucre, un calcul simple nous permet de conclure que le modèle propose désormais de satisfaire les contraintes nutritionnelles qu'avec la consommation de lait. Le **Tableau 37** ci-dessous ; illustre la couverture nutritionnelle par rapport aux recommandations nutritionnelles théoriques du ménage pour la quatrième et la cinquième étape de construction du modèle. En effet ; dans les deux cas le modèle satisfait les contraintes tel que formulées. Mais pour la cinquième étape, le ménage simulé a un régime moins calorique et consomme également moins de glucides.

**Tableau 37 taux de couverture en nutriments par rapport aux recommandations pour les simulations de l'achat d'aliments sur le marché sans contrainte budgétaire (étape 4) et avec la contrainte budgétaire (étape 5)**

Nutriments	Taux de couverture		Nutriments	Taux de couverture	
	Etape 4	Etape 5		Etape 4	Etape 5
Calories	118%	92%	Calcium	80%	80%
Protéines	229%	229%	Thiamine	338%	338%
Glucides	144%	86%	Riboflavine	288%	285%
Lipides	168%	168%	Niacine	231%	231%
Fibres	300%	300%	Vitamine E	337%	337%
Fer	411%	410%	Magnésium	261%	261%
Vitamine A	111%	111%	Sodium	158%	158%
Vitamine C	973%	973%	Potassium	129%	129%

A ce niveau ; l'intégration des dépenses alimentaires dans la fonction objectif ne semble pas pertinente car produisant des solutions moins réalistes. En plus, le modèle ne comporte que des aliments non transformés dont la substituabilité n'a lieu que sur le plan nutritionnel et non économique.

La seconde alternative consiste à limiter les dépenses alimentaires à un pourcentage maximal des revenus monétaires du ménage simulé. Par exemple, pour notre exemple d'illustration, nous rajoutons une contrainte qui stipule que les dépenses alimentaire du ménage simulé ne doivent pas dépasser 40% de ses revenus monétaires. A ce niveau nous nous attendons à ce que les solutions du modèle aillent dans le sens d'une consommation plus diversifiée car le ménage simulé aura des dépenses alimentaires moindres et d'une production plus sensible aux besoins monétaires du ménage. Jusque-là, le ménage simulé dégage très peu de revenu monétaire car autoconsomme quasiment toute sa production.

Les résultats de la simulation sont présentés par le **Tableau 38**. Le ménage simulé cultive 39 ha de céréales, 14ha de cultures maraichères et garde 77 ha en parcours privés. Cependant nous constatons que la production du ménage est vendue est autoconsommée à l'exemple de la production de fève dont 23190 kg sont autoconsommés et 4270 kg vendus. Cependant, les dépenses alimentaires du ménage passent de 1676 dt avant la mise en place d'une contrainte budgétaire à 409 dt. Le ménage simulé achète 2732 œufs.

Nous retenons cette approche qui s'avère être peu réaliste en ce qui concerne la consommation du ménage simulé mais plus réaliste sur le volet de la production car désormais le ménage simulé vend et autoconsomme sa production. Les décisions de participation au marché du ménage simulé sont liées à ses besoins nutritionnels.

**Tableau 38 : surfaces, autoconsommation et vente**

	Avec risque		
	Surface (ha)	Autoconsommation (kg)	vente
<i>Blé</i>	0	0	0
<i>Orge</i>	39	0	25207
<b>Céréales</b>	39	-	
<i>Petits pois</i>	1.5	0	6015
<i>Fève</i>	10.5	23190	4270
<i>Cumin</i>	2	846	0
<b>Maraichage</b>	14	-	
<b>Parcours</b>	77	-	
Arboriculture (oliviers)	20	2200	8212
<b>Total</b>	150		-

### 5.6. Achats d'aliments sur le marché : préférences et habitudes alimentaires

Dans cette sixième étape de construction du modèle de ménage, nous considérons les préférences et les habitudes alimentaires du ménage. Dans cette étape nous supposons que le ménage a pour objectif de minimiser ses achats d'aliments qu'il peut produire. La fonction objectif insérée est la fonction objectif finale tel que présenté plus haut (4.1).

Dans un premier temps nous ajoutons une contrainte inhérente aux aliments de base des ménages agricoles. Les céréales, l'huile d'olive et les légumineuses qui fournissent l'essentiel des calories consommées par le ménage. Il s'agit de contrainte de bornage qui permet de situer la consommation du ménage entre un minimum égal à la moitié de la moyenne de consommation au centre ouest Tunisien ; et un maximum égal à cinq fois la moyenne de consommation au centre ouest Tunisien.

Nous nous attendons à ce que le ménage simulé autoconsomme et vende l'ensemble des produits de son exploitation. Il dégagera plus de revenu lui permettant d'avoir des dépenses alimentaires plus élevées. Nous nous attendons à ce que le régime alimentaire du ménage simulé reste aussi peu diversifié d'auparavant.

Les résultats de la mise en place de cette contrainte sont présentés par le **Tableau 39**. Le ménage simulé a un plan de production semblable aux observations (**Tableau 29**). Les dépenses alimentaires du ménage simulé s'élèvent à 674. Il n'achète pas d'aliments qu'il peut produire sur son exploitation mais achète 4491 œufs.

**Tableau 39 : surfaces cultivées et quantités autoconsommées et vendues des cultures du ménage 1**

	Avec risque			Bornes de consommation	
	Surface (ha)	Autoconsommation (kg)	vente	Min	Max
<i>Blé</i>	19	1441	12281	1441	14409
<i>Orge</i>	20	58.5	13107	58.5	585
Céréales	39				
<i>Petits pois</i>	11	1880	32688	202.5	2025
<i>Fève</i>	2	2250	2401	225	2250
<i>Cumin</i>	1	0	280		
Maraichage	14				
Parcours	77				
Arboriculture (oliviers)	20	2226	8178	270	2700
Total	150				

Ensuite, dans un second temps, nous introduisons **la fonction de demande alimentaire** pour les aliments disponibles sur le marché. Cette fonction reproduit les préférences alimentaires d'un ménage Tunisien à travers des élasticités revenu.

Nous nous attendons à ce que le ménage simulé autoconsomme moins de produits de son exploitation. Qu'il vende donc une part plus importante de sa production. Nous nous attendons à ce que les dépenses alimentaires du ménages soient plus élevées et que son régime alimentaire soit plus diversifié.

**Tableau 40 : quantités consommées et achetées des aliments produits après la mise en place de la fonction de consommation (LES)**

	Autoconsommation (kg)	achats (kg)
<i>Blé</i>	1441	0
<i>Orge</i>	216	0
<i>Petits pois</i>	360	0
<i>Fève</i>	765	0
<i>Olives</i>	1138	0

Les simulations montrent que le ménage simulé autoconsomme et vend sa production comme observé. Ces décisions d'autoconsommation sont tributaires des besoins nutritionnels et préférences alimentaires des membres du ménage. Les quantités autoconsommées sont assez proches de l'autoconsommation observée (**Tableau 29**).

Cependant, le ménage simulé dépense 5446 dinars pour acheter 14 aliments. Les aliments achetés sont : œufs, lait, blette, épinard, persil, pois chiche, poulet, amande, pistache, cardon, concombre, fenouil feuille, corète et du double concentré de tomate.

## 6. Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre la construction du modèle de simulation des mesures de relance pour les revenus des ménages agricoles de Sidi Bouzid en 3 étapes successives. D'abord le modèle conceptuel, ensuite le modèle numérique et enfin le modèle de programmation mathématique.

La structure du modèle conceptuel articulant 3 types de composantes a guidé la collecte de données nécessaires à la programmation mathématique. La composante ressources représente l'environnement actif du système exploitation ménage car regroupant l'ensemble des paramètres qu'il est possible de considérer comme leviers d'action directs ou indirects. Le modèle permet donc de simuler des leviers politiques, techniques et climatiques. Le système reproduit les besoins nutritionnels et les préférences alimentaires du ménage et la fonction de production d'ingénierie pour les différentes activités agricoles. Ce modèle de ménage représente un outil d'aide à la décision pour les décideurs politiques permettant d'évaluer l'impact de politiques de relance sur les décisions de production, de consommation et d'allocation de ressources au sein de ménages producteurs.

Ce modèle a certes été développé pour les ménages agricoles de la zone de Sidi Bouzid, mais la méthode pourrait être appliquée dans d'autres zones arides où les décisions de production sont plus ou moins pilotées par la consommation. Cependant, cela nécessite l'adaptation de la base de données et de certaines contraintes du modèle.

## **Partie 3 : Formulation des scénarios et simulations**

## 1. Introduction

La caractérisation de la diversité agricole et l'analyse du fonctionnement technico économique des ménages fait ressortir l'oléiculture comme levier potentiel pour les revenus des ménages agricoles de Sidi Bouzid. L'olivier représente une culture centrale tant dans la production que la consommation des ménages producteurs. Cette culture est pratiquée par les 3 types de ménages, elle couvre 60% de la surface agricole de Sidi Bouzid et représente l'activité principale de 40% des agriculteurs de la zone d'étude. Pour les ménages enquêtés, la culture de l'olivier couvre des surfaces plus ou moins importantes selon l'exploitation entre 1 et 20 hectares, mais dégage de faibles revenus, entre 10% et 15% du revenu agricole des ménages. Par ailleurs les niveaux de consommation d'huile d'olive sont nettement supérieurs à la moyenne régionale de consommation ; 25 kg d'huile par personne alors que la moyenne de consommation en Tunisie est autour de 8 kg d'huile/personne/ an (Institut National De La Statistique, 2013a), indiquent son rôle clé dans l'alimentation des agriculteurs. L'oléiculture est perçue comme étant une culture alimentaire par les ménages producteurs car la production sert d'abord à couvrir les besoins du ménage puis à la vente. Mais, on constate que la plupart des agriculteurs vendent plus de 80% de leur production en olives. L'ensemble des ménages enquêtés vendent leur production en olives, non transformés.

Cependant, dans un contexte marqué par des ressources rares, la dégradation climatique menace de plus en plus les revenus, la sécurité alimentaire et les ressources des populations rurales en zones arides, l'alternative à la vente classique des olives et une meilleure valorisation de la production peut certes améliorer le revenu des ménages producteurs, mais doit être formulée en prenant en considération les effets du changement climatique.

Dans ce travail nous allons répondre à trois questionnements. Quel sera l'impact sur le revenu et sur les décisions de production et de consommation des ménages agricoles de Sidi Bouzid, de la régression de la productivité des terres de parcours et de la disponibilité de l'eau dus au changement climatique? La mesure de relance sera-t-elle capable de compenser les limites actuelles et de creuser l'écart entre le revenu actuel des agriculteurs et le revenu moyen Tunisien ? La mesure de relance peut-elle compenser les effets du changement climatique sur le revenu des ménages agricoles?

Ce chapitre s'articule autour de 3 axes principaux. Le premier consiste en une description du contexte climatique, pour évaluer la dégradation potentielle de la disponibilité d'eau d'irrigation et du rendement fourrager des parcours privés des ménages. Ensuite, le second axe consiste en la formulation des scénarios comme étant la combinaison de forces extérieures climatiques, une mesure de relance centrée sur la transformation des olives et la vente de l'huile d'olive et des indicateurs d'analyse. Enfin, le troisième axe consiste à présenter et analyser les résultats des simulations.

## 2. Contexte : menaces du changement climatique et cadre de formulation des scénarios à simuler

### **Changement climatique : quel constat pour la Tunisie ?**

Le changement climatique affecte les systèmes climatiques, écologiques et socio économiques de bon nombre de pays dans le monde mais plus particulièrement les pays en voie de développement. Ce dérèglement opéré sur une centaine d'années aura de multiples conséquences difficiles à cerner. Néanmoins ces effets sont perceptibles à travers des températures plus élevées, des changements

dans la configuration des précipitations, l'élévation du niveau de la mer, etc (Ippc, 2013). Pour plusieurs zones ; ces effet constituent des risques pour la production agricole (Bird *et al.*, 2016; Reidsma *et al.*, 2010), l'alimentation (Misra, 2014) et les ressources naturelles, l'eau en particulier(Iglesias *et al.*, 2011).

Dans les pays en développement ; la vie et les moyens de subsistance de milliard de personnes sont mises en danger et les avancées récentes qu'on connus ces pays en matière de lutte contre la faim, pauvreté et maladie sont mises en jeu. L'économie de ces pays repose ; à degrés variables ; considérablement sur l'agriculture<sup>67</sup>. En effet ; plusieurs études montrent que dans ces pays ; l'agriculture sera gravement affectée au cours du prochain siècle (Jarvis *et al.*, 2010; Thornton *et al.*, 2011). Ceci sachant que dans une centaine d'années les précipitations devraient diminuer de 20% dans les zones arides et semi arides ; les amenant à essayer de mobiliser/exposer d'avantage de ressources (terre et eau).

Pays du sud de la méditerranée , la Tunisie possède un climat semi aride a aride. En 2015 , près de 35% de sa population habite en milieu rural et vit essentiellement d'activités agricoles. La Tunisie a connu durant le siècle dernier une augmentation des températures de l'ordre de 2. Quant aux ressources hydriques , la pluviométrie en Tunisie est marquée par son caractère aléatoire. Cette variation interannuelle des précipitations , principales sources d'eau pour la majorité des terres agricoles , s'est accentuée depuis le siècle dernier. Cette variabilité de la pluviométrie induit la variabilité des rendements des céréales en Tunisie. Le rendement du blé pluvial, par exemple, pourrait se voir réduit de plus de 60% dans l'horizon 2070 (Bird *et al.*, 2016). D'une part , cette instabilité des rendements augmente l'instabilité des revenus des agriculteurs (Reynaud, 2009) qui ont de plus en plus recours à des revenus extra agricoles. D'autres part , Bien que la part des céréales dans le régime alimentaire Tunisien soit en baisse après la transition alimentaire qu'a connue le pays (Ben Romdhane *et al.*, 2002; Fao 2005); ils représentent encore la base de l'alimentation des Tunisiens. En effet, 53% de la consommation calorique moyenne des Tunisiens provient des céréales (FAOSTAT, 2016).

Avec des prévisions climatiques qui prévoient une hausse des températures de plus de 2° en 2050 et une baisse de la pluviométrie de 10 mm en moyenne en Tunisie (GIZ, 2007), une estimation de l'évolution de la demande en eau en 2025 prévoit une augmentation de celle-ci de 18% (Plan Bleu, 2008). Les enjeux du réchauffement climatique sont mal perçus par les acteurs locaux qui devront faire à une gestion de l'eau qui sera plus compliquée (La Jeunesse, Cirelli et al. 2016). Cependant, les tendances historiques sont claires. La Tunisie mobilise de plus en plus de ressources naturelles. Ces 40 dernières années, les retraits d'eau douce en Tunisie ont triplé<sup>68</sup>. Actuellement, la sécurité hydrique est assurée en Tunisie mais l'exploitation de la ressource hydrique n'est pas durable (La Jeunesse, Cirelli et al. 2016 ; Thabet, Laajimi et al. 2015).Plusieurs régions Tunisiennes doivent faire face à la surexploitation de la ressource hydrique par l'agriculture (Rojat *et al.*, 2015; Wwdr, 2015).

La pression sur les terres de parcours est également en train de s'accroître. Alors qu'au début des années 60<sup>69</sup> , il y avait un hectare de parcours et pâturages disponibles pour 1200 têtes de petits

---

<sup>67</sup> Selon les données de la banque mondiale, en 2014 la part du PIB des pays à faible et moyen revenu est plus de 6 fois supérieur à celle pour les pays à hauts revenus.

<sup>68</sup> FAOSTAT

<sup>69</sup> FAOSTAT

ruminants (ovins et caprins) , les terres parcours se surchargent de plus en plus pour dépasser les 1500 têtes à l'hectare au début des années 80 et se situer autour de 1750 têtes de petits ruminants par hectare de parcours pendant les 30 dernières années , soit une surcharge 45% plus importante que 50 ans en arrière. La surexploitation progressive de ces ressources conduit à alimentation du cheptel de plus en plus basée sur le marché et être exposés aux aléas du marché international.

Ainsi comme l'ensemble des pays affectés par le changement climatique, les ressources naturelles en Tunisie sont menacées. Ces menaces risquent d'affecter considérablement le revenu des populations rurales et leur sécurité alimentaire.

Néanmoins , la Tunisie affiche une progression notable en termes de conservation d'eau et du sol qui a débuté avec la mobilisation des ressources hydriques notamment avec la mise en place de barrages, le mélange de l'eau douce avec des eaux usées traitée, les transferts d'eau à partir des zones intérieures vers les zones côtières, et le dessalement de l'eau saumâtre pour un usage domestique. Ensuite, au cours des 20 dernières années , ces efforts ont été complétés par des actions qui visent à optimiser l'usage de l'eau : La modernisation des systèmes d'irrigation, soutenus par des subventions, la réaffectation des terres et de l'eau aux «cultures stratégiques», l'arrêt de la production de la betterave à sucre, et la promotion des arbres inter-cultures à petite échelle ; l'amélioration locale des conditions d'alimentation des systèmes aquifères par des aménagements spécifiques (travaux de conservation des eaux et du sol) et des aménagements appropriés liés à la recharge artificielle des nappes aquifères.

(Iglesias *et al.*, 2011) ont identifié 4 ensembles de mesures d'adaptation agricoles qui pourraient être adoptées dans l'avenir. Ils se présentent ainsi :

- Des mesures de gestion: qui incluent des changements autonomes dans la gestion agricole par les agriculteurs sur la base de l'expérience ou de l'information disponible. Par exemple, changer la variété des cultures, les dates de semis, ajustement des quantités d'intrants.
- Des mesures techniques et d'équipement: qui incluent des mesures techniques tels que l'amélioration du matériel d'irrigation, ou l'introduction de nouvelles cultures.
- Des mesures politiques et économiques: Les initiatives politiques peuvent comprendre l'assurance agricole, l'amélioration de la gestion de l'eau par le biais d'autorités locales et nationales , soutien financier aux agriculteurs.
- Et des mesures infrastructurelles : qui incluent des changements ou la construction d'infrastructures conçus pour un ou plusieurs agriculteurs, comme la construction de barrages pour stocker l'eau de pluie par exemple. Comme ces mesures nécessitent des investissements importants, elles auront également besoin d'un soutien public.

### **Formulation de scénarios**

Sidi-Bouزيد, zone aride à dominante rurale des hautes steppes Tunisiennes, a connu un développement agricole important à partir de la fin des années 80, faisant d'elle un des plus importants bassins de production agricole du pays. Le secteur agricole, emploie plus de 40% de la population active de Sidi-Bouزيد (Odco, 2011). Ce développement de l'agriculture, opéré par le biais de l'intensification par irrigation et privatisation des propriétés foncières, n'a pas abouti au développement d'autres secteurs ni à pallier à la faible diversification du tissu économique de la zone. Paradoxalement, Sidi-Bouزيد est très touchée par le phénomène d'exode rurale dont la raison principale est la recherche d'emploi et souffre en même temps d'une crise de la main d'œuvre

agricole (Giz, 2014). La région doit faire face à une crise provoquée par la surexploitation des ressources hydroagricoles et des terres de parcours. Cette crise est aggravée par des incertitudes climatiques qui prévoient pour l'horizon 2020 une baisse de la pluviométrie annuelle de 7 mm et une augmentation de 1° C (Gtz, 2007).

La production agricole à Sidi Bouzid est assurée essentiellement par un tissu de petits producteurs familiaux (Marh, 2007). L'élevage de petits ruminants est l'activité principale d'élevage des agriculteurs et l'oléiculture représente la principale activité agricole de Sidi Bouzid. Comme illustré par le Tableau 41 ; l'oléiculture représente l'activité principale de 42% des exploitants agricoles de Sidi Bouzid suivie de l'élevage qui occupe 33% des exploitants agricoles.

En effet ; les oliviers à huile couvrent près de 60% de la SAU régionale ; soit plus de 270 000 ha ; dont 5% irrigués. Sidi Bouzid compte 7,5 millions d'oliviers à huile en production dont 25% sont irrigués (Crda, 2012). Quant à l'élevage ; il est dominé par l'élevage de petits ruminants. En 2014 ; 320 000 têtes ovines et 45 000 têtes caprines ont été recensées à Sidi Bouzid. L'alimentation de ce cheptel repose essentiellement sur le pâturage sur les terres de parcours privées et collectives. En période de sécheresse, les éleveurs trouvent sur le marché des intrants dont le prix est soutenu par l'État (orge, son, aliments composés industriels) ou non (paille de céréales, tourteaux d'olives, fourrage) (Cialdella *et al.*, 2010)

**Tableau 41 : activités agricoles principales des exploitants à Sidi Bouzid en 2011**

Activités agricoles principales des exploitants	Nombre d'exploitants	Pourcentage
Grandes cultures : céréales et fourrages	1250	3%
maraichage	4300	11%
Oléiculture	16400	42%
autres arbres fruitiers	3850	10%
élevage	13000	33%
autres activités agricoles	200	1%

**Source :**

Sous l'effet combiné de facteurs anthropiques et naturels (surcharge ; désertification, etc.) ; les terres de parcours de Sidi Bouzid sont en train de se détériorer. Comme sur l'ensemble de la haute steppe Tunisienne ; les terres de parcours se sont rétrécies suite à l'emprise de l'agriculture et souffrent du surpâturage (Marh, Fao, 2010). S'agissant d'une des zones les plus irriguées de Tunisie (Tableau 42) ; la ressource hydroagricole est surexploitée à Sidi Bouzid. En 2010 ; 835 puits de surface ont été abandonnés à Sidi Bouzid<sup>70</sup>. Bien que la zone n'exploite pas l'ensemble de ses ressources en eau<sup>71</sup> ; la nappe phréatique est surexploitée à raison de 143% (Crda, 2012)

<sup>70</sup> Chiffres du CRDA de Sidi Bouzid

<sup>71</sup> 77.23% des ressources renouvelables en eaux de ruissellement et profondes sont exploitées

**Tableau 42 : surface irrigable dans les différents gouvernorats Tunisiens.**

<b>Gouvernorats</b>	<b>Surface irrigable (ha)</b>
Al-Kaf	13 796
Ariana	41 428
Beja	20 446
Ben Arous (Tunis Sud)	11 851
Bizerte	24 042
Jendouba	33 290
Gabes	11 463
Gafsa	20 136
Kairouan	60 781
Kasserine	22 309
Kebili	19 338
Mahdia	6 870
Medenine	2 384
Monastir	5 761
Nabeul	47 626
Zaghouen	9 803
Sfax	13 582
Sidi Bouzid	52 360
Siliana	14 418
Sousse	7 518
Tataouine	5 180
Tozeur	9 809
Tunis	879
<b>Tunisia total</b>	<b>455 070</b>

La zone possède un fort potentiel oléicole qui, en plus d'être l'activité principale du tissu de producteurs de la région ; dégage un produit stratégique pour la Tunisie : l'huile d'olive. Mais actuellement la production oléicole de Sidi Bouzid est transférée à Sfax<sup>72</sup> ou elle est revendue par des tiers sur le marché des olives puis transformée et revendue par les entreprises de trituration.

Des solutions alternatives pourraient être formulées à travers une meilleure valorisation de la production des exploitants. Pour les agriculteurs de Sidi Bouzid ; une meilleure valorisation de la production oléicole, à travers l'oléifaction et la vente par les producteurs, permettra aux ménages agricoles d'améliorer leur revenus. Plusieurs expériences à succès ont vu le jour en Tunisie ces dernières années. Comme le cas de la SMSA de Majel bel Abbes<sup>73</sup> à Kasserine qui commercialise la production des oléiculteurs de la région sous forme d'huile d'olive biologique dans un circuit de commerce équitable à plus de 12euros le litre (En Tunisie, le prix d'un litre conventionnel ne dépasse pas 4 euros). Egalement la SMSA « el entikala »<sup>74</sup> à Zarzis dans jefara Tunisienne qui se convertit vers la commercialisation d'huile d'olive de la région mise en bouteille.

<sup>72</sup> Le marché des olives de Gremda : baromètre national des cours des olives en Tunisie (institut de l'olivier ; 2012)

<sup>73</sup> <http://www.ethiquable.coop/fiche-produit-equitable-et-bio/huile-dolive-vierge-extra-equitable-bio>

<sup>74</sup> <https://latunisieagricole.wordpress.com/2015/12/06/en-cours-de-construction/>

Cependant ; dans un contexte de changement climatiques ; la pluviométrie à Sidi Bouzid devrait baisser conduisant les agriculteurs à mobiliser d'avantage de ressources hydriques pour maintenir le niveau de productivité actuel et assurer leur viabilité économique. Une étude menée en Tunisie dans l'horizon climatique 2040-2070 et sans mesures d'adaptation ; montre par exemple qu'une diminution de 10% de l'irrigation pour les cultivateurs de tomates rendrait l'activité non viable (Bird *et al.*, 2016).

Quel serait l'effet d'une régression de la disponibilité de l'eau d'irrigation (Füssel, Jol, 2012) ou de l'augmentation de la demande hydrique des cultures des agriculteurs de sidi Bouzid ?

Sidi Bouzid doit également faire face à une réduction des parcours induisant un déficit fourrager surtout lors des années de sécheresse (70%) ce qui constitue une réelle menace pour le secteur de la production de viande (Giz, 2014). La surexploitation combinée aux effets croissants du changement climatique ; induit une baisse du rendement fourrager des terres de parcours surtout pendant les années les plus sèches. Quel serait l'effet d'une réduction de la productivité des parcours pour les agriculteurs dont l'élevage représente une activité vitale ?

Nous identifions ainsi 3 simulations à réaliser (Tableau 43). S\_eau et S\_Parcours inhérents à des changements dans l'état de la nature ; avec la baisse de la disponibilité de l'eau pour l'irrigation et la régression des rendements fourragers des parcours privés. La mesure de relance centrale S\_Huile dans l'optique d'une meilleure valorisation de la production oléicole des agriculteurs en vue d'améliorer leur revenu monétaire.

Nous considérons les forces extérieures S\_eau et S\_parcours inhérents au changement climatique comme forces extérieures de la mesure de relance des revenus des ménages agricoles : le scénario S\_Huile.

La régression des pluies au Centre Tunisien, conjuguée à l'augmentation des besoins de l'agriculture due à l'augmentation de la température, va engendrer une exploitation plus importante des ressources en eau souterraine. A l'horizon 2030 cette surexploitation engendrera une baisse estimée à 22% de la quantité d'eau conventionnelle disponible (Gtz, 2007). L'augmentation de la demande alimentaire en zones arides et en Tunisie conjuguée aux effets du réchauffement climatique (baisse des rendements) va engendrer une baisse de la production fourragère issue des parcours dans les steppes de l'Afrique du nord. Cette baisse a été estimée à 30% de la production fourragère des terres de parcours Tunisiennes (Oss, 2009)

**Tableau 43 : définition des scénarios**

Libellé	Définition du scénario
S_0	Scenario de base : situation initiale
S_Eau	-22% la disponibilité de l'eau d'irrigation au sein du ménage agricole <sup>75</sup> .
S_Parcours	-30% de la production fourragère des parcours privés
S_Huile	Transformation des olives et vente de l'huile d'olive par les ménages agricoles au lieu de la vente des olives sans transformation

<sup>75</sup> <http://www.eraenvironnement.com/changement-climatique-la-tunisie-se-prepare-pour-la-cop-22/>

Le scénario de vente de l'huile d'olive se décline dans le modèle par l'insertion d'un cout de transformation de l'olivier en huile et implique un besoin en main d'œuvre supplémentaire.

La lecture de deux études réalisées par le conseil oléicole international (Coi, 2015) et par l'institut de l'olivier (Institut de l'olivier, 1999) ainsi que des entretiens à l'institut de l'olivier de Tunis nous a permis de paramétrer le cout de transformation et le besoin en main d'œuvre dans le modèle.

Sans la comptabilisation du cout de la main d'œuvre, le cout total de trituration a été estimé au centre ouest Tunisien (Institut De L'olivier, 1999) à 0.18 dinars/kg d'olives. Ce cout comporte les charges fixes de trituration<sup>76</sup>, couts variables de trituration<sup>77</sup> et les charges sociales. L'étude réalisée par le conseil oléicole international (Coi, 2015) estime le cout de trituration à 0.23 dinars/ kg d'olives. Nous avons fixé dans le modèle un cout intermédiaire de transformation égal à 0.2 dinars par kilogramme d'olives.

Le besoin en main d'œuvre correspond au besoin en travail pour la transformation en dehors du travail nécessaire pour la production d'olives (Institut de l'olivier, 1999). Il a été estimé à 5.5 jours de travail / tonne d'olives, dont 4.5 jours de travail masculin et 1 jour de travail féminin.

#### **Cadre de formulation des scénarios**

Ainsi nous considérerons les scénarios à simuler comme étant une combinaison de trois composantes : les forces extérieures, la mesure de relance et les indicateurs de sorties (Figure 44)

Les forces extérieures considérées sont relatives aux effets du changement climatique. Nous nous sommes focalisés sur les changements des facteurs de production des ménages par rapport à la situation initiale. Ainsi, les forces extérieures considérées seront une réduction de 22% de la disponibilité d'eau d'irrigation, facteur de production pour les cultures irriguées des ménages, et la réduction de 30% de l'alimentation animale provenant de l'exploitation, comme étant un facteur de production du cheptel animal.

Ensuite, la mesure de relance qui consiste en la transformation et la vente de l'huile d'olive par les ménages moyennant un cout de transformation égal à 0.2dt/ kg d'olives et un besoin en travail égal à 4.5 jours de travail masculin et 1 jour de travail féminin / tonne d'olives transformée.

Enfin, les indicateurs d'évaluation des scénarios sont le revenu monétaire des ménages, leur consommation alimentaire, et un indicateur de surcharge sur parcours. Nous considérons le plan de production des ménages comme étant des variables qui peuvent expliquer la variabilité des indicateurs d'évaluation.

---

<sup>76</sup> Charges fixe liées aux investissements en oléotechnie égal à l'amortissement des huileries sur 40 ans avec un taux d'actualisation de 3%

<sup>77</sup> Charge variables : eau, électricité et scourtins ; couts de transferts régionaux et interrégionaux pour l'achat des olives ; cout de transport des margines et les couts d'entretien des équipements et bâtiments.

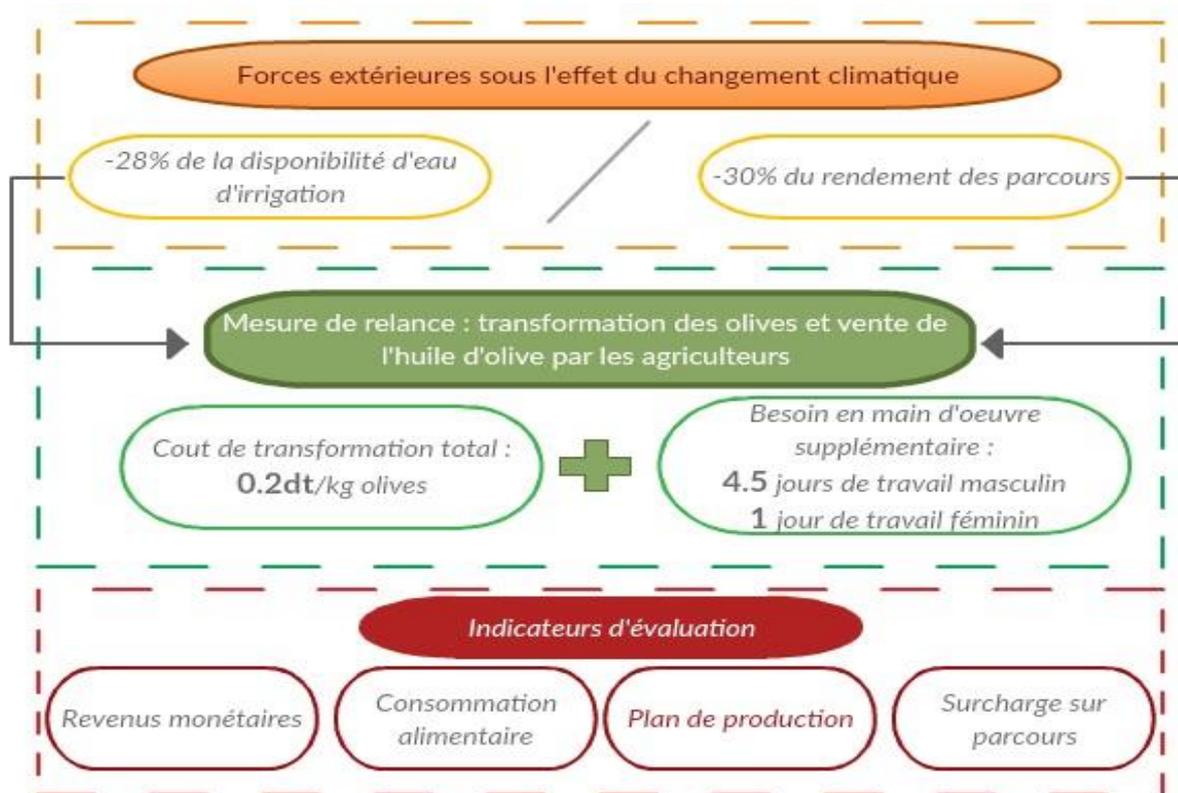


Figure 44 : cadre de formulation des scénarios

### 3. Planification des simulations

#### 3.1. Les ménages

Ces scénarios seront simulés sur deux types de ménages agricoles ; des agriculteurs irrigants et non irrigants. Nous avons sélectionné 4 exploitations réelles sur lesquels se feront les simulations.

- Deux exploitations correspondent à des ménages non irrigants et ayant un système de production semblable. Il s'agit des ménages 1 et 2 (Tableau 48).

Le système de production de ces ménages est un système pluvial assez diversifié puisque les ménages pratiquent de l'arboriculture y compris l'oléiculture, céréaliculture, maraichage et de l'élevage. La surface arborée des exploitations des deux ménages couvre près de 15% des exploitations et les cultures maraichères autour de 10%. Cependant, relativement au ménage 1 ; le ménage 2 alloue moins de terres pour les cultures céréalières et plus de terres pour les parcours privés.

Les deux ménages présentent les mêmes performances économiques agricoles. Le revenu à l'hectare des deux ménages agricoles est autour de 350 DT/ha. Cependant, les membres du ménage 2 sont moins dotés en terre, chaque membre dispose de 11.3 ha de terres et 11.3 têtes de petits ruminants contre 16.7 ha et 15.6 têtes de petits ruminants par membre du ménage 1. Ainsi, le revenu monétaire des membres du ménage 1 est 48% supérieur à celui des membres du ménage 2. Il est de 7060 et 4784 dt/personne/an respectivement pour les ménages 1 et 2.

En termes de consommation alimentaire, d'une part l'autoconsommation agricole qui concerne les produits alimentaires de base : blé, huile d'olive, légumineuses et viande rouge met à disposition de chaque membre plus de 2500 Kcal/jour. En nous référant à la moyenne de consommation calorique, de protéines et de fer par les ménages agricoles Tunisiens, l'autoconsommation agricole des deux ménages permet de couvrir leurs besoins pour ces nutriments (**Tableau 15**)

D'autre part, les dépenses alimentaires déclarées par les chefs des ménages montrent que les dépenses alimentaires pèsent plus lourd sur le budget du ménage le plus pauvre. En effet, à partir des données d'enquête, le ménage 1 consacre uniquement 10 % de son budget aux dépenses alimentaires, tandis que le ménage 2 dépense 38% de son revenu monétaire pour son alimentation.

**Tableau 44 : comparaison des deux ménages non irrigants : structure et performances**

	Ménage 1	Ménage 2
% arboriculture	13%	18%
<i>Oliviers</i>	13%	9%
% céréales	27%	6%
% légumineuses	9%	12%
% parcours exploitation	51%	65%
Surface per capita	16.7	11.3
cheptel per capita	15.6	11.3
revenu agricole à l'hectare	377	352
revenu par membre du ménage	7060	4784
autoconsommation (Kcal/membre/jour)	2812	2556
dépenses alimentaires	6000	4500
% dépenses alimentaires/revenu	11%	38%

- Deux exploitations correspondent à des ménages irrigants et ayant un système de production semblable. Il s'agit des ménages 4 et 5 (Tableau 45).

Le système de production de ces ménages est un système irrigué qui se base sur les cultures maraichères associés à l'arboriculture. La dotation en terres par membre du ménage est quasi égale entre les deux ménages : 1.7 ha par membre pour le ménage 4 et 1.3 ha par membre pour le ménage 5. Mais les deux exploitations présentent des structures différentes.

Dans l'exploitation du ménage 4, le maraichage irrigué couvre 10% de l'exploitation, l'olivier 5% de la surface de l'exploitation, les céréales moins de 3% et le ménage possède un cheptel de 9 têtes de petits ruminants qui pâturent sur plus de 80% de la surface de l'exploitation. Dans l'exploitation du ménage 5, 50% de l'exploitation est occupée par les cultures maraichères et l'autre moitié par des oliviers et le ménage ne pratique pas d'élevage.

La surface irriguée du ménage 5 est près de 2.5 fois supérieure à celle du ménage 4. 13% de l'exploitation du ménage 4 et 33% de l'exploitation du ménage 5 sont irrigués. Les deux ménages n'ont pas les mêmes performances économiques agricoles. Le revenu à l'hectare de l'exploitation du ménage 4 est de 1137 dinars et celle du ménage 5 de 2833 dinars soit 2.5 fois plus élevée.

Cependant les deux ménages touchent des revenus en dehors de l'exploitation qui s'élèvent à 9600 dinars pour le ménage 4 et 12000 dinars pour le ménage 5. Avec une taille de ménage quasi égale, le revenu monétaire par membre est de 3495 dinars/membre/an pour le ménage 4 et deux fois supérieur pour le ménage 5.

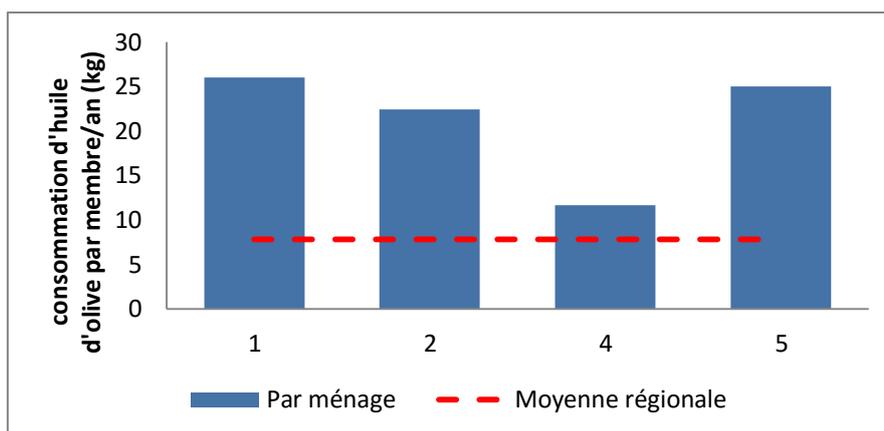
En termes de consommation alimentaires on a : d'une part l'autoconsommation agricole représentée par l'huile d'olive en premier lieu puis par les produits maraichers, qui met à disposition de chaque membre 293 Kcal/membre/jour pour le ménage 4 et 507 kcal /membre/jour pour le ménage 5, soit respectivement 12% et 20% de leur besoins caloriques<sup>78</sup> (**Tableau 15**) ; d'autre part, les dépenses alimentaires déclarées par les chefs des ménages montrent que les dépenses alimentaires pèsent plus lourd sur le budget du ménage le plus pauvre. En effet, le ménage 4 consacre uniquement 17 % de son budget aux dépenses alimentaires, tandis que le ménage 5 dépense 11% de son revenu monétaire pour son alimentation.

**Tableau 45 : comparaison des deux ménages irrigants : structure et performances**

	Ménage 4	Ménage 5
% arboriculture	5%	50%
<i>Oliviers</i>	5%	50%
% céréales	3%	0%
% maraichage	10%	50%
% parcours exploitation	83%	0%
% surface irriguée	13%	33%
surface per capita	1.7	1.3
taille du cheptel	9	0
revenu agricole à l'hectare	1137	2833
revenu par membre du ménage	3495	6817
autoconsommation (Kcal/membre/jour)	293	507
dépenses alimentaires	3500	4200
% dépenses alimentaires/revenu	17%	11%

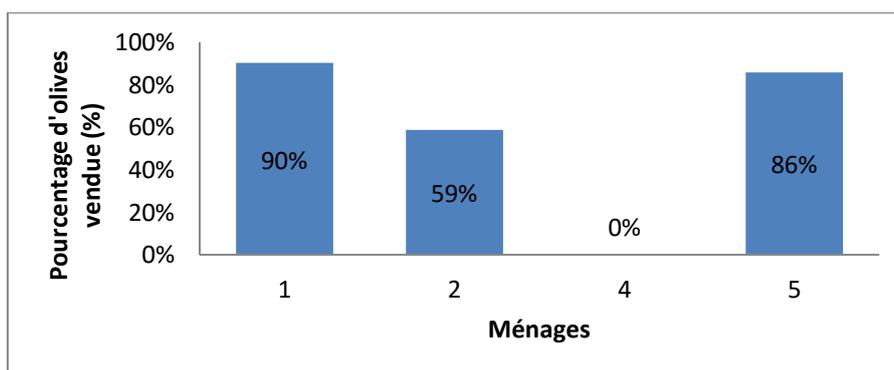
Pour ces 4 ménages agricoles la culture de l'olivier occupe une place importante. En termes de consommation cette culture permet de couvrir largement la consommation alimentaire des ménages en huile d'olive. En effet, alors que la consommation moyenne des habitants du centre ouest Tunisien d'élève à près de 8 Kg d'huile d'olive par personne et par an , l'autoconsommation d'huile par membre pour les 4 ménages agricoles retenus dépasse au moins de 50% cette moyenne (Figure 45). Ceci indique l'importance de cette culture dans l'alimentation des ménages agricoles.

<sup>78</sup> Par rapport à la consommation calorique moyenne des ménages agricoles en Tunisie, égale à 2536.5 Kcal/personne/ jours (source : enquête de budget et de consommation 2010)



**Figure 45 : consommation d'huile d'olive par les ménages comparée à la consommation moyenne régionale**

Cependant la finalité de cette culture diffère selon les ménages. Pour certains ménages, l'olivier est une culture de rente à l'exemple des ménages 1 et 5 qui vendent plus de 85% de leur production. Pour le ménage 4, l'olivier est considéré comme étant une culture alimentaire puisque le ménage consomme la totalité de sa production. Les oliviers du ménage 2 ont une double finalité puisque le ménage consomme 40% de sa production et vend les 60% restant.



**Figure 46 : pourcentage d'olives vendues par ménage**

En termes de production, la culture de l'olivier occupe également une place importante. A l'échelle des ménages, le nombre d'arbres d'oliviers diffère d'un ménage agricole à un autre. Les ménages 2 et 3 possèdent moins de 50 pieds et une production totale inférieure à 700 kg. Le ménage 5 possède un patrimoine oléicole de taille moyenne, soit 250 pieds pour produire 7 tonnes d'olives (Tableau 46). Le ménage 1 est le mieux doté avec 700 pieds lui permettant de produire plus 16 tonnes d'olives. En termes de performances (Tableau 46), on constate une disparité des rendements à l'hectare des ménages qui peut être expliqué par la densité de plantation, l'âge des plantations et la présence de l'irrigation sur l'exploitation. Le rendement des ménages 1 et 4 se situe entre les moyennes minimales et maximales nationales. Cependant le ménage 2 à un rendement inférieur et le ménage 5 un rendement supérieur à la moyenne nationale.

**Tableau 46 : nombre de pieds et production oléicoles pour les ménages sélectionnés**

	Ménage 1	Ménage 2	Ménage 4	Ménage 5
Nombre de pieds d'olivier	700	45	35	250
Production (kg d'olives)	16100	675	350	7000
Rendement à l'hectare (Kg/ha)	850	225	700	1750
Rendement national moyen MIN* (Kg/ha)	600	600	600	600
Rendement national moyen MAX* (Kg/ha)	1200	1200	1200	1200

\* Pour les années de 2010 à 2012 : L'utilisation des rendements moyens minimum et maximum permet d'éviter le biais que plusieurs mauvaises années de sécheresse pourraient introduire en faisant chuter la moyenne (FAO, 2015).

Pour les agriculteurs enquêtés, le ratio entre le pourcentage de la surface de l'exploitation occupée par les oliviers et la part du revenu agricole du ménage issu de l'agriculture (Tableau 47), illustre l'importance relative des revenus dégagés par l'olivier par rapport à l'occupation du sol par la culture. Le ménage 4 présente un ratio négatif car il autoconsomme la totalité de sa production, la culture de l'olivier n'a alors donné lieu à aucun revenu monétaire pour le ménage. Pour les ménage 1, 2 et 5 le ratio est d'autant plus réduit que le ménage est inséré au marché pour la vente des olives.

**Tableau 47 : ratio du pourcentage de la surface occupée par les oliviers par le revenu monétaire des oliviers dans le revenu agricole des ménages**

	Ménage 1	Ménage 2	Ménage 4	Ménage 5
Surface oliviers / surface de l'exploitation	13.33%	8.82%	5.00%	50.00%
Revenu des oliviers / revenu agricole	12.55%	0.28%	-	9.30%
Ratio %surface/% revenu	1.06	31.50	-	5.38

Ces ménages représentent jusqu'à près de 45% des exploitations agricoles de Sidi Bouzid. Les exploitations pluviales des ménages 1 et 2 représentent les producteurs de la zone spécialisés dans l'élevage et qui représentent 33% des producteurs de Sidi Bouzid. Les exploitations irriguées des ménages 4 et 5 représentent les producteurs de la zone spécialisés dans le maraichage irrigué et qui représentent au moins 11% des producteurs de Sidi Bouzid.

Ces ménages vendent leur production sur l'exploitation sous forme d'olives à des d'intermédiaires. Le scénario de vente de l'huile d'olive par les exploitants sera alors simulé comme étant un levier pour augmenter le revenu des ménages agricoles sur ces 4 ménages. L'intérêt de réaliser la simulation sur les ces ménages réside dans les nuances qui les différencient. D'une part, les ménages n'ont pas la même stratégie quant à la finalité de la production (Figure 46). D'autre part, les ménages ont des dotations différentes en nombre de pieds d'olivier.

Par ailleurs ; comme illustré par le Tableau 48, le ménage 1 possède un cheptel de 140 têtes de petits ruminants qui pâturent sur 76ha de parcours privés sur l'exploitation, tant dis que le ménage 2 possède 34 têtes sur 22 ha de parcours. Il s'agit de l'activité principale génératrice de revenu pour les deux ménages. L'élevage constitue 59% du revenu du ménage 1 et 55% du revenu du ménage 2.

13% de l'exploitation du ménage 4 et 33% de l'exploitation du ménage 5 sont irrigués. Cependant les cultures irriguées constituent plus de 80% du revenu agricole des deux ménages.

**Tableau 48 : tableau comparatif des quatre ménages réels pour la planification des simulations**

	ménage 1	ménage 2	ménage 4	ménage 5
consommation huile d'olive	26	22.4	11.7	25.0
Moyenne nationale de consommation	7.8	7.8	7.8	7.8
vente d'huile d'olive	90%	59%	0%	86%
% surface olivier	13%	9%	5%	44%
% revenu olivier	13%	0%	-1%	9%
% revenu de l'élevage dans le budget du ménage	59%	55%	21%	0%
Cheptel	140	34	9	0
% surface irriguée	0%	0%	13%	33%
% revenu des cultures irriguées dans le budget du ménage	0%	0%	80%	91%

### 3.2. Les simulations

La mesure de relance à simuler est une alternative à la vente classique des olives et une meilleure valorisation de la production oléicole qui peut améliorer le revenu des ménages producteurs. Cependant, nous ne pouvons considérer ce scénario de relance sans tenir compte des effets du changement climatique. Trois types de scénarios seront alors simulés : des scénarios de simulation des forces extérieures du changement climatiques, un scénario de vente d'huile d'olive et des scénarios combinant forces extérieures et mesure de relance. Ainsi, nous considérerons comme forces extérieures, le scénario de réduction du rendement des parcours pour les ménages 1 et 2 ; et le scénario de baisse de la disponibilité de l'eau d'irrigation pour les ménages 4 et 5. La planification des simulations se présentera alors comme illustré par le Tableau 49. Nous présenterons dans la section suivante, le choix d'indicateurs d'analyse pour chaque scénario.

**Tableau 49 : planification des simulations**

Scénario	Force extérieure	Mesure de relance	Ménages
S_parcours	-30% du rendement des parcours	-	1 et 2
S_eau	-22% de l'eau d'irrigation disponible	-	4 et 5
S_Huile	-	Transformation et vente d'huile d'olive	1,2,4 et 5
S_parcourshuile	-30% du rendement des parcours	Transformation et vente d'huile d'olive	1 et 2
S_eauhuile	-22% de l'eau d'irrigation disponible	Transformation et vente d'huile d'olive	4 et 5

#### 4. Choix d'indicateurs

La mesure de relance sera simulée d'une part sans les forces extérieures pour voir dans quelle mesure elle peut permettre de creuser l'écart entre le revenu des agriculteurs et le revenu national moyen. D'autre part, elle sera simulée combinée aux forces extérieures du changement climatique sur la production des parcours et la disponibilité de l'eau pour voir si la mesure de relance permet de compenser les effets du changement climatiques. Par ailleurs, nous simulerons les forces extérieures climatiques pour identifier dans quelles mesures elles peuvent impacter la production et la consommation des ménages.

La mesure de relance, correspondant à la vente de l'huile d'olive, aura un impact positif sur le revenu des ménages mais comme il s'agit d'un produit essentiel dans la consommation des ménages, nous évaluerons l'impact de cette mesure sur les décisions de consommation des ménages. Par ailleurs, nous identifierons en quoi les menaces climatiques peuvent impacter les stratégies de production des ménages.

La simulation des scénarios impliquera plusieurs arbitrages que le ménage devra faire. L'arbitrage de l'allocation des ressources. Notamment pour les ressources limitées du ménage tel que l'allocation de la terre entre les différents groupes de cultures, l'allocation de la ressource hydrique entre les cultures et l'allocation de la force de travail familial. Le ménage réalise également un arbitrage pour sa consommation alimentaire. Dans un sens, le ménage réalise d'une part un arbitrage entre vente et autoconsommation de sa production qui est valorisée en termes monétaires et en nutriments par le modèle. Dans un autre sens, le ménage réalise un arbitrage entre autoconsommation et achat d'aliments sur le marché pour couvrir ses besoins nutritionnels.

Comme illustré plus haut (Figure 44) nous analyserons les résultats des simulations sur revenus monétaires des ménages, leur consommation alimentaire, leur plan de production et un indicateur de surcharge sur parcours. Cependant la sélection d'indicateurs intermédiaires relatifs à ces points est nécessaire pour la compréhension de l'évolution des indicateurs de sortie du modèle (Belhouchette *et al.*, 2011)

Nous proposons dans cette section de définir les indicateurs d'analyse pour évaluer l'impact des scénarios sur les revenus et les décisions de production et de consommation des ménages agricoles de Sidi Bouzid. Les indicateurs d'évaluation sont :

- Le revenu : car le revenu des agriculteurs est plus faible que celui des autres catégories socio professionnelles (Institut National De La Statistique, 2013b) et que le revenu par membre des ménages enquêtés est plus faible que la moyenne nationale (Figure 47). Il s'agit d'un indicateur essentiel pour évaluer l'impact de la mesure de relance et des forces extérieures du changement climatique sur la production des ménages.
- La consommation alimentaire : car on présume que le régime alimentaire des ménages peut changer car la transformation va augmenter leurs revenu monétaires et impliquer un nouvel arbitrage entre vente et autoconsommation des produits de l'exploitation.
- La surcharge sur parcours : car une régression de la production parcours peut impliquer une plus importante surcharge sur parcours selon la capacité du l'agriculteur à acheter de l'alimentation animale sur le marché.

Par ailleurs, nous considérons les décisions de production du ménage comme indicateurs intermédiaires qui peuvent expliquer la variabilité des indicateurs d'évaluation.

#### 4.1. Revenu

La simulation de la mesure de relance (**S\_Huile**), qui correspond à la vente d'huile d'olive par les ménages producteurs, n'entraînera pas une augmentation de la production d'olives puisque les rendements et la surface arborée sont considérés comme étant fixes dans le modèle. Cependant, une meilleure valorisation de cette production entrainera une amélioration du revenu monétaire des ménages. La Figure 47 ci-dessous illustre l'écart entre les revenus observés des ménages et le revenu national moyen (Données banque mondiale, 2015). Cet écart est de près de 27% pour le ménage 1, de 29% pour le ménage 5, de 50% pour le ménage 4 et de 64% pour le ménage 4.

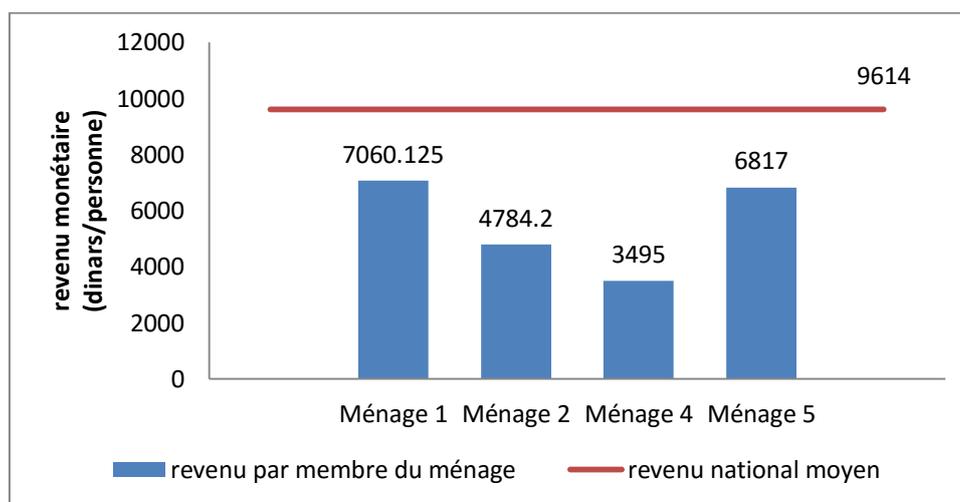


Figure 47 : Revenu monétaire par membre des ménages agricoles et le revenu national moyen

Ainsi les ménages 2 et 4 présentent les écarts de revenu les plus importants et un patrimoine oléicole de petite taille (Tableau 46). Tandis que les ménages 1 et 5 sont les ménages dont le revenu per capita se rapproche le plus de la moyenne nationale et possèdent un patrimoine oléicole de taille moyenne à grande. Nous supposons, que l'amélioration des revenus des ménages 1 et 5 leur permette de creuser l'écart de revenu et de se positionner au niveau de la moyenne nationale. Nous supposons que cette mesure de relance, ne sera pas suffisante pour les ménages 2 et 4 qui verront leur revenu augmenter sensiblement.

La simulation des forces extérieures (**S\_Parcours** et **S\_eau**) correspond à simuler une baisse de disponibilité de facteurs de production essentiels pour les deux types de ménages. -30% de fourrages autoproduits pour les exploitations pluviales et -22% de l'eau d'irrigation pour les ménages irrigants. Ces simulations entraineront une baisse du revenu des ménages. Cependant, la simulation des scénarios combinant forces extérieures et mesure de relance (**S\_Parcours+huile** et **S\_eau+Huile**), nous permettront de conclure si la baisse de revenu des ménages due à la dégradation de leurs facteurs de production peut être compensée par la vente d'huile d'olive.

#### 4.2. Consommation alimentaire

La simulation de la mesure de relance, isolée (**S\_Huile**) ou combinée aux forces extérieures (**S\_Parcours+huile** et **S\_eau+Huile**), peut induire une modification du comportement alimentaire des ménages.

La vente de l'huile d'olive implique une valorisation monétaire plus élevée des produits de l'olivier sur l'exploitation. Ce changement de prix relatif, amènera le ménage à réaliser un nouvel arbitrage quant à l'arbitrage entre la consommation et la vente des produits de l'olivier. Nous supposons, qu'avec une augmentation du revenu des ménages et l'augmentation du prix relatif de l'huile d'olive, les ménages agricoles diminueront leur autoconsommation, surtout l'autoconsommation de l'huile d'olive pour se rapprocher d'avantage de la moyenne de consommation de la région (Figure 45). Très peu d'études ont analysé l'effet de l'augmentation des revenus et de l'augmentation de la rente d'une culture sur les niveaux d'autoconsommation, mais Caillavet F. *et al.* (1998) et (Kinnucan, Sexauer, 1978) ont obtenu une corrélation négative entre le revenu et l'autoconsommation au niveau de la décision de consommer des biens provenant de la production propre. Nous supposons également que le ménage augmentera ses dépenses alimentaires pour couvrir ses besoins nutritionnels.

Par ailleurs, la simulation des forces extérieures (**S\_eau**, **S\_Parcours**, **S\_Parcours+huile** et **S\_eau+Huile**) peut également induire la modification du comportement alimentaire des ménages producteurs. D'une part avec la baisse de l'autoconsommation des produits dont la production pourrait disparaître du plan de production des ménages. D'autre part, la baisse de revenu des ménages pourrait impliquer la baisse des dépenses alimentaires.

#### 4.3. Décisions de production

La simulation de la mesure de relance, isolée (**S\_Huile**) ou combinée aux forces extérieures (**S\_Parcours+huile** et **S\_eau+Huile**), peut induire une modification des plans de production des ménages. La vente d'huile d'olive nécessite une mobilisation de la force de travail familiale ou salariée pour la transformation. Nous supposons qu'en vendant de l'huile, le ménage devra réaliser un arbitrage quant à l'allocation de la force de travail qui se traduira du plan de production au niveau de l'exploitation.

Par ailleurs, la simulation des forces extérieures (**S\_eau**, **S\_Parcours**, **S\_Parcours+huile** et **S\_eau+Huile**) peut également induire la modification du plan de production des ménages.

La réduction de la production fourragère (**S\_Parcours**) peut soit induire une augmentation des dépenses d'achat des aliments pour le cheptel, soit une augmentation de la surface de parcours. Cependant l'augmentation des surfaces de parcours se fera au dépend des cultures les moins rentables : les céréales. Dans ce cas, la vente et l'autoconsommation des céréales par les ménages sera réduite.

La baisse de disponibilité de l'eau d'irrigation (**S\_eau**) va induire un nouvel arbitrage d'allocation de la ressource hydro agricole qui se traduira par le changement du plan de production soit par la réduction des surfaces irriguées soit par l'abandon des cultures qui présentent la plus faible rentabilité de l'usage de l'eau (Tableau 50)

**Tableau 50 : rentabilité de l'eau d'irrigation pour les ménages 4 et 5**

	Rentabilité de l'usage de l'eau (dinars/m <sup>3</sup> )
<b><i>Ménage 4</i></b>	
Orge	0.2
Piment	2.9
<b><i>Ménage 5</i></b>	
Fève	1.74
petits pois	1.7
Melon	1.3

#### 4.4. Synthèse des indicateurs

Ainsi, pour compléter la formulation des scénarios à simuler, le tableau (Tableau 51) ci-dessous synthétise les indicateurs à analyse pour chaque scénario. Les résultats des simulations sur le revenu, les décisions de production et de consommation des ménages seront présentés dans la section suivante.

Tableau 51 : Liste d'indicateurs d'analyse des scénarios

Libellé des scénarios	Indicateurs d'analyse	
<b>S_parcours</b>	<p>Le revenu monétaire du ménage (dinars)</p> <p>Les modifications dans le plan de production du ménage : en analysant la part de chaque groupe de culture dans l'exploitation et la part de chaque culture dans chaque groupe (ha)</p> <p>La main d'œuvre masculine et féminine salariée (jours)</p> <p>Les dépenses alimentaires du ménage (dinars)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La surface de parcours (ha)</li> <li>- Les dépenses pour l'achat d'aliments pour le cheptel (dinars)</li> <li>- La quantité de blé vendue (kg)</li> <li>- L'indicateur de surcharge des parcours (unités fourragères / tête)</li> </ul>
<b>S_eau</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Surface irriguée (ha)</li> </ul>
<b>S_huile</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'autoconsommation du ménage : exprimée en termes d'apport calorique (Kcal/membre/jour) et en valeur monétaire (dinars)</li> <li>- La consommation de l'huile d'olive : autoconsommation et achat (kg d'huile/ménage)</li> </ul>
<b>S_parcourshuile</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'autoconsommation du ménage : exprimée en termes d'apport calorique (Kcal/membre/jour) et en valeur monétaire (dinars)</li> <li>- La consommation de l'huile d'olive : autoconsommation et achat (kg d'huile/ménage)</li> <li>- La surface de parcours (ha)</li> <li>- Les dépenses pour l'achat d'aliments pour le cheptel (Dinars)</li> <li>- La quantité de blé vendue (kg)</li> <li>- L'indicateur de surcharge des parcours (unités fourragères / tête)</li> </ul>
<b>S_eauhuile</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'autoconsommation du ménage : exprimée en termes d'apport calorique (Kcal/membre/jour) et en valeur monétaire (dinars)</li> <li>- La consommation de l'huile d'olive : autoconsommation et achat (Kg d'huile/ménage)</li> </ul>

## 5. Résultats des simulations

### 5.1. Evaluation du modèle : Résultats du calibrage

Le calibrage du modèle bio économique a été réalisé pour les 4 ménages agricoles pour l'année 2014 en utilisant la méthode de calibrage par le risque (Boussard et al, 1997). Pour l'estimation du coefficient d'aversion au risque pour chaque ménage. (Norton, Hazell, 1986) Suggèrent une plage du paramètre d'aversion qui se situe entre 0 et 1.65. Le calibrage est réalisé sur l'assolement pratiqué et les quantités autoconsommées par le ménage. Ainsi, les résultats du modèle pour ces variables sont comparées aux observations réelles en calculant un pourcentage de déviation (Holt C.A., 2014 ;(Louhichi K. *et al.*, 2008).

### Équation 20 : calcul de la déviation entre les simulations et observations pour le calibrage du modèle

$$PD(\%) = (X_{sim} - X_{obs}) / X_{obs}$$

Ou  $X_{sim}$  désigne la valeur simulée de la variable à calibrer et  $X_{obs}$  les observations. L'ajustement est arrêté lorsque ces paramètres de calibrage varient peu, ou pas, par rapport aux observations.

Dans les études de modélisation bioéconomique pour une évaluation intégrée, l'évaluation des modèles n'est pas couramment pratiquée (Janssen, Van Ittersum, 2007).

Le Tableau 52 compare les résultats observés aux résultats simulés par le modèle décliné pour les 4 ménages réels : les ménages 1, 2, 3 et 5.

Pour ces 4 ménages, les coefficients d'aversion ( $\alpha$ ) au risque estimés sont de 1.45 pour les ménages non irrigants (ménage 1 et 2) et respectivement 1.2 et 1.05 pour les ménages irrigants (4 et 5).

Nous constatons que le modèle simule correctement les variables clés de notre analyse, soit les variables inhérentes aux décisions de production et d'autoconsommation du ménage. Dans la plupart des cas, la différence entre les valeurs observées et simulées sont inférieures à 10%. Seules 4 valeurs dépassent ce seuil pour atteindre au maximum 20% de différence. Il s'agit de la surface de cumin du ménage 1 et celles de fève et petits pois du ménage 5. Pour ces deux ménages la somme des surfaces maraichères cultivées correspond aux observations et ce décalage n'a pas entraîné une sous ou sur estimation des quantités autoconsommées par les ménages. La 4<sup>ème</sup> valeur est la quantité autoconsommée de melon pour le ménage. Il s'agit d'un décalage de 20 kg par rapport à la consommation déclarée par le chef du ménage. Pour ce ménage composé de 7 membres, ce décalage équivaut à une surestimation de l'autoconsommation de melon de 2.85 kg par membre par an.

Tableau 52 : résultats du calibrage des 4 ménages réels

			Blé	Orge	petits pois	fève	Cumin	Piment	Melon	Oliviers	Parcours
Ménage 1 $\alpha = 1.45$	Assolement (ha)	Observé	20	20	10	2	2	-	-	20	76
		Simulé	22	18	10.5	1.9	1.6	-	-	20	76.3
		Différence	10.0%	-10.0%	5.0%	-5.0%	-20.0%			0.0%	0.4%
	Autoconsommation (kg)	Observé	1600	200	350	850	-	-	-	-	-
		Simulé	1440	216	360	765	-	-	-	-	-
		Différence	-10.0%	8.0%	2.9%	-10.0%					
Ménage 2 $\alpha = 1.45$	Assolement (ha)	Observé	2	-	2	1	1	-	-	6	22
		Simulé	2.005	-	2.165	1.09	0.95	-	-	6	21.8
		Différence	0.2%		8.3%	9.0%	-5.0%			0.0%	-0.9%
	Autoconsommation (kg)	Observé	550	-	130	130	-	-	-	280	-
		Simulé	525	-	120	126	-	-	-	308	-
		Différence	-4.5%		-7.7%	-3.1%				10.0%	
Ménage 4 $\alpha = 1.2$	Assolement (ha)	Observé	-	0.25	-	-	-	1	-	0.5	8.25
		Simulé	-	0.24	-	-	-	1	-	0.5	8.26
		Différence		-4.0%				0.0%		0.0%	0.1%
	Autoconsommation (kg)	Observé	-	50	-	-	-	300	-	350	-
		Simulé	-	48	-	-	-	285	-	369	-
		Différence		-4.0%				-5.0%		5.4%	
Ménage 5 $\alpha = 1.05$	Assolement (ha)	Observé	-	-	1.5	1.5	-	-	1.5	4	-
		Simulé	-	-	1.6	1.4	-	-	1.48	4.5	-
		Différence			6.7%	-6.7%			-1.3%	12.5%	
	Autoconsommation (kg)	Observé	-	-	250	100	-	-	100	680	-
		Simulé	-	-	225	105	-	-	120	609	-
		Différence			-10.0%	5.0%			20.0%	-10.4%	

## 5.2. Analyse des scénarios

La simulation des 5 scénarios avec le modèle décliné pour les 4 ménages agricoles montre des résultats contrastés entre les différents types de ménages. Ces différences sont perceptibles d'une part entre les ménages irrigants et non irrigants, mais également au sein de chaque groupe.

Nous présenterons dans cette section les résultats des simulations sur les indicateurs sélectionnés dans la section précédente de ce chapitre (Tableau 51). Nous présenterons d'abord les simulations des scénarios inhérents aux forces extérieures (S\_Parcours et S\_Eau) puis, le scénario inhérent à la mesure de relance (S\_Huile), et enfin les scénarios combinés (S\_Parcours+Huile et S\_Eau+Huile).

### 5.2.1. Scénarios des forces extérieures de changement climatique

Scénario S\_Parcours : baisse de 30% du rendement des terres de parcours

La simulation de la force extérieure relative à la réduction du rendement des parcours correspond à simuler la réaction des deux ménages agricoles non irrigants à une réduction de 30% du rendement de leurs parcours privés.

Cette simulation génère une réduction du revenu global et monétaire des ménages. Comme illustré par la Figure 48, la régression du revenu monétaire est relativement plus importante pour le ménage 2 qui voit se revenu réduit de 19%, que pour le ménage 1 dont le revenu évolue à la baisse de 10%

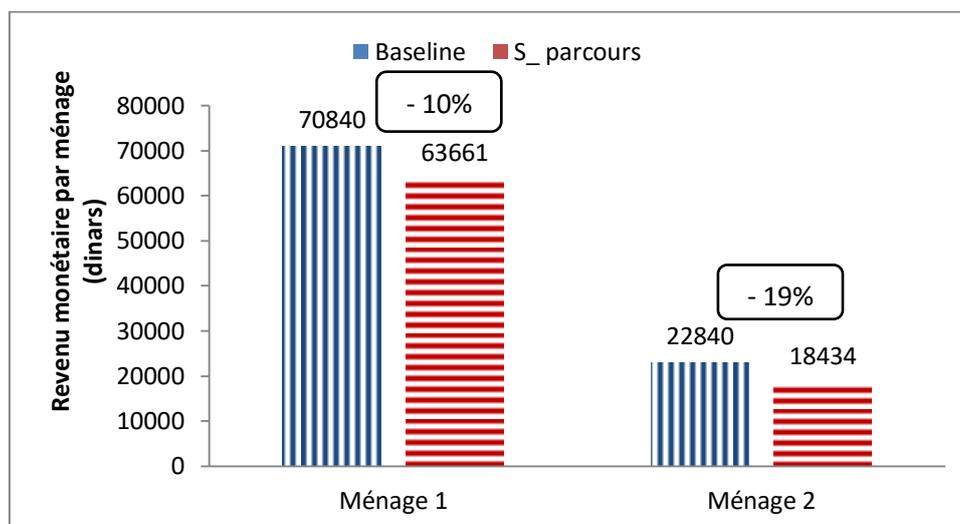
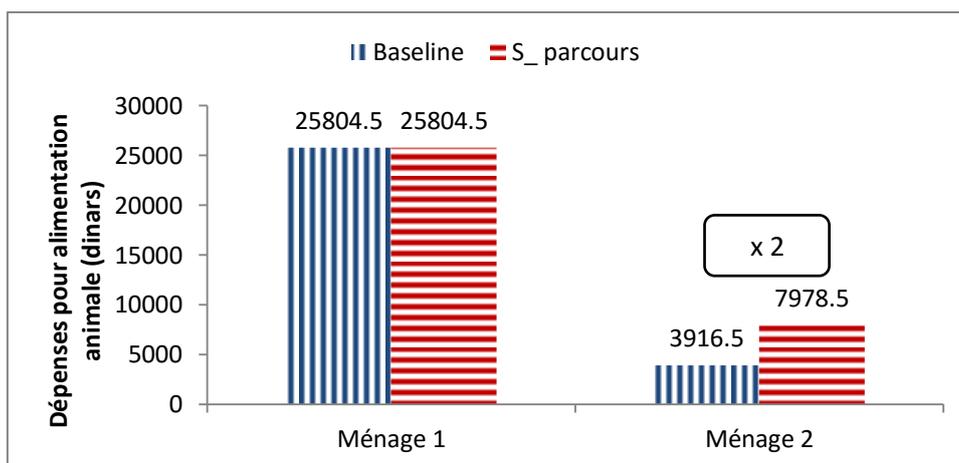


Figure 48 : revenu monétaire des ménages 1 et 2 pour le scénario de base et le scénario S\_Parcours

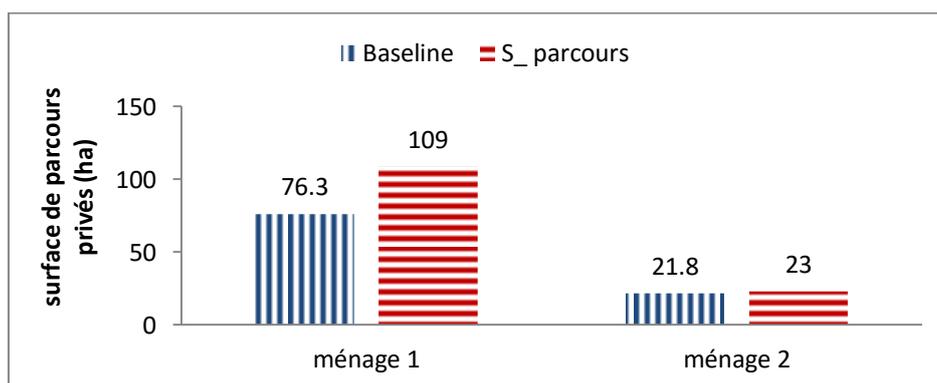
Cette baisse de revenu est provoquée indirectement par la réduction du rendement des parcours pour ces deux ménages dont le revenu dépend à plus de 50% des revenus de l'élevage. Cependant, les deux ménages ont réagi différemment à cette baisse de rendement.

Tandis que le second ménage a doublé ses dépenses pour l'alimentation animale, le premier ménage n'a pas augmenté ses dépenses pour l'alimentation de son cheptel (Figure 49)



**Figure 49 : dépenses pour l'alimentation animale des ménages 1 et 2 pour le scénario de base et le scénario S\_parcours**

Par ailleurs, le premier ménage a augmenté sa surface de parcours privé de 43%, tandis que le ménage 2 n'a augmenté sa surface de parcours que de 5% (Figure 50)



**Figure 50 : surface de parcours des ménages 1 et 2 pour le scénario de base et le scénario S\_parcours**

Comme prévu, ces augmentations des surfaces de parcours, se sont fait au dépend des surfaces céréalières de deux ménages comme illustré par le Tableau 53. En conséquence les ménages 1 et 2 ont diminué leurs surfaces de blé de -69% et -65%. La surface d'orge du ménage a également diminué de -98%. La vente des céréales a également diminué. Le ménage 1 vend 76% de céréales en moins et le ménage 2 ne vend plus de céréales (Tableau 54). Par ailleurs, les deux ménages préservent la même proportion de leurs exploitations pour les cultures maraichères.

**Tableau 53 : surface céréales et parcours des ménages 1 et 2 pour le scénario de base et le scénario S\_parcours**

	Ménage 1			Ménage 2		
	Baseline	S_parcours	%	Baseline	S_parcours	%
Blé (ha)	21.5	6.6	-69%	2	0.7	-65%
Orge (ha)	18.2	0.3	-98%	0	0	-
Parcours (ha)	76.3	109	43%	21.8	23	6%

**Tableau 54 : quantité de blé vendu par les deux ménages 1 et 2 pour le scénario de base et le scénario S\_Parcours**

	ménage 1			ménage 2		
	Baseline	S_parcours	%	Baseline	S_parcours	%
blé vendu (kg)	13892	3299	-76%	904	0	-100%

Cependant, le premier ménage modifie sa stratégie d'allocation de terres entre les différentes cultures maraichères (Tableau 55). On constate que ce ménage tend vers la monoculture de petits pois sur ses surfaces dédiées au maraichage, en réduisant au maximum<sup>79</sup> la surface cultivée en fève : la culture dont le rendement est le moins variable, et réduisant de 20% la surface cultivée en cumin : la culture la plus risquée (variabilité des rendements et prix) mais la plus rentable.

**Tableau 55 surface des cultures maraichères des ménages 1 et 2 pour le scénario de base et le scénario S\_Parcours**

	ménage 1			Ménage 2		
	Baseline	S_Parcours	%	Baseline	S_Parcours	%
Fève (ha)	1.8	0.3	-83%	1	1	0%
Petit pois (ha)	10.7	12.5	17%	2	2	0%
Cumin (ha)	1.6	1.3	-19%	0.95	0.95	0%

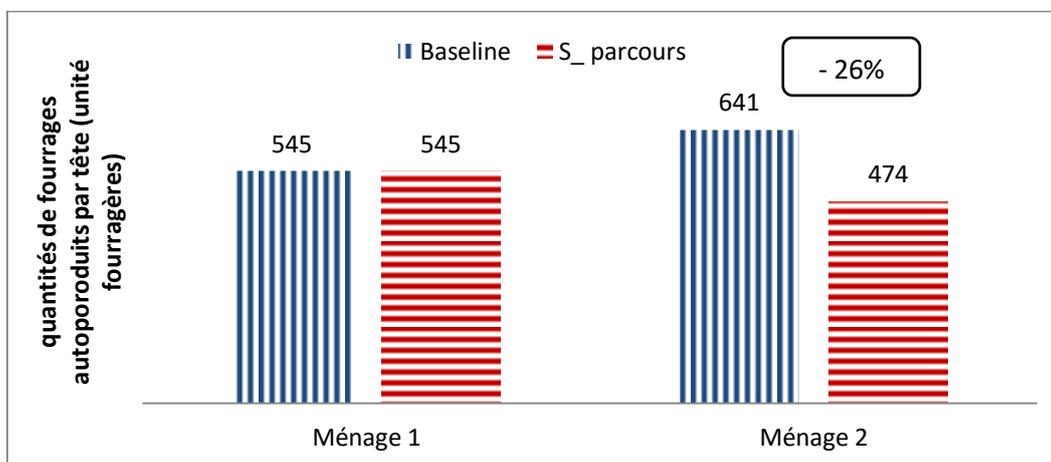
Cette modification du plan de production, a engendré un besoin en main d'œuvre masculine légèrement plus important que la situation de base et la réduction de la main d'œuvre féminine salariée.

**Tableau 56 : main d'œuvre achetée par genre pour les ménages 1 et 2 et pour le scénario de base et le scénario S\_Parcours**

	Main d'œuvre masculine achetée (jours)			Main d'œuvre féminine achetée (jours)		
	Baseline	S_parcours	%	Baseline	S_parcours	%
Ménage 1	540	622	15.2%	119	0	-100.0%
Ménage 2	62	66	6.5%	0	0	-

<sup>79</sup> Avec le scénario S\_Parcours, le ménage ne cultive que la surface permettant de couvrir les besoins alimentaires du ménage et ne vend plus de fève

En ce qui concerne les indicateurs environnementaux, nous constatons que la baisse du rendement des parcours a engendré des effets différents entre les deux ménages. Le premier ménage n'a pas appuyé la surexploitation de ses parcours. Le second ménage qui disposait de 641 unités fourragères par tête, en dispose 26% en moins. Ce qui équivaut à une charge sur parcours plus importante.



**Figure 51 : indicateur de charge des parcours des ménages 1 et 2 pour le scénario de base et le scénario S\_Parcours**

Concernant les indicateurs alimentaires, comme indiqué par le Tableau 57 l'autoconsommation des deux ménages est restée inchangée. Ils consomment les mêmes quantités de fève, petits pois, blé, orge et olives. Pour le scénario de base et le S\_Parcours, l'autoconsommation met à disposition de chaque membre 2179 Kcal/jour.

**Tableau 57 : autoconsommation des ménages 1 et 2 pour le scénario de base et le scénario S\_Parcours**

	Autoconsommation (kg)			
	ménage 1		ménage 2	
	Baseline	S_Parcours	Baseline	S_Parcours
Fève (Kg)	765	765	126	126
Petit pois (kg)	360	360	120	120
Blé (kg)	1440	1440	525	525
Orge (kg)	216	216	0	0
olive consommé en fruit (kg)	13.5	13.5	8.7	8.7
olive consommé en huile (kg)	1125	1125	300	300
olives totales (kg)	1138.5	1138.5	308.7	308.7
Apport calorique de l'autoconsommation (Kcal/membre/jour)	2179	2179	1973	1973

Par ailleurs, la baisse de revenu n'a pas affecté les dépenses alimentaires des ménages (Tableau 58). Pour le scénario de base et le scénario S\_Parcours, le ménage 1 dépense 5446 dinars pour l'achat d'aliments sur le marché et consomme au total (autoconsommation et achats) 2949

Kcal/membre/jour, le ménage 2 dépense 2305 dinars pour l'achat d'aliments sur le marché et consomme au total (autoconsommation et achats) 2842 Kcal/membre/jour.

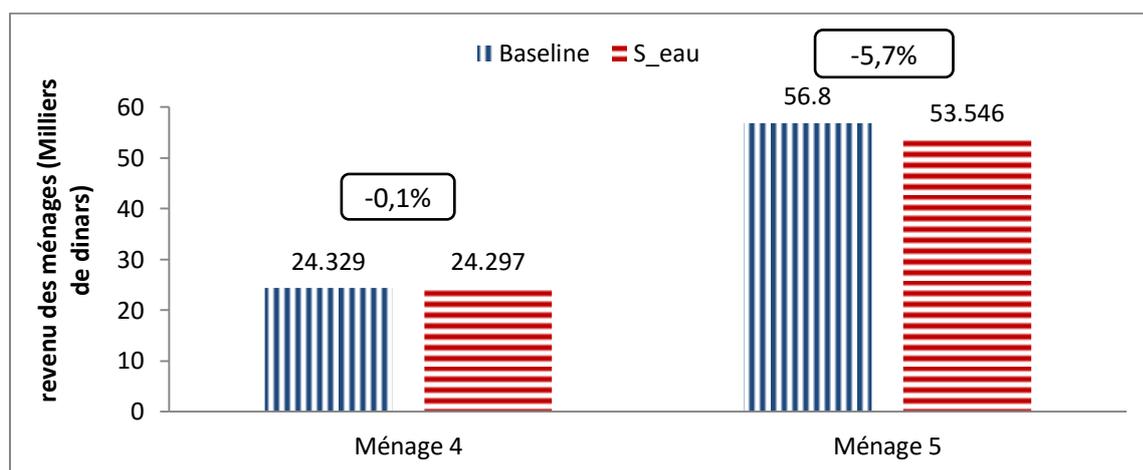
**Tableau 58 : dépenses alimentaire et consommation caloriques des ménages 1 et 2 pour le scénario de base et les scénario S\_parcours**

	Ménage 1		Ménage 2	
	Baseline	S_Parcours	Baseline	S_Parcours
Dépenses alimentaires (dinars)	5446	5446	2305	2305
Consommation calorique totale (Kcal/membre/jour)	2949	2949	2842	2842

#### Scénario S\_Eau : baisse de 22% de la disponibilité de l'eau d'irrigation

La simulation de la force extérieure relative à la réduction de la disponibilité d'eau d'irrigation correspond à simuler la réaction des deux ménages agricoles irrigants à une réduction de 22% de l'eau d'irrigation disponible sur l'exploitation. Cette simulation génère tout naturellement une réduction de la consommation d'eau par les ménages. La lecture de la valeur duale de la contrainte ressource hydrique montre que les deux ménages consomment toute l'eau disponible.

Concernant les variables socioéconomiques, cette simulation génère une baisse du revenu global et monétaire des deux ménages. Cependant cette réduction est marginale pour le ménage 4. Comme illustré par la Figure 52, le revenu du ménage 4 n'a baissé que de 0.1% soit une baisse de 30 dinars sur une année pour l'ensemble du ménage tandis que le revenu du ménage 5 a baissé de 5.7% soit une réduction du revenu annuel du ménage de 3250 dinars.

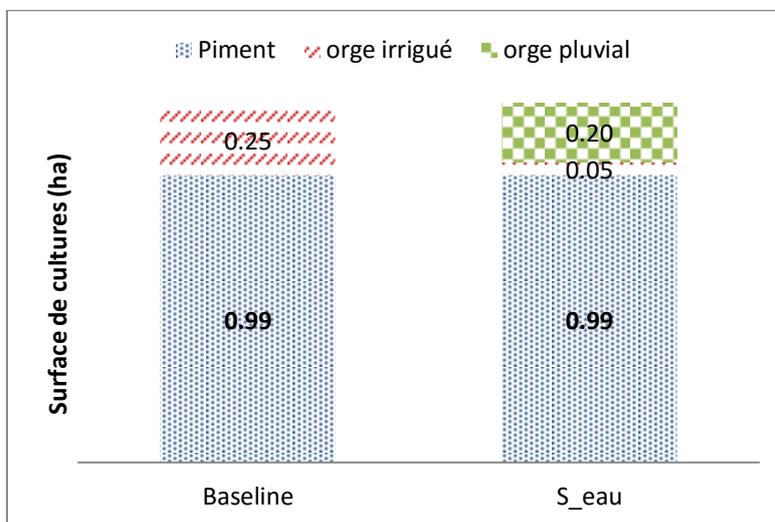


**Figure 52 : revenu monétaire des ménages 4 et 5 pour le scénario de base et le scénario S\_Eau**

Cette baisse de revenu est due à un changement du plan de production des ménages. En effet, la simulation a engendré une modification des décisions de production des ménages.

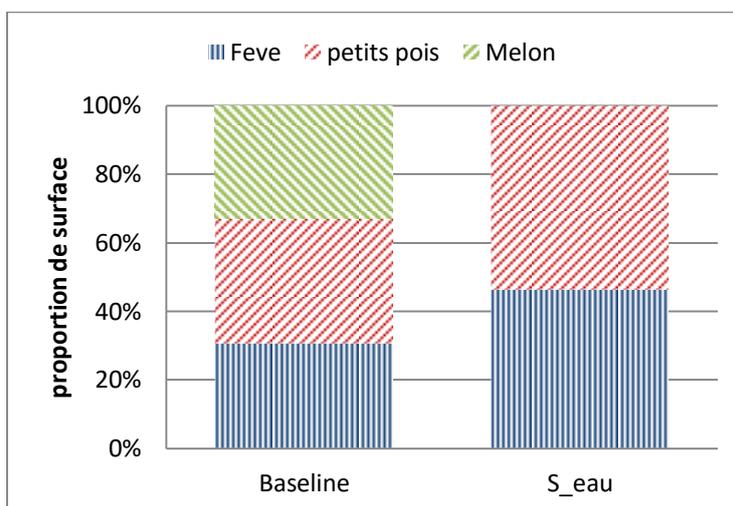
Les décisions de production par groupe de culture restent inchangées pour le ménage 4 tandis que le ménage 5 a réduit sa surface maraichère de 4.5 à 3.9 ha. Cependant, les changements se sont opérés

au niveau de l'arbitrage intra groupes de culture. Comme illustré par la Figure 53, le ménage 4 cultive la même surface en piment et la même surface en orge. Cependant, le ménage a réduit la surface d'orge irriguée, il cultive désormais 80% de la surface en orge en pluvial.



**Figure 53 : plan de production du ménage 4 (hors parcours) pour le scénario de base et le scénario S\_Eau**

Comme illustré par la Figure 54, le ménage 5 cultive plus de fève et petits pois et a abandonné la culture du melon qui présente le niveau de rentabilité par m<sup>3</sup> d'eau le plus faible (Tableau 50). Cependant l'eau disponible ne permet plus au ménage de cultiver la même surface maraichère et le ménage n'exploite plus désormais la totalité de la surface de l'exploitation (0,6 ha en moins).



**Figure 54 : plan de production du ménage 5 pour le scénario de base et le scénario S\_Eau**

Pour ce ménage, le changement du plan de production implique un besoin en main d'œuvre moins important sur l'exploitation. Le ménage achète 12% de main d'œuvre masculine en plus, mais la main d'œuvre salariée féminine s'est vue réduite de moitié.

Concernant les indicateurs alimentaires, l'autoconsommation des deux ménages est restée inchangée (Tableau 59). Le ménage 5 qui a abandonné la culture du melon, en cultive sur 0.03 ha, de quoi produire uniquement la quantité qu'il autoconsomme. Pour le scénario de base et le scénario S\_Eau, l'autoconsommation met à disposition du ménage 4 314 Kcal/membre/jour et 395 Kcal/membre/jour pour le ménage 5.

**Tableau 59 : autoconsommation des ménages 4 et 5 pour le scénario de base et le scénario S\_Parcours**

	Autoconsommation			
	ménage 4		ménage 5	
	Baseline	S_eau	Baseline	S_eau
Piment (kg)	300	300	-	-
Fève (Kg)	-	-	105	105
Petit pois (kg)	-	-	225	225
Melon (kg)	-	-	120	120
Orge (kg)	48	48	-	-
olive consommé en fruit (kg)	9	9	9	9
olive consommé en huile (kg)	371	371	600	600
olives totales (kg)	380	380	609	609
Apport calorique de l'autoconsommation (Kcal/membre/jour)	314	314	395	395

Par ailleurs, la baisse de revenu n'a pas affecté les dépenses alimentaires des ménages.

Pour le scénario de base et le scénario S\_Parcours, le ménage 1 dépense 7047 dinars pour l'achat d'aliments sur le marché et consomme au total (autoconsommation et achats) 2528 Kcal/membre/jour, le ménage 2 dépense 7477 dinars pour l'achat d'aliments sur le marché et consomme au total (autoconsommation et achats) 2681 Kcal/membre/jour.

**Tableau 60 : dépenses alimentaire et consommation caloriques des ménages 4 et 5 pour le scénario de base et le scénario S\_eau**

	Ménage 4		Ménage 5	
	Baseline	S_eau	Baseline	S_eau
Dépenses alimentaires (dinars)	7047	7047	7477	7477
Consommation calorique totale (Kcal/membre/jour)	2528	2528	2681	2681

Pour résumer, la réduction du rendement des parcours et de la disponibilité de l'eau dus aux effets du changement climatique réduisent le revenu monétaire des ménages. Le revenu monétaire des deux ménages éleveurs pratiquant une agriculture pluviale (ménages 1 et 2) a été réduit respectivement de 10% et 19%. Le revenu monétaire des deux ménages producteurs maraichers pratiquant une agriculture irriguée (ménages 4 et 5) a été réduit respectivement de 0.1% et 5.7%.

Cette réduction est expliquée par des changements dans le plan de production des ménages agricoles. Les ménages ont réagi différemment aux effets du changement climatique. Pour les ménages non irrigants, le ménage 1 n'a pas appuyé la surexploitation de ses parcours au dépens de ces surfaces céréalières tandis que le ménage 2 a surchargé d'avantage ses terres de parcours privés et a augmenté ses dépenses pour l'alimentation de son cheptel. Pour les ménages irrigants le ménage 4 a opté pour une production plus extensive pour ces céréales et n'a pas diminué sa surface maraichère irriguée. Le ménage 5 a réduit ses surfaces maraichères irriguées en réduisant la surface de la culture présentant le niveau d'efficacité de l'usage de l'eau le plus faible.

Par ailleurs, malgré une modification du plan de production des ménages, la simulation de ces forces extérieures du changement climatique sur les indicateurs de consommation alimentaires montre que les ménages ne modifient en rien leur comportement alimentaire : dépenses alimentaires, autoconsommation des produits de l'exploitation et la consommation nutritionnelle totale des ménages. Ceci indique l'importance de l'autoconsommation pour ces ménages agricoles, qui face aux effets du changement climatique, dégradent leur revenus monétaires avant de dégrader leur alimentation. Pour mieux illustrer cet arbitrage nous avons réalisé des simulations alternatives sur un ménage éleveur non irrigant (ménage 1) pour différents niveaux de réduction de production de ses parcours privés. La Figure 55 illustre la dégradation du revenu monétaire du ménage.

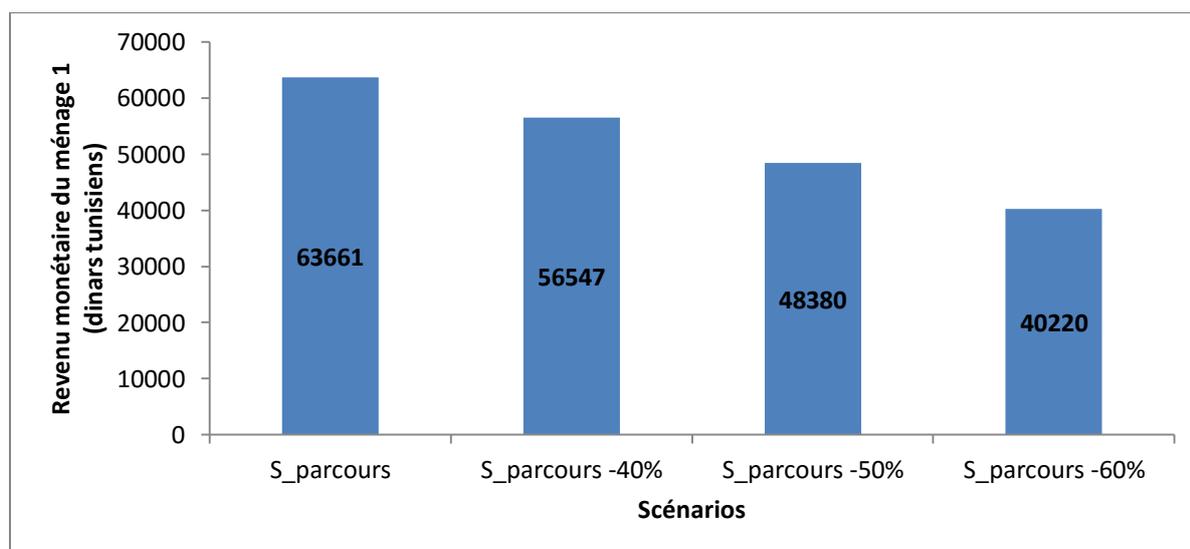


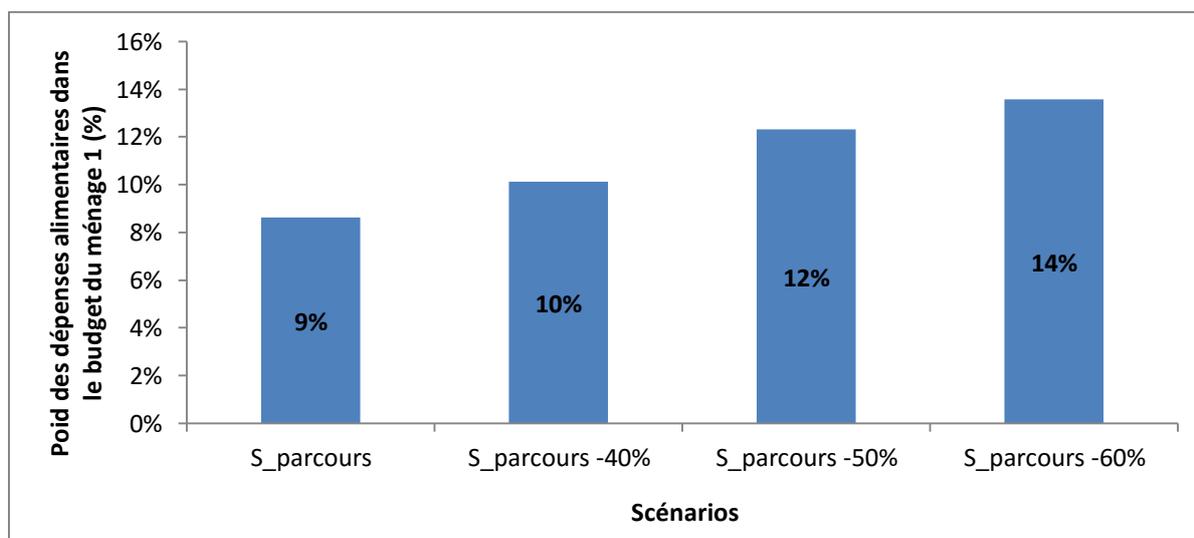
Figure 55 : revenu monétaire du ménage 1 pour les scénarios S\_Parcours, S\_parcours -40%, S\_parcours -50%, S\_parcours -60%

Malgré cette dégradation de revenu et les changements du plan de production du ménage, pour ces différents niveaux de réduction de production des terres de parcours privé du ménage 1, le ménage ne réduit pas son autoconsommation des produits de l'exploitation. Le Tableau 61 ci-dessous illustre l'autoconsommation de ce ménage pour la simulation du scénario S\_Parcours, et les scénarios de réduction de -40%, -50% et -60% de la production des parcours (**S\_parcours -40%**, **S\_parcours -50%**, **S\_parcours -60%**).

**Tableau 61 : autoconsommation du ménage 1 pour les scénarios S\_Parcours, S\_parcours -40%, S\_parcours -50%, S\_parcours -60%**

	S_Parcours	S_parcours -40%	S_parcours -50%	S_parcours -60%
Fève (Kg)	765	765	765	765
Petit pois (kg)	360	360	360	360
Blé (kg)	1440	1440	1440	1440
Orge (kg)	216	216	216	216
olive consommé en fruit (kg)	13.5	13.5	13.5	13.5
olive consommé en huile (kg)	1125	1125	1125	1125
olives totales (kg)	1138.5	1138.5	1138.5	1138.5
Apport calorique de l'autoconsommation (Kcal/membre/jour)	2179	2179	2179	2179

Cependant, la sécurité alimentaire de ce ménage est de plus en plus fragilisée. Ceci est perceptible à travers le poids du budget alimentaire dans le revenu monétaire du ménage 1. Comme illustré par la Figure 56 , pour les scénarios S\_Parcours, S\_parcours -40%, S\_parcours -50% et S\_parcours -60%, les dépenses alimentaires du ménage pèsent de plus en plus sur son budget total.



**Figure 56 : part des dépenses alimentaires du ménage 1 dans son revenu monétaire pour les scénarios S\_Parcours, S\_parcours -40%, S\_parcours -50% et S\_parcours -60%**

Ces simulations montrent que malgré une importante réduction du revenu du ménage, ce dernier ne dégrade pas sa consommation alimentaire, en maintenant les mêmes niveaux d'autoconsommation et de dépense alimentaire. Cependant, cette stratégie de repli fragilise d'avantage la sécurité alimentaire du ménage en impliquant un budget relativement de plus en plus important pour la consommation alimentaire du ménage.

### 5.2.2. Scénario S-Huile : Vente d'huile d'olive sans considération du changement climatique

La simulation de la mesure de relance centrale correspond à la transformation des oliviers en huile et vente de l'huile d'olive par les ménages oléiculteurs. Comme attendu, cette mesure de relance améliore le revenu monétaire des ménages. Nous constatons que l'évolution à la hausse des revenus est d'autant plus importante que le nombre de pieds d'olivier des ménages. Comme illustré par la Figure 57 ci-dessous ; l'augmentation des revenus monétaires des agriculteurs varie de 2.8% pour le ménage 4 à 10,2% pour le ménage 1.

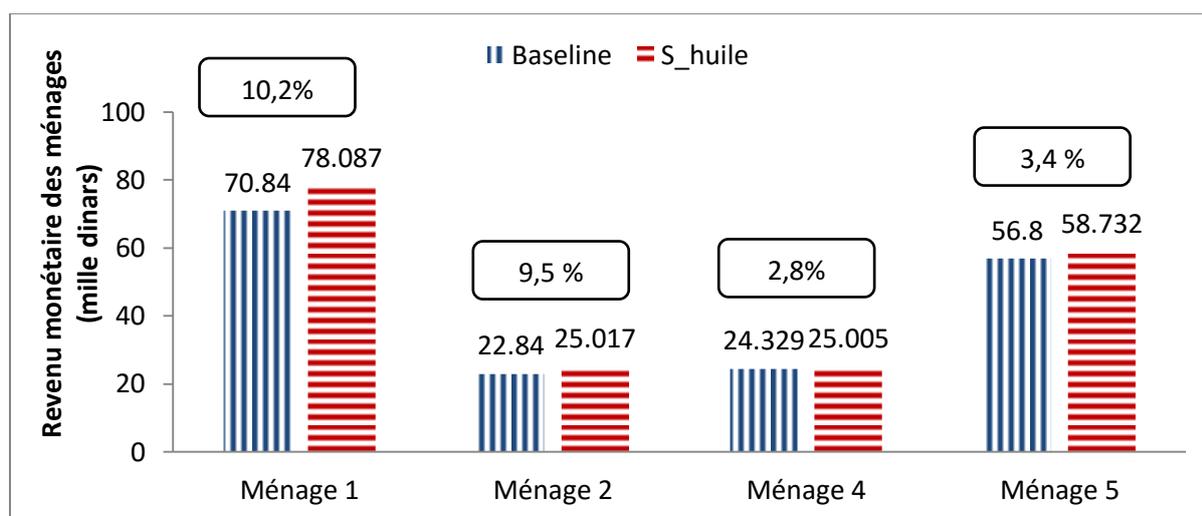


Figure 57 : revenus monétaire modélisés des ménages : 1, 2, 4 et 5 pour le scénario de base et le scénario de vente d'huile d'olive

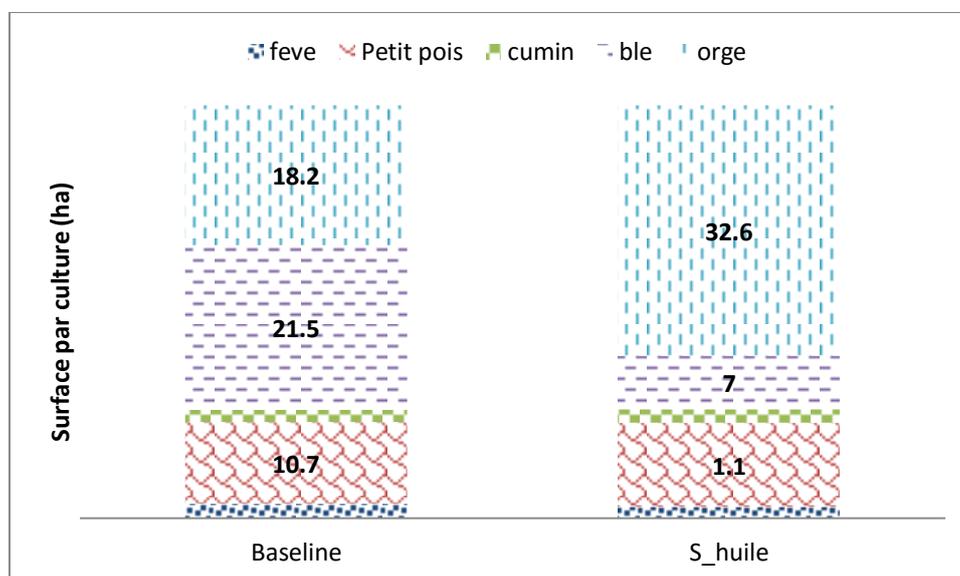
Concernant les décisions de production ; nous constatons tout d'abord que cette mesure implique une demande plus importante de travail. Comme illustré par le Tableau 62 cette demande grandissante concerne essentiellement la main d'œuvre masculine. Seule la main d'œuvre féminine recrutée du premier ménage se trouve réduite de 17,6%.

Tableau 62 : main d'œuvre masculine et féminine achetée pour le scénario de base et le scénario de vente d'huile d'olive

	Main d'œuvre masculine achetée (jours)			Main d'œuvre féminine achetée (jours)		
	Baseline	S_huile	%	Baseline	S_huile	%
Ménage 1	540	600	11,1%	119	98	-17,6%
Ménage 2	62	75	21,0%	0	0	0,0%
Ménage 4	0	0	0,0%	202	202	0,0%
Ménage 5	196	205	4,6%	548	550	0,4%

En effet, nous constatons quelques changements dans le plan de production du premier ménage uniquement. Les décisions de production par groupe de culture restent inchangées pour les 4 ménages. C'est-à-dire que les ménages cultivent les mêmes surfaces en céréales, cultures maraichères et allouent la même surface au parcours privés pour les agriculteurs éleveurs.

Cependant, les changements se sont opérés au niveau de l'arbitrage intra groupes de culture, seul le ménage 1 a changé son plan de production céréalier comme illustré par la Figure 58.



**Figure 58 : plan de production du ménage 1 pour le scénario de base et le scénario de vente d'huile (hors parcours privés)**

Le ménage 1 est le ménage ayant le plus grands nombre de pieds d'olivier et pour qui la vente de l'huile améliore le plus son revenu monétaire. Ce ménage augmente la surface cultivée en orge au dépend de la surface cultivée en blé car il s'agit de la culture la moins exigeante en travail. Le besoin en travail féminin, tel qu'exprimé dans le modèle est de 8 jours, est inférieur pour l'orge par rapport au blé<sup>80</sup>. Il en résulte une régression du travail féminin acheté.

Concernant les décisions de consommation alimentaire des ménages, cette mesure engendre une modification du comportement alimentaire des 4 ménages. Nous constatons tout d'abord la régression de l'importance de l'autoconsommation ; exprimée en termes monétaire et calorique ; dans la consommation des ménages.

**Tableau 63 : L'autoconsommation agricole des 4 ménage exprimée en valeur monétaire et en apport calorique pour le scénario de base et le scénario de vente d'huile d'olive**

Autoconsommation					
Valeur (dinars tunisiens/ ménage)			Apport calorique (Kcal/jour/membre)		
Baseline	S_huile	%	Baseline	S_huile	%

<sup>80</sup> 5 jours de travail masculin et 8 jours de travail féminin pour le blé. 6 jours de travail masculin et 6 jours de travail féminin pour l'orge

Ménage 1	3622	2861	-21.0%	2179	1973	-9.5%
Ménage 2	946	782	-17.3%	1973	1840	-6.7%
Ménage 4	736	279	-62.1%	314	128	-59.2%
Ménage 5	1238	477	-61.5%	395	86	-78.2%

Comme illustré par le Tableau 63 ; la baisse de la valeur de l'autoconsommation agricole des ménages varie de -17.3% pour le ménage 2 à -62.1% pour le ménage 4. L'apport calorique de l'autoconsommation a également connu une baisse qui varie de -6.7% pour le ménage 2 à -78.2% pour le ménage 5.

Cette régression de l'autoconsommation dans la consommation alimentaire des ménages est due exclusivement à la baisse de la consommation d'olives. Les niveaux d'autoconsommation des autres produits restent inchangés, tandis que l'autoconsommation des olives baisse et les ménages n'en rachètent pas sur le marché. Comme illustré par le Tableau 64, la baisse de consommation d'olives varie de -37,8% pour le ménage 2 à -90.1% pour le ménage 5. Nous constatons que les baisses sont moins importantes pour les ménages non irrigants (1 et 2) pour qui l'autoconsommation agricole fournit l'essentiel de la consommation calorique. La lecture des valeurs duales de la contrainte de consommation minimale<sup>81</sup> (données non affichées) nous permet de conclure que le niveau d'autoconsommation des ménages irrigants (4 et 5) correspond au minimum imposé par la contrainte.

**Tableau 64 : niveaux de consommation d'olives des 4 ménages pour le scénario de base et le scénario de vente d'huile**

	Consommation d'olives (kg olives/ménage)		
	Baseline	S_huile	%
Ménage 1	1138.5	594.5	-47.8%
Ménage 2	308.7	192	-37.8%
Ménage 4	380	54	-85.8%
Ménage 5	609	60	-90.1%

Par ailleurs, les dépenses alimentaires des ménages ont très peu varié sauf pour le premier ménage qui a augmenté ses dépenses alimentaire de 23% pour passer de 5446 dinars dépensés pour l'alimentation du ménage dans le scénario de base, à 6694 dinars. Sa consommation calorique n'a augmenté que de 2%. Dans le scénario de base chaque membre du ménage consommait 2949 Kcal/jour, et avec le scénario de vente d'huile chaque membre consomme 3005 Kcal/jour. La hausse des dépenses s'explique par des achats alimentaires différents. En effet, comme illustré par le Tableau 65, le ménage 1 a désormais une consommation plus diversifiée, il consomme 10 aliments avec le scénario S\_Huile alors qu'il en consommait 5 avec le scénario de base.

**Tableau 65 : Les aliments achetés par le ménage 1 pour le scénario de base et le scénario S\_huile**

Aliments achetés	Ménage 1	
	Baseline	S_huile
Œufs	756	756

<sup>81</sup> La contrainte de consommation minimale est saturée

Lait	5175	5163
blette	60	81
épinard	90	0
persil	198	0
pois chiche	0	115
Poulet	0	110
amande	0	45
pistache	0	18
cardon	0	9
concombre	0	9
fenouil feuille	0	45

Le Tableau 66 ci-dessous illustre la couverture des besoins nutritionnels du ménage 1 pour la situation initiale (Baseline) et le scénario de vente d'huile d'olive (S\_huile). On constate que l'augmentation des dépenses alimentaires du ménage 1 s'accompagne par une hausse de consommation de protéines et glucides et de fibres et une régression de la consommation de lipides.

**Tableau 66 : couverture des besoins nutritionnels du ménage 1 pour le scénario de base et le scénario S\_Huile**

Nutriments	Baseline	S_Huile
Kcal	106%	108%
Protéines	316%	337%
Glucides	138%	144%
Lipides	93%	80%
Fibres	228%	248%
Potassium	113%	116%
Magnésium	221%	215%
Sodium	185%	112%
Calcium	191%	88%
Fer	209%	208%
Vitamine A	251%	269%
Vitamine C	508%	521%
Vitamine B1	219%	231%
Vitamine B2	155%	134%
Vitamine B3	267%	282%
Vitamine E	80%	80%

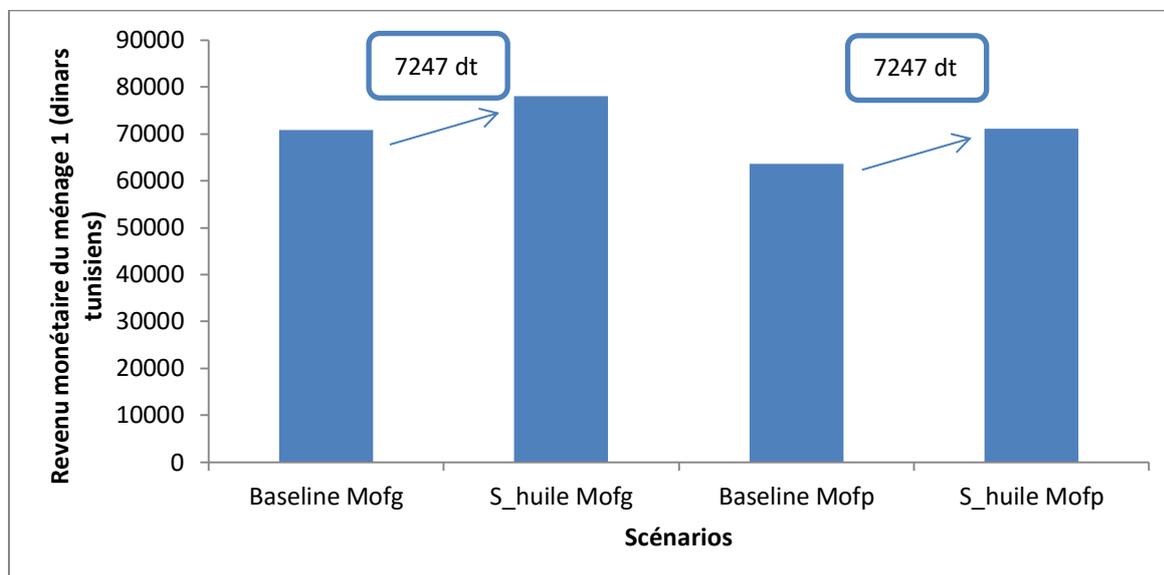
Ainsi ce scénario implique une variation des décisions de consommation alimentaires des ménages. Notamment par la régression de la consommation d'huile d'olive pour l'ensemble des ménages et une augmentation des dépenses alimentaires pour le ménage 1.

Cependant, ce scénario implique également une variation de la main d'œuvre comme illustré par le Tableau 67. La transformation des olives nécessitant plus de main d'œuvre masculine, les ménages augmentent la force de travail masculine qui travaille sur l'exploitation. Pour la force de travail féminine sur l'exploitation les ménages ont augmenté sensiblement la main d'œuvre féminine qui travaille sur l'exploitation sauf pour le ménage 1. Ainsi, l'arbitrage d'allocation du travail entre les différentes activités a conduit ce ménage à modifier son plan de production comme décrit plus en amont par la Figure 58.

**Tableau 67 : main d'œuvre totale (familiale et achetée) pour le scénario de base et le scénario S\_Huile**

	Main d'œuvre masculine totale (jours)		Main d'œuvre féminine totale (jours)	
	Baseline	S_Huile	Baseline	S_Huile
Ménage 1	1641	1701	1056	1035
Ménage 2	426	439	350	353
Ménage 4	125	126	286	286
Ménage 5	451	460	754	755

Par ailleurs, nous pensons que les résultats de cette mesure de relance reposent essentiellement sur la force de travail familiale de ces ménages. Pour illustration nous avons comparé les résultats de la mesure de relance sur les revenus du ménage 1 dans le cas où le ménage dispose de main d'œuvre familiale gratuite (**MOfg**) et dans le cas où le ménage doit payer le travail familial aux prix du marché de l'emploi agricole (**MOfp**).



**Figure 59 : revenu monétaire du ménage 1 pour la simulation de S\_Huile avec une main d'œuvre familiale gratuite et payée**

Dans un premier temps nous constatons que le gain monétaire du ménage est égal avec une main d'œuvre familiale gratuite et payée. Il est égal 7247 dinars comme illustré par la Figure 59. Cependant, l'objectif de cette mesure de relance est de creuser l'écart de revenu entre celui des ménages producteurs et le revenu national moyen. La Figure 60 ci-dessous illustre le revenu par

membre du ménage 1 pour la situation de base et le scénario S\_Huile, dans le cas où le ménage dispose de main d'œuvre familiale gratuite (**MOfg**) et dans le cas où le ménage doit payer le travail familial aux prix du marché de l'emploi agricole (**MOfp**). On constate que pour ce ménage, avec une force de travail familiale gratuite, la mesure de relance permet de creuser l'écart entre le revenu actuel du ménage et le revenu national moyen.

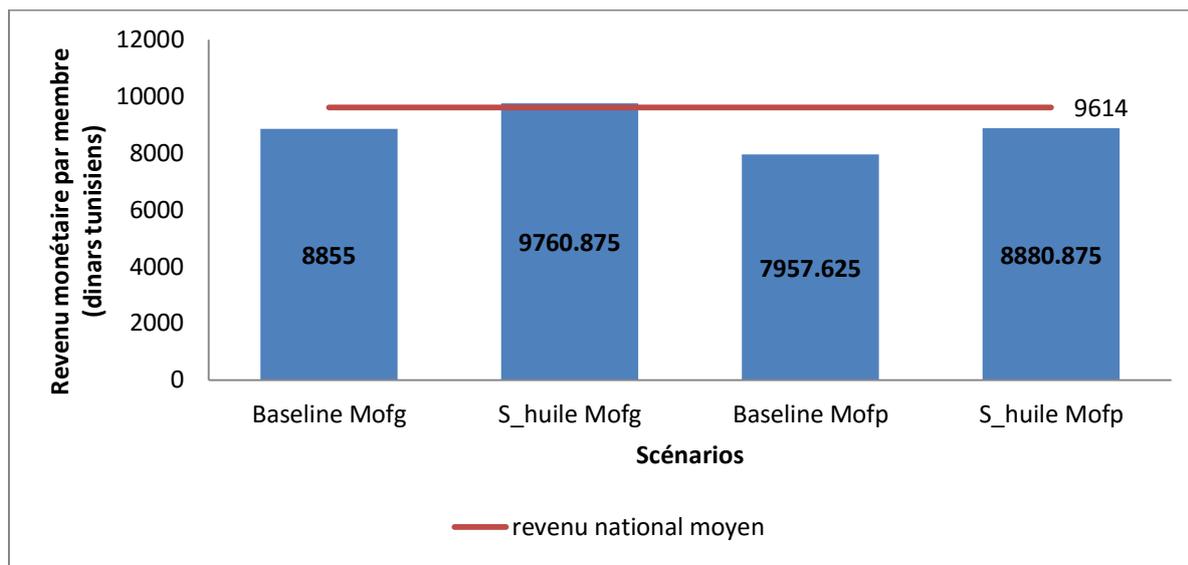


Figure 60 : revenu monétaire par membre du ménage 1 pour la simulation de S\_Huile avec une main d'œuvre familiale gratuite et payée

### 5.2.3. Scénarios combinés

Scénario S\_Parcours + Huile : Vente d'huile d'olive et baisse de 30% du rendement des parcours

La simulation du premier scénario combiné, correspond à simuler la réaction des deux ménages agricoles non irrigants à une réduction de 30% du rendement de leurs parcours privés combinée à la vente d'huile d'olive.

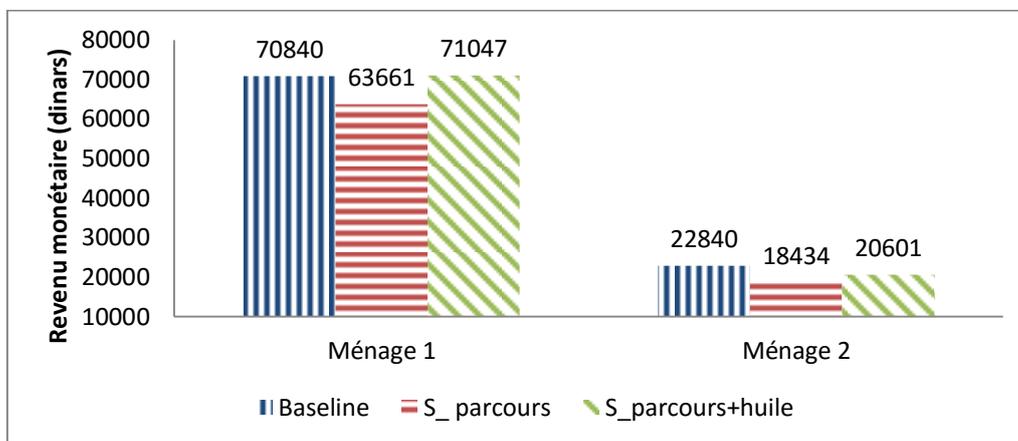
Le Tableau 68 ci-dessous illustre l'évolution du revenu des ménages par rapport à la situation de base. La baisse du rendement des parcours provoque une évolution à la baisse des revenus des ménages 1 et 2 de -10% et -19%. Cependant, combinée à la mesure de relance, la baisse de la production fourragère améliore le revenu de ménage 1 de +0.29% et la perte de revenu passe de -19% à -9.8% pour le ménage 2.

Tableau 68 : Evolution du revenu monétaire des ménages 1 et 2 pour les scénarios S\_Parcours et S\_Parcours+Huile

	Ménage 1	Ménage 2
Baseline	0%	0%
S_Parcours	-10%	-19%

S_Parcours+huile	+0.29%	-9.8%
------------------	--------	-------

La simulation de ce scénario combiné montre que la mesure de relance permet d'atténuer les effets de la dégradation de la production des parcours privés (Figure 61)



**Figure 61 : revenus monétaires des ménages 1 et 2 pour la situation de base, le scénario S\_Parcours et le scénario combiné S\_Parcours+Huile (dinars/an/ménage)**

La simulation de ce scénario combiné implique également les changements du plan de production tel qu'exposé pour la simulation S\_Parcours, soit une baisse de la surface de céréales pour le premier ménage et l'augmentation du coût d'achat d'aliments pour le cheptel pour le second ménage.

Elle implique également la modification du comportement alimentaire des ménages avec la même baisse de la quantité d'huile d'olive autoconsommée pour les deux ménages et l'augmentation des dépenses alimentaires du ménage 1.

**Scénario S\_Eau + Huile : Vente d'huile d'olive et baisse de 22% de la disponibilité d'eau d'irrigation**

La simulation du premier scénario combiné, correspond à simuler la réaction des deux ménages agricoles irrigants à une réduction de 22% de l'eau d'irrigation disponible sur l'exploitation combinée à la vente d'huile d'olive.

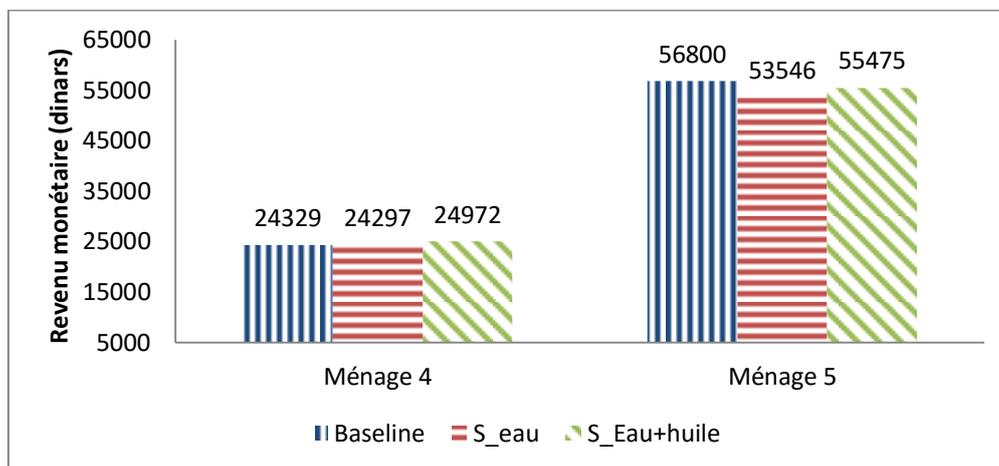
Le Tableau 69 ci-dessous illustre l'évolution du revenu des ménages par rapport à la situation de base. La baisse de la disponibilité de l'eau d'irrigation provoque une évolution à la baisse des revenus des ménages 4 et 5 de -0.1% et -5.7%. Cependant, combinée à la mesure de relance, la baisse de la disponibilité de la ressource hydro agricole améliore le revenu de ménage 4 de +2.64% et la perte de revenu passe de -5.7% à -2.33% pour le ménage 5.

**Tableau 69 : Evolution du revenu monétaire des ménages 4 et 5 pour les scénarios S\_Parcours et S\_Eau+Huile**

	Ménage 4	Ménage 5
Baseline	0%	0%
S_eau	-0.1%	-5.7%

S_eau+huile	+2.64	-2.33
-------------	-------	-------

La simulation de ce scénario combiné montre que la mesure de relance permet d'atténuer les effets de la baisse de la quantité d'eau d'irrigation disponible pour les ménages irrigants (Figure 62)



**Figure 62 : revenus monétaires des ménages 4 et 5 pour la situation de base, le scénario S\_Eau et le scénario combiné S\_Eau+Huile (dinars/an/ménage)**

La simulation de ce scénario combiné implique également les changements du plan de production tel qu'exposé pour la simulation S\_Eau, soit une substitution partielle de l'orge irrigué par de l'orge pluvial pour le ménage 4 et l'abandon de la culture de melon et la régression des surfaces irriguées pour le ménage 5.

Elle implique également la modification du comportement alimentaire des ménages avec la même baisse de la quantité d'huile d'olive autoconsommée pour les deux ménages.

## 6. Conclusion

L'objectif de ce chapitre était de formuler les scénarios à les simuler à l'aide d'un modèle bioéconomique de ménages et d'exposer les résultats des simulations.

Cinq scénarios ont été formulés combinant forces extérieures inhérentes à la dégradation des facteurs de production comme conséquence du changement climatique, et une mesure de relance qui consiste en une meilleure valorisation de la production oléicole à l'échelle locale avec la vente de l'huile d'olive par les producteurs.

Les simulations ont été réalisées sur 4 ménages producteurs réels. Deux ménages pratiquant une agriculture pluviale et pour qui l'élevage de petits ruminants représente l'activité principale. Les deux autres ménages pratiquent une agriculture familiale irriguée et dont l'activité principale est le maraichage irrigué.

La simulation de la mesure de relance centrale (S-huile) présente des résultats mitigés. La vente de l'huile d'olive permet en effet d'améliorer les revenus des ménages agricoles. Les augmentations de revenus ne dépassent cependant pas les 10% et sont plus importantes pour les ménages les moins

productifs : ayant des exploitations pluviales. Ils ne permettent également pas aux ménages de combler l'écart entre leurs revenus et le revenu national moyen. Cette mesure de relance n'engendre pas de modifications de décisions de productions des ménages. Seul le ménage qui a le plus grand nombre de pieds d'oliviers a vu son plan de production modifié. En effet, le ménage 1 préserve la même surface de céréales sur son exploitation mais décide de cultiver désormais plus d'orge que de blé. Cette modification est due à la concurrence autour facteur travail masculin entre les activités céréalières et de transformation des olives. Le ménage modélisé a ainsi opté pour la culture céréalière la moins consommatrice en force de travail : l'orge.

En ce qui concerne les décisions de consommation, d'une part la vente de l'huile d'olive implique une baisse de l'autoconsommation agricole des ménages à travers la régression de la consommation d'huile d'olive. Comme observés dans d'autres études (Chenoune *et al.*, 2017; Geday, 2016 ) nous en concluons que les ménages favorisent leurs gains monétaires à leur consommation alimentaire. D'autre part, l'augmentation des revenus n'a pas abouti à une augmentation des dépenses alimentaires des ménages, sauf pour le ménage le mieux doté en oliviers et dont le revenu a le plus augmenté (+10%). Nous en concluons qu'une mesure de ce genre appliquée à un bien alimentaire essentiel pour les ménages producteurs affectera en premier lieu l'autoconsommation à travers un arbitrage de rentabilité, mais que l'impact d'une hausse des revenus sur l'alimentation est moins direct et moins évident.

La simulation des forces extérieures (S\_Parcours et S\_Eau) montre que la dégradation des facteurs de production affecte les revenus monétaires des ménages et leurs décisions de production. En effet, les résultats des simulations montrent une baisse des revenus jusqu'à -19%. Ils présentent également des modifications au niveau des stratégies de production des ménages. Ces modifications affectent prioritairement les surfaces céréalières des ménages et plus particulièrement la quantité de céréales vendues. Les régressions de surfaces céréalières obtenues n'ont en effet pas affecté les niveaux d'autoconsommation des ménages. Nous en concluons que face aux effets du changement climatique sur la disponibilité de la ressource hydro agricole et sur la production fourragère, les ménages agricoles préservent leur consommation alimentaire malgré la dégradation de leurs revenus. Par ailleurs, ces forces extérieures, pourraient impacter considérablement la production céréalière de Sidi Bouzid et éventuellement à l'échelle nationale. Sachant que le blé constitue encore un aliment de base dans l'alimentation des ménages Tunisiens (près de 50% des calories consommées proviennent des céréales) et que le pays est net importateur de blé ; une baisse de production de cette denrée risque d'impacter fortement la facture alimentaire Tunisienne.

Par ailleurs, la simulation des scénarios combinés (S\_Parcours+huile et S\_Eau+huile) mesure de relance + forces extérieures permet d'atténuer les effets du changement climatique sur le revenu des ménages agricoles.

## **Discussion générale**

Dans ce dernier chapitre, nous proposons une discussion générale des résultats obtenus à partir des enquêtes et des simulations réalisées par le biais du modèle bio économique. Ce chapitre sera structuré en deux parties. Dans un premier temps nous reviendrons sur la démarche méthodologique suivie dans ce travail en discutant l'approche typologique, la conception du modèle bio économique de ménage et la formulation des scénarios. Puis dans un second temps, nous reviendrons sur les résultats obtenus pour la caractérisation de la diversité agricole de la zone aride de Sidi Bouzid et des résultats des simulations obtenues par le biais du modèle.

## Retour sur la démarche méthodologique

### La typologie

Emmanuel et al. (2003) définissent l'exercice typologique comme étant « une caractérisation des particularismes observés au niveau d'un sujet d'intérêt dont l'aspect étudié présente une variabilité. Elle permet de définir des groupes cibles pour des interventions plus efficaces ». Cette approche de caractérisation s'avère être pertinente car elle fournit une représentation simplifiée de la réalité permettant de développer des échantillons représentatif de la diversité d'une région. Par ailleurs, les typologies tenant compte de la diversité sont mises en place à des fins politiques à l'échelle locale (Capillon, 1993) et permettent d'appréhender la dynamique agricole régionale (Doré *et al.*, 2006). Cependant, il existe plusieurs méthodes de construction de typologies (Gafsi *et al.*, 2007) :

- La typologie structurelle utilisée pour représenter des exploitations agricoles à un moment donné et se base sur des critères de « structure ».
- La typologie fonctionnelle utilisée pour représenter les objectifs du système agricole à analyser et se base sur l'analyse du processus de prise de décision fondé sur le fonctionnement de l'exploitation agricole.
- La typologie à dires d'experts locaux qui reflète leur vision de la diversité des exploitations et leurs évolutions possibles. Ainsi les « experts » locaux peuvent choisir des exploitations types qu'il faut enquêter, construire des archétypes d'exploitations qu'ils jugent représentatifs de la diversité ou simplifier des exploitations moyennes représentatives.

Les deux premières approches nécessitent en général une phase de collecte de données et d'analyse statistique pour un panel représentatif de la diversité agricole ou d'exploitation de données de recensement agricole. Elles peuvent s'avérer onéreuses et chronophages. Elles présentent néanmoins plusieurs atouts. Elles permettent de réellement quantifier plusieurs indicateurs clés pour l'analyse tel que les marges brutes, les quantités d'intrants et de représenter les activités agricoles les moins courantes dans la région étudiées.

La dernière méthode de construction de typologie s'est avéré être la méthode la plus appropriée à notre contexte car d'une part adaptée aux analyses régionales pour évaluer les changements de stratégie des systèmes agricoles et d'autre part permettant de caractériser la diversité des ménages agricoles dans le temps imparti d'une thèse. Cette approche facilite l'utilisation et l'assimilation de la typologie par ces mêmes experts, de plus procédure se déroule de façon transparente et explicite et aboutit à des types indépendants ce qui facilite l'actualisation des types (Perrot, 1990). Cependant la limite majeure de cette approche est que les experts connaissent très bien la région ce qui induit à un risque d'objectivité assez élevé.

Pour notre travail, nous avons construit une démarche de typologie fonctionnelle à dire d'experts. Cette typologie consiste à alterner approches empiriques et qualitatives ce qui nous a permis de contourner les limites des deux approches. En effet, le recours aux dires d'experts pour le choix des exploitants à enquêter, le choix des critères de classification, puis le choix de ménages représentatifs dans chaque type ; a permis de réduire le nombre d'enquêtes à réaliser dans une zone qui compte près de 40 000 agriculteurs ou aucun recensement agricole n'a été réalisé. Puis, la collecte de données directe auprès d'exploitants et chefs de ménages agricoles a permis d'affiner l'analyse en quantifiant les différents paramètres clés des ménages producteurs et de réduire le biais d'objectivité des experts. Pour cela nous avons adopté une démarche de collecte de données en 3 temps. Une phase de collecte primaire pour la collecte de données régionales ayant servi au zonage agricole de la région de Sidi Bouzid, une phase de collecte de données secondaire à travers des entretiens avec les experts locaux répartis sur l'ensemble du territoire, puis des entretiens semi directifs avec 37 agriculteurs. Ensuite une phase de collecte de données tertiaire avec des enquêtes détaillées auprès de 9 ménages agricoles.

### La conception du modèle bio économique

La construction de ce modèle de ménage en deux temps, d'abord conceptuellement puis numériquement nous a permis de détecter un certain nombre de points , au-delà de sa capacité à évaluer les systèmes de production et de consommation.

Il existe très peu de modèles permettant de reproduire conjointement le comportement alimentaire et de production d'un ménage agricole (Chenoune *et al.*, 2017; Komarek *et al.*, 2017; Louhichi, Gomez Y Paloma, 2014). La particularité de ce modèle réside d'une part dans la non séparabilité entre usage des ressources, production agricole et consommation alimentaire totale (Autoconsommation comprise). D'autre part, la décision de consommation est dirigée par 3 éléments :

- Une contrainte classique qui borne les quantités consommées par le ménage.
- Les besoins nutritionnels réels de chaque membre du ménage exprimés en termes de micro et macro nutriments. Ceci permet de simuler l'accès d'un ménage à une alimentation et une nutrition qui remplit leur besoins.
- Les préférences alimentaires du ménage à travers une fonction de consommation qui simule les préférences de dépenses des ménages.

### Positionnement par rapport à la problématique de sécurité alimentaire :

Les participants au Sommet mondial de l'alimentation de 1996 ont adopté la définition suivante de la sécurité alimentaire:

*« La sécurité alimentaire existe lorsque tous les êtres humains ont, à tout moment, un accès physique et économique à une nourriture suffisante, saine et nutritive leur permettant de satisfaire leurs besoins énergétiques et leurs préférences alimentaires pour mener une vie saine et active ».*

Cette définition est encore largement utilisée et citée aujourd'hui; la seule modification que l'on y apporte est l'ajout de l'adjectif **social** à l'expression accès physique, **social** et économique. Ainsi, quatre dimensions de la sécurité alimentaire sont prises en compte : disponibilité, accès, stabilité et utilisation (Comité Mondial De La Sécurité Alimentaire (Csa), 2012).

Le modèle de ménage développé dans cette étude ne considère qu'une seule dimension de la sécurité alimentaire : l'accès à l'alimentation. Cette dimension est définie comme étant indicatrice de l'accès physique et économique du ménage à une alimentation saine pour une vie active. Pour simuler l'impact de la mesure de relance sur le comportement alimentaire des ménages, nous avons considérés les dépenses alimentaires du ménage et sa consommation calorique totale. Ces indicateurs ont été largement utilisés pour estimer l'accès à l'alimentation à l'échelle des ménages et ont également été utilisés pour les analyses d'impact dans plusieurs (Ahmed *et al.*, 2003; Chenoune R., 2014; Gómez, Ricketts, 2013). Nous avons également considéré les quantités et valeur nutritionnelles et monétaires des produits autoconsommés comme variables de sortie pour une meilleure compréhension des changements de comportement alimentaire des ménages.

#### ***L'autoconsommation des ménages producteurs dans le modèle :***

La séparation dans le modèle de la destination ou finalité des quantités produites par le ménage entre quantités données, autoconsommées et vendues, apporte une représentation transparente de l'arbitrage que réalisent les agriculteurs familiaux entre vente et autoconsommation. Les quantités autoconsommées par le ménage couvrent en partie les besoins nutritionnels et alimentaires du ménage. Les quantités vendues, mettent à disposition du ménage un revenu dont une partie est dépensée pour l'achat d'aliments sur le marché.

Un prix d'achat est attribué de manière exogène pour l'achat d'aliments sur le marché et un prix fictif a été accordé à l'autoconsommation du ménage. Ce prix est égal à la différence entre le manque à gagner du ménage en décidant d'auto-consommer le produit et le cout d'opportunité de l'achat du même aliment. Il est donc égal au prix de vente moins le différentiel entre le prix d'achat sur le marché et de vente. La principale limite de cette approche est la non endogénéisation des prix d'achat et d'autoconsommation. Pour une modélisation réaliste de la décision de participation au marché des ménages, l'approche de (Louhichi, Gomez Y Paloma, 2014) est plus appropriée. Elle se base sur la mise en place de frontières de prix qui permet d'analyser les effet des couts de transaction sur les décisions de production et de consommation de ménages agricoles dans un contexte de défaillances de marché.

#### ***La fonction de demande alimentaire :***

Un système linéaire de dépense (LES) a été introduit dans le modèle pour décrire le comportement alimentaire du ménage. Dans ce système la demande alimentaire est exprimée sous forme de dépense et supposée être linéaire en prix et revenus. Ce système de demande a été mis en place pour des simulations pour la consommation alimentaire dans plusieurs modèles (Flichman G. *et al.*, 2016b; Lofgren *et al.*, 2002; Louhichi, Gomez Y Paloma, 2014; Pauw, Thurlow, 2011)

Un inconvénient important de ce système est qu'il implique des fonctions d'Engel linéaires, une spécification qui implique que seules des prévisions avec de faibles variations de revenu peuvent être faites (Sadoulet, De Janvry, 1995). Ce qui a été le cas pour la mesure de relance centrale (S\_huile) qui a engendré une augmentation de moins de 10% dans les revenus des ménages.

#### ***Le besoin en données du modèle :***

Nous avons recouru à plusieurs sources d'informations/ données pour alimenter le besoin important du modèle. Nous avons réalisé des entretiens avec experts et acteurs locaux pour définir les fonctions de production des exploitations, exploité les enquêtes ménages pour le calibrage, collecté

des données à partir de la bibliographie pour le paramétrage de la fonction de demande et exploité des bases de données nationales et internationales pour la composition nutritionnelle des aliments, les besoins nutritionnels et la consommation de référence des ménages. Cependant la limite majeure des données utilisées dans le modèle concerne les données alimentaires.

- Les élasticités revenu utilisées datent de 2003 (Dhehibi, Gil, 2003) et sont définies par groupe de produits et non pas par produit. Ainsi, nous avons défini la même élasticité pour tous les produits appartenant au même groupe.
- Les données de consommation de référence sont récentes mais sont définies pour l'ensemble de la population du centre ouest Tunisien<sup>82</sup>. Ainsi, nous avons identifié à dire d'experts les valeurs de consommation moyennes de blé, orge, huile d'olive, fève et petit pois, qui représentent les aliments de base dans la diète du ménage agricole.

Dans notre collecte de donnée directe avec les ménages agricoles, la composante alimentaire a été très peu développée. A l'avenir, des données de consommation totale plus détaillées devraient être collectées auprès des ménages producteurs en ayant au préalable fixé les besoins précis en données pour l'analyse et la modélisation des ménages agricoles. Ces données ont été collectées dans le cadre du projet « Medina » par le biais de 4 passages d'un questionnaire de fréquence pour 250 ménages agricoles, mais n'ont pas pu être exploités à cause du long délai de traitement. Avec ces données, le modèle pourra être mieux calibré sur la partie consommation et cela ouvrira le champ à d'autres questions plus détaillées sur les mesures alimentaires et par conséquent la simulation de plusieurs autres scénarios.

### Mesure de relance :

En Tunisie, le développement agricole a toujours été impulsé et encadré par l'état. Après une phase de protectionnisme durant les années 70 marquant l'ébauche du développement du secteur industriel et après l'importante croissance démographique et socioéconomique qu'a connu le pays, le cadre politique agricole a, à partir des années 80 à nos jours, visé la modernisation et la libéralisation du secteur agricole au travers de plusieurs plans quinquennaux de développement<sup>83</sup>. Ces plans ont visé une croissance économique et la stabilité sociale à travers la production durable, l'accès aux marchés étrangers et l'amélioration des conditions de vie des petits exploitants. Cependant, la modernisation de ce secteur limitée par le potentiel naturel s'est faite par le biais de la mobilisation des ressources naturelles, notamment la ressource hydro<sup>84</sup> agricole par extension des superficies irriguées et la généralisation des équipements économes en eau. L'ensemble de ces

<sup>82</sup> Le centre ouest regroupe 3 gouvernorats ruraux : Sidi Bouzid, Kairouan et Kasserine. Les données concernent l'ensemble des catégories socio professionnelles

<sup>83</sup> Le 7<sup>ème</sup> plan (1987-1991) a mis l'accent sur les réformes du plan d'ajustement structurel et le renforcement de la productivité agricole, le 8<sup>ème</sup> (1992-1996) sur l'accès aux marchés internationaux, le 9<sup>ème</sup> plan (1997-2001) sur le désengagement progressif de l'état à travers la réduction des subventions et la libéralisation des prix à la production, le 10<sup>ème</sup> plan (2002-2006) sur l'encouragement à l'investissement privé dans le secteur agricole et le 11<sup>ème</sup> plan (2006-2011) sur la durabilité économique, sociale et environnementale du secteur agricole.

<sup>84</sup> La politique hydro agricole a connu 3 phases . (1) de 1956-1987 : gestion centralisée de la ressource et mise en place de périmètres publics irrigués gérés par l'état. (2) 1987~2000 : décentralisation progressive de gestion de l'eau par la mise en place de groupements de développement agricole (GDA) et augmentation du prix de l'eau pour l'incitation à l'économie de l'eau (3) à partir des années 2000 : libéralisation de la ressource hydrique en favorisant la création de périmètres privés et l'accès aux ressources hydriques des nappes profondes en subventionnant les investissements pour des aménagements hydrique et le matériel d'irrigation (bachta et Elloumi, 2005)

mesures portées par les pouvoirs publics ont permis d'atteindre l'autosuffisance dans plusieurs produits tel que l'huile d'olive, produits de la mer, tomate, lait, viandes pour lesquels certains prix restent administrés (lait et céréales) et certains produits font objet de monopoles étatiques (Céréales et huile d'olive). Mais ce modèle de développement a atteint ses limites. A Sidi Bouzid, le développement du secteur agricole n'a pas entraîné un développement d'autres secteurs (Abaab, 1999) et la zone doit faire face à une sérieuse crise de surexploitation de la ressource en eau et des terres de parcours.

Cependant, dans un contexte postrévolutionnaire, société civile et décideurs politiques mettent l'accent sur le besoin d'un nouveau modèle de développement agricole durable qui repose sur le rééquilibrage régional et inclusif de l'exploitation familiale tunisienne afin de proposer des actions ciblées et efficaces.

La mesure de relance identifiée dans ce travail est dans le sens d'une meilleure valorisation de la production d'olives à l'échelle locale et par les ménages oléiculteurs. Il s'agit d'une mesure non basée sur l'exploitation des ressources naturelles qui :

- Permet d'améliorer les revenus de la plupart des agriculteurs de la zone d'étude sachant que l'oléiculture représente l'activité principale de près de la moitié des exploitants. La productivité de la force de travail familiale peut se voir améliorée et limiter par conséquent le phénomène d'exode rural.

- Appuie la résistance aux effets pervers de la libéralisation des marchés en soutenant la compétitivité nationale et éventuellement internationale des petits exploitants.

- Peut contribuer à un développement durable des filières locales en mettant en avant et valoriser le savoir-faire local pour la culture de l'olivier et la consommation d'huile d'olive dans le gouvernorat de Sidi Bouzid dont la production est hautement valorisée dans les gouvernorats voisins. Permet une meilleure maîtrise de la qualité du produit pilier de l'économie agricole Tunisienne : l'huile d'olive, sachant que la Tunisie, 4<sup>ème</sup> exportateur mondial, exporte 70% de sa production dont 60% en qualité « lampante<sup>85</sup> ». Ceci est dû à des méthodes de stockage et transports inadéquates, un long cycle de récolte et stockage et à des équipements d'extraction périmés (Banque Mondiale, 2006)

Cependant, au-delà de la zone d'étude, le modèle de simulation développé dans ce travail peut être utilisé pour simuler bien d'autres scénarios agricoles et alimentaires. Adapté à d'autres contextes où la production et l'alimentation sont interconnectées, il permet de simuler les scénarios de meilleure valorisation marchande d'autres produits autre que l'huile d'olive. Pour les cultures non alimentaires des exploitations vivrières en zones arides, le modèle permet de simuler l'arbitrage des ménages producteurs pour l'allocation des terres entre cultures alimentaires et cultures de rente.

Il permet également de simuler les changements et les performances des systèmes d'élevage ovin (Toro-Mujica *et al.*, 2015), la transition des exploitations intensives vers une agriculture de conservation (Tessema *et al.*, 2015), l'intervention politique pour l'augmentation des surfaces irriguées dans les zones arides où la ressource hydrique n'est pas fortement surexploitée (Wossen *et*

---

<sup>85</sup> La qualité la plus basse, puis vierge puis vierge extra

*al.*, 2014) ou pour l'introduction de nouvelles technologies de production (Ash *et al.*, 2015; Barbier, 1998).

En considérant les plantes sauvages en tant que production de l'exploitation, le modèle pourra simuler les décisions de consommation d'aliments sauvages issus de l'exploitation (Sirén, Parvinen, 2015) ainsi que l'arbitrage que fera le ménage entre l'intensification de la production et la conservation de la biodiversité. En intégrant le risque climatique et marchand sur l'accès des ménages aux produits achetés sur le marché, le modèle permet de prévoir les décisions de production et d'autoconsommation des exploitations vivrières face à une libéralisation du marché.

## Retour sur les résultats

### Caractérisation de la diversité agricole et identification des scénarios

Fruits de l'évolution des politiques agricoles, de l'amélioration du niveau de vie et du contexte socio-économique, et de pressions climatiques de plus en plus oppressantes, le tissu de producteurs de Sidi Bouzid a profondément muté durant ces 20 dernières années. Ce constat a été tiré par plusieurs économistes et sociologues des milieux ruraux. Jouili M. (2008) parle de marginalisation, voire de la destruction, de la petite agriculture familiale face aux défis de la mondialisation et de la modernisation du secteur agricole<sup>86</sup>. Elloumi M. (2006) évoque la naissance d'un dualisme agraire avec d'une part une agriculture familiale qui pratique une agriculture diversifiée tirée par une logique d'attachement à la terre et à la famille et d'autre part une agriculture d'entreprise productive tirée par le gain monétaire. Gana (2008) place les stratégies d'adaptation des agriculteurs et des ménages ruraux au centre de l'analyse d'un processus de restructuration agricole.

Ces auteurs et bien d'autres ont mis le point sur plusieurs points qui différencient le nouveau tissu de producteurs qui opèrent dans un secteur socialement et économiquement très hétérogène (Richard, 2006)

D'abord la logique de l'organisation de la production, dans un contexte de zones sèches où certains décideurs soutiennent le développement d'une agriculture d'entreprise, d'autres font le choix de défendre l'agriculture familiale comme axe privilégié de développement, car elle fournit emplois et revenus pour le plus grand nombre (Bosc, Losch, 2002).

Ensuite l'accès aux ressources, notamment aux ressources financières et naturelles qui conditionnent les niveaux d'intensification de la production et la productivité de la force de travail et de la terre. Notons que les petites exploitations sont entravées par un accès de plus en plus restreint aux ressources suite à de nouvelles formes de régulations qui ont abouti à un conditionnement de l'accès au foncier, au financement et aux services de soutien (Jouili, 2009).

Puis le comportement alimentaire de la société rurale qui se base de plus en plus sur l'achat d'aliments sur le marché et donc conditionné, entre autre, par leur revenu monétaire.

---

<sup>86</sup> Il présente quelques indicateurs d'altération des conditions productives des exploitations familiales tunisiennes tel que l'évolution des prix qui leur est défavorable, l'accès limité aux ressources (terre, crédit, service agricole) et la détérioration du revenu réel. Ensuite, les mécanismes de résistance de l'agriculture familiale notamment la pluriactivité, l'irrigation et le cheptel

Dans ce travail nous n'analysons pas les dynamiques de mutations des exploitations et ménages agricoles de la zone aride étudiée, mais nous défendons l'idée que l'ensemble des mutations opérées en milieu rural Tunisien et les mesures d'adaptations des producteurs, ont abouti à une diversité de structures de production. Cette diversité doit être prise en considération en vue d'un meilleur ciblage des leviers potentiels de chaque groupe de producteurs et pour des politiques de relance plus efficaces et ciblées. Dans notre travail nous avons réalisé une typologie des ménages agricoles sur la base de 3 critères : intensification, usages des ressources et autoconsommation. A partir d'un échantillon de 37 agriculteurs sélectionnés à dire d'experts, nous avons identifié trois grands types de ménages agricoles.

Des ménages producteurs consommateurs. Ces ménages pratiquent une agriculture familiale pluviale extensive dont la production est destinée prioritairement à la consommation familiale. Il s'agit des ménages qui pratiquent souvent un élevage extensif pastoral ou agro pastoral de petits ruminants sur parcours privés ou collectifs. En plus de l'arboriculture pluviale extensive avec l'olivier comme culture phare et des fruits à coque (amandier et pistachier). Cependant ces ménages pratiquent également du maraichage et de la céréaliculture épisodique. Pour la conduite de leurs exploitations, ces ménages utilisent très peu d'intrants chimiques, n'aggravent pas la dynamique de la surexploitation de la nappe, mais contribuent à la surexploitation des terres de parcours.

Des ménages producteurs consommateurs marchands. Ces ménages pratiquent une agriculture familiale partiellement irriguée dont un faible pourcentage de la production est destiné à la consommation familiale. Il s'agit de ménages qui pratiquent essentiellement du maraichage d'été conduit souvent en intercalaire entre les surfaces arborées de l'exploitation. Certains de ces ménages pratiquent un élevage. Ils possèdent de plus petits cheptels de petits ruminants nourris sur parcours privés et résidus de cultures irriguées. Certains possèdent également un cheptel moyen de quelques têtes bovines conduits en hors sol. Pour la conduite de leurs exploitations, ces ménages utilisent régulièrement des intrants chimiques et possèdent des puits de surface qui se sont officiellement transformés en forages profonds.

Des ménages producteurs marchands. Ces ménages pratiquent une agriculture d'entreprise dont la production est exclusivement destinée aux marchés nationaux et internationaux. Contrairement aux autres ménages, le choix des cultures de l'exploitation n'est déterminé que par la rentabilité et aucunement par les préférences alimentaires du ménage. Ces ménages se spécialisent dans l'arboriculture fruitière intensive, cependant certains producteurs associent quelques cultures maraichères au patrimoine arboricole. Leur cultures se sont développés autour de forages profonds de plus de 50 mètres et il s'agit des ménages les plus dotés en capital financier et productif et les plus insérés aux marchés.

Ces types de ménages coexistent au sein du gouvernorat. Grâce à plusieurs entretiens avec les acteurs locaux, nous avons conclu que le premier type de ménage est le type qui représente la majorité des producteurs de la zone d'étude. L'agriculture familiale pluviale représente près de 60% des producteurs et couvre près 80% de la surface agricole de Sidi Bouzid. Le second type qui correspond aux agricultures familiales irriguées représente près de 30% des producteurs et couvre près 15% de la surface agricole de Sidi Bouzid. Ensuite, le troisième type couvre près 5% de la surface

agricole de Sidi Bouzid et représente près de 10% des producteurs ; ces producteurs sont souvent des investisseurs originaires de gouvernorats voisins.

Ces types sont répartis inégalement sur le territoire de Sidi Bouzid. Nous avons constaté en effet la concentration d'exploitations familiales pluviales essentiellement au sud et à l'est du gouvernorat, tandis que les exploitations familiales irriguées seraient plutôt concentrées au nord et au centre du gouvernorat. Par ailleurs les exploitations agricoles d'entreprise se trouvent plutôt à l'Ouest de Sidi Bouzid dans les délégations mitoyennes du gouvernorat de Sfax.

Cependant ces types cachent une grande diversité de systèmes de production. Une étude (Abaab, Elloumi, 2001) a montré que les petites et moyennes exploitations peuvent réaliser de bonnes performances en mobilisant la main d'œuvre familiale et par le recours à l'autofinancement sur base de revenus non agricoles. D'où l'importance de la taille du ménage producteur et de sa capacité à se procurer un revenu en dehors de l'exploitation familiale. Jouili (2009) affiche la réduction de la taille des cheptels comme mesure d'adaptation de l'agriculture familiale aux impératifs de la politique de libéralisation. Cependant les éleveurs de Sidi Bouzid présentent différentes stratégies de production et de commercialisation (Elloumi *et al.*, 2006; Selmi *et al.*, 2005; Selmi S. *et al.*, 2004) ou l'on retrouve au sein de ce territoire, des 'pasteurs' ayant de grands cheptels de plus 100 têtes, des agro pasteurs ayant un cheptel de taille moyenne et variable selon les années climatiques, les petits et moyens éleveurs associant du maraichage à leur élevage, les maraichers possédant un petit élevage dépassant rarement 15 têtes et les pluriactifs pratiquant un élevage comme activité secondaire à leur activité non agricole principale. Par ailleurs, Kahouli Ismahen, Elloumi (2011) présente les différentes stratégies des acteurs en matière de gestion de l'eau d'irrigation au niveau des périmètres irrigués dans le gouvernorat de Sidi Bouzid. Ils ont identifié 3 types de producteurs irrigants sur périmètres privés<sup>87</sup> : des promoteurs spécialisés dans l'arboriculture fruitière appartenant à des investisseurs souvent non originaire de la zone, petits exploitants traditionnels avec stratégie de replis et/ou d'abandon pratiquant une agriculture à orientation arboricole pluviale et maraîchère irriguée (sur un pourcentage variable de l'exploitation), et les irrigants nouvellement installés attirés par la réussite des investisseurs déjà installés dans les zones à caractéristiques édaphiques et hydriques favorables, ces agriculteurs s'orientent vers des plantations arboricoles irriguées associées à du maraichage.

A partir d'études typologiques et à travers des entretiens avec des experts locaux nous avons identifié 9 ménages agricoles à enquêter pour affiner la caractérisation des 3 types de ménages. Parmi le groupe des ménages producteurs consommateurs, nous avons enquêté 3 chefs de ménage et d'exploitations familiales pluviales.

Le premier agriculteur est éleveur 'pasteur' ayant un cheptel de 140 têtes de petits ruminants avec un système de production élevage polyculture extensif. Ce producteur est à la tête d'un ménage composé de 9 membres qui contribuent activement au travail sur l'exploitation et ne dispose pas de revenus extra agricoles.

Le second agriculteur est éleveur agro pasteur ayant un cheptel de 34 têtes de petits ruminants dont la taille est variable<sup>88</sup> avec un système de production élevage polyculture extensif. Ce producteur est

<sup>87</sup> Les périmètres privés irrigués représentent plus de 85% des surfaces irriguées de Sidi Bouzid.

<sup>88</sup> Processus de décapitalisation/recapitalisation du cheptel

à la tête d'un ménage de petite taille dont les membres contribuent activement au travail sur l'exploitation et ne dispose pas de revenus extra agricoles.

Le troisième agriculteur adopte un système de production arboriculture maraichage extensif. Ce producteur est chef d'un ménage de taille moyenne dont les membres contribuent relativement peu sur le travail de l'exploitation et le ménage dispose d'un revenu extra agricole supérieur au revenu monétaire de l'activité agricole.

Une analyse du fonctionnement technico économique de ces exploitations nous a permis de quantifier la productivité du facteur terre et travail familial. Nous en concluons que la rentabilité du facteur terre dépend essentiellement du système de production et que la productivité de la force de travail familiale est tributaire de la taille du ménage producteur. En effet, les deux exploitations ayant un système de production élevage polyculture extensif dégagent 350 dinars à l'hectare, tandis que la troisième exploitation ayant un système de production arboricole maraicher extensif dégage 700 dinars/ ha. Cependant, la productivité d'un jour de travail familial du premier ménage est de 30 dinars/jour tandis que les deux autres ménages de taille petite et moyenne produisent un revenu monétaire autour de 15 dinars/jours de travail familial.

Puis, parmi le groupe des producteurs consommateurs marchands, nous avons enquêté 4 chefs de ménage et d'exploitations familiales irriguées. Le revenu de ces ménages provient essentiellement des cultures irriguées.

Le quatrième agriculteur est un petit éleveur sédentaire de petits ruminants en cours d'agrandissement ayant un cheptel de 9 têtes avec un système de production maraichage élevage. Le ménage de ce producteur contribue prioritairement au travail sur l'exploitation et a recours à des revenus d'hors exploitation pendant les périodes où il y a peu ou pas de demande de main d'œuvre sur l'exploitation familiale.

Le cinquième agriculteur adopte un système de production basé essentiellement sur le maraichage irrigué puis sur l'arboriculture traditionnelle pluviale. Le ménage de ce producteur contribue au travail sur l'exploitation et seul le chef du ménage est pluriactif et dégage un revenu hors exploitation inférieur au revenu agricole de l'exploitation.

Le sixième agriculteur est un petit éleveur sédentaire de petits ruminants ayant un cheptel fixe de 10 têtes associé un système de production arboriculture maraichage irrigués. Le ménage de ce producteur contribue prioritairement au travail sur l'exploitation et le chef du ménage est pluriactif et dégage un revenu agricole hors exploitation inférieur au revenu agricole de l'exploitation.

Le septième agriculteur est un grand éleveur pluriactif de petits ruminants ayant un cheptel variable en fonction du prix du marché, associé un système de production maraichage intensif irrigués. Le ménage de ce producteur contribue prioritairement au travail sur l'exploitation et le chef du ménage et n'ont pas de revenus en dehors des revenus de l'exploitation familiale.

Une analyse du fonctionnement technico économique de ces exploitations familiales irriguées nous a permis de quantifier la productivité du facteur terre et travail familial. Trois de ces ménages se spécialisent dans le maraichage irrigué et un ménage dans l'arboriculture irriguée. La rentabilité à l'hectare de ces exploitations dépend de la disponibilité de l'eau sur l'exploitation. En effet, les

revenus agricoles varient de 1000 à 8000 dinars/ha pour des exploitations dont le pourcentage irrigable de la surface, varie entre 13% à 77% pour les exploitations maraichères tandis que l'exploitation arboricole est complètement irriguée.

La rentabilité de la force de travail dépend essentiellement de la taille du ménage. Avec des salaires autour de 10 dinars/jour pour la main d'œuvre féminine et de 20 dinars/jour pour la main d'œuvre masculine, pour ces exploitations familiales irriguées la force de travail rapporte plus au ménage en restant travailler sur l'exploitation familiale irriguée que en travaillant en dehors de l'exploitation.

Finalement, parmi le groupe des producteurs marchands, nous avons enquêté 2 chefs de ménage et d'exploitations d'entreprise. Ces deux exploitations ne pratiquent pas d'élevage, l'un est spécialisé dans l'arboriculture et l'autre dans le maraichage.

Le huitième agriculteur est producteur maraicher originaire de Sidi Bouzid nouvellement installé. Le Neuvième agriculteur est promoteur spécialisés dans l'arboriculture fruitière. Ces deux chefs de ménage sont pluriactifs et dégagent un revenu d'hors exploitation inférieur ou égal aux revenus agricoles. Ces ménages ont une production destinée au marché.

Concernant les décisions d'autoconsommation de ces ménages, nous résultats rejoignent l'hypothèse selon laquelle la diversité agricole peut avoir un impact direct sur la sécurité alimentaire des ménages producteurs (Altieri, 1995). Nous avons constaté que les exploitations familiales pluviales et irriguée présentent une diversité cultivée supérieure à celle des exploitations d'entreprises. Ces ménages familiaux présentent une autoconsommation autant diversifiée que leur diversité cultivée.

Par ailleurs, l'autoconsommation des ménages producteurs consommateurs, permet de mettre à disposition des membres près de la totalité de leurs besoins caloriques théoriques à travers la consommation de produits de base telle que le blé, l'huile d'olive et les légumineuses. Pour les ménages producteurs consommateurs marchands l'autoconsommation met à disposition du ménage entre 10% et 35% de ses besoins caloriques. Cependant, ces ménages auto consomment plus de fruits et légumes mais leur consommation de céréales provient essentiellement du marché.

Pour les éleveurs, seuls les ménages ayant un cheptel de plus de 50 têtes (ménages 1 et 7), présentent une consommation de viandes rouges supérieure à la moyenne régionale de consommation.

Pour les ménages pratiquant une agriculture d'entreprise, l'autoconsommation agricole est dérisoire, seul l'investisseur maraicher auto-consomme de l'huile d'olive produite sur son exploitation. C'est le cas des agriculteurs spécialisés, puisque la plupart des ressources agricoles sont affectées à un objectif qui ne renforce pas la sécurité alimentaire du ménage (Dewey, 1979; Fleuret, Fleuret, 1980)

La caractérisation des types de ménages identifiés a permis d'éclairer la diversité intra type de ménage. Les ménages producteurs consommateurs présentent deux types de systèmes de production pluviaux, l'un basé sur l'élevage et l'autre sur l'arboriculture traditionnelle. Les deux éleveurs enquêtés ont différentes stratégies. Le premier est un grand éleveur ayant une stratégie d'engraissement sur 6 - 9 mois et une stratégie de commercialisation des céréales. Le second est plus petit éleveur trésorier qui décapitalise pendant les années les plus sèches et recapitalise son cheptel

lorsque les conditions climatiques sont favorables. Il ne cultive des céréales que pour la consommation familiale.

Les ménages producteurs consommateurs marchands présentent deux types de systèmes de production irrigués, l'un basé sur le maraichage irrigué et l'autre sur l'arboriculture irriguée. Les Systèmes maraichers se déclinent sur 3 exploitations avec différents niveaux de mobilisation de ressource hydrique. Par ailleurs, une exploitation ne pratiquant pas d'élevage et deux exploitations ayant un petit et un grand cheptel avec différentes stratégies de commercialisation. Ensuite un système basé sur l'arboriculture irriguée avec une exploitation familiale totalement irriguée.

Les ménages producteurs marchands présentent deux systèmes, l'un basé sur l'arboriculture fruitière intensive et l'autre sur du maraichage irrigué. Souvent, les investisseurs originaires de Sidi Bouzid, commencent par investir dans des cultures annuelles pour se vouer petit à petit vers l'arboriculture, tirés par la réussite des investisseurs qui se spécialisent dans l'arboriculture intensive.

Cependant la limite principale de représentativité de la caractérisation de la diversité que nous exposons dans ce travail est l'absence de l'élevage bovin dans les activités agricoles des agriculteurs entretenus. Actuellement, les éleveurs bovins représentent 15% des agriculteurs de Sidi Bouzid qui pratiquent un élevage d'une taille moyenne de 4 vaches laitières en hors sol. Il existe un vingtaine de centres de collecte de lait dans la zone. Cependant, l'ouverture de la nouvelle centrale laitière « delice-danone »<sup>89</sup> en 2014 constitue un levier ; en réduisant les problèmes d'écoulement et en garantissant une rente viable ; pour les producteurs laitiers dont la production est en train d'augmenter<sup>90</sup>. Ainsi, les structures de production laitières sont, d'une part basées sur l'achat d'aliments importés et n'appuient donc pas la dynamique de surexploitation des parcours, et d'autre part, en pleine restructuration par le biais d'un levier en cours d'opération dans la zone d'étude. Pour le reste du travail, nous avons donc exclu une mesure de relance axée sur la production laitière.

D'autres études sur des zones arides et semi arides ont débouché sur des typologies semblables à celle que nous avons formulée dans ce travail. Afin d'approcher la durabilité des modes de production agricole, (Baccar *et al.*, 2017) identifient trois principaux types d'exploitations dans la plaine du Sais au Maroc. Le premier type regroupe des exploitations ayant un système de production traditionnel pluvial; le second rassemble des exploitations ayant accès à l'irrigation et maintenant une diversité de productions; et le troisième rassemble des exploitations spécialisées. Sur un terrain Grec, (Daskalopoulou, Petrou, 2002) adoptent une typologie de ménages agricoles afin d'identifier les différentes stratégies de survies des exploitations. Leurs résultats montrent que trois types de ménages agricoles ont été identifiés, à savoir les ménages agricoles de subsistance dans le cas où l'activité agricole est destinée à l'autoconsommation familiale, des ménages agricoles de survie pratiquant une agriculture assez intensifiée pour soutenir le développement économique et social du ménage et les ménages agricoles productivistes dont le fonctionnement se dissocie de la logique familiale. Dans une zone semi-aride sud-africaine, (Magombeyi *et al.*, 2012) identifient 5 types d'agriculteurs, les trois premiers types correspondent à des agricultures extensives de subsistance, le

<sup>89</sup> <http://www.leconomistemaghrebin.com/2014/06/23/delice-danone-inaugure-sa-nouvelle-centrale-laitiere-de-sidi-bouzid/>

<sup>90</sup> La production laitière est passée de 280000 litres en 2013 à 300000 litres en 2014 et 350000 litres en 2015. (chiffres du CRDA de Sidi Bouzid)

quatrième type est celui des agriculteurs irrigants pratiquant une agriculture intensive et diversifiée, et le cinquième type est celui des riches entrepreneurs agricoles.

Par ailleurs, les systèmes agricoles des zones arides comprennent un mélange diversifié et complexe de systèmes de production nomades et sédentaires. Ces systèmes se sont développés au cours des siècles et ont été adaptés par les agriculteurs en fonction de leurs climat et ressources. Les systèmes de production dans ces zones sont souvent basés sur des combinaisons complexes de cultures, de légumes, de bétail, de pâturages, d'arbres, de poissons et d'autres commodités adaptées aux conditions climatiques en vigueur. Cinq systèmes de production des populations rurales pauvres des zones arides ont été identifiés (Payne, 2013) . Le système pastoral basé sur l'élevage de petits ruminants, bovins et camélidés sur parcours ; le système agro pastoral basé sur l'élevage de petits ruminants, bovins et camélidés sur parcours associés à des cultures annuelles céréalières, légumineuses et fourragères ; le système pluvial mixte basé sur les cultures annuelles pluviales ou arboricoles pluviales associés à un élevage de petits ruminants et volailles ; et le système irrigué mixte associant cultures annuelles et permanentes, irriguées et pluviales , éventuellement associés à un élevage de petits ruminants et volailles. Les systèmes de production identifiés dans ce travail représentent la majorité des systèmes de production des zones arides, mis à part le système pastoral. A Sidi Bouzid, le système pastoral a laissé la place à un système agro pastoral extensif qui se décline en plusieurs sous-systèmes nuancés (Selmi S., Elloumi M., 2007). En développant d'avantage la composante de l'élevage dans le modèle, ce système pourra être simulé dans d'autres zones arides.

### **Modèle bio économique de simulation : résultats des simulations**

La relation entre production, revenu et consommation alimentaire est complexe et plusieurs types de facteurs conditionnent cette relation, dont des facteurs culturels, économiques et sociaux (Marsh, 1998; Von Braun, 1995). Très peu de recherches ont été conduites pour confirmer l'hypothèse selon quoi, les interventions agricoles améliorent la nutrition. Néanmoins, elle a fait l'objet de plusieurs débats (Lunven, 1982; Smitasiri, 2000). Berti *et al.* (2004) ont examiné 30 études autour de l'impact de d'interventions agricoles sur le statut nutritionnel de ménages et ont analysé les caractéristiques des interventions qui ont conduit à l'amélioration des résultats nutritionnels. Ils ont conclu que les interventions agricoles ont des résultats mitigés quant à leur contribution à l'amélioration des résultats nutritionnels des ménages.

Le savoir-faire local fait aujourd'hui partie d'un patrimoine à préserver et se retrouve au cœur des politiques de relance des produits de terroir par la dynamique qu'une meilleure valorisation des produits génère au sein des territoires ruraux, en termes d'emploi et de valorisation monétaire des compétences locales (Bérard *et al.*, 2004). Dans notre travail, nous avons identifié un levier potentiel pour les ménages agricoles de Sidi Bouzid dans le sens d'une meilleure valorisation locale de la production de l'olivier. Puis nous avons simulé à l'aide d'un modèle de simulation cette mesure de relance qui visait essentiellement à améliorer le revenu agricole des ménages producteurs et avons analysé son impact sur des variables socioéconomiques, de production et alimentaires.

### **Revenu**

Nos résultats montrent que cette mesure permet effectivement d'améliorer les revenus des ménages agricoles oléiculteurs. Les augmentations de revenus ne dépassent cependant pas les 10%

et sont plus importante pour les ménages les moins productifs : ayant des exploitations pluviales. Ils ne permettent également pas à l'ensemble des ménages de creuser l'écart entre leurs revenus et le revenu national moyen. Cependant, il résulte de la simulation de la baisse du rendement des parcours et de la disponibilité d'eau d'irrigation, une régression des revenus entre 1% et 19%. Dans les pays en développement, Cline (2007) prévoit une baisse entre 9% et 21% de la productivité agricole.

Par ailleurs, les baisses de revenu engendrés par la régression du rendement des parcours privés des exploitations pluviales et la baisse de la disponibilité d'eau d'irrigation des exploitations irriguées, peut être en partie compensée par la vente d'huile d'olive.

Plusieurs études se basant sur la modélisation à l'échelle de l'exploitation ou du ménage producteur ont montré l'efficacité d'une telle approche pour l'amélioration des revenus d'agriculteurs (Karlberg *et al.*, 2015; Sanfo, Gérard, 2012). Tovignan (2010) conclut que la promotion d'une chaîne de valeur pour le beurre de karité permet d'attirer les petites exploitations du Bénin sur le marché mondial. À l'aide d'un modèle de programmation mathématique non linéaire, il a conclu à une évolution à la hausse du revenu des différents acteurs de la chaîne, jusqu'à 50% avec l'introduction d'une nouvelle technologie de transformation. Pour des ménages agricoles en Ethiopie et Tanzanie, Asfaw *et al.* (2012) simulent l'effet de l'adoption d'une nouvelle technologie agricole pour la production de légumes sur le bien-être des ménages producteurs. Ils concluent que cette mesure de relance améliore le bien-être des ménages à travers des dépenses de consommation plus élevées qui se traduisent par une réduction de la pauvreté, une meilleure sécurité alimentaire et une meilleure aptitude à faire face aux risques. Cependant ces études n'ont pas analysé l'impact de ces mesures de relance sur l'alimentation des producteurs.

### **Consommation**

Les résultats de nos simulations montrent que cette mesure de relance implique une régression de l'autoconsommation des ménages en termes de valeur et apport calorique, due exclusivement à la baisse de l'autoconsommation de l'huile d'olive. Cette baisse de l'autoconsommation est plus importante pour les ménages familiaux insérés au marché. Par ailleurs, il n'y a pas d'effet significatif sur la consommation calorique totale des ménages ni sur leur dépenses alimentaires. Seul le premier ménage, qui affiche l'augmentation de revenu la plus importante, a vu ses dépenses alimentaires augmenter de 23%. Nous en concluons que les faibles améliorations des revenus monétaires des autres ménages n'ont pas abouti à l'augmentation des dépenses alimentaires des ménages.

Peu d'études ont analysé l'impact de mesures de relances destinées à l'amélioration des revenus des ménages agricoles sur leur comportement alimentaire. À partir de données Ethiopiennes sur les ménages agricoles producteurs de lait, Geday (2016) simule l'impact d'une mesure de relance relative à l'insertion de ces ménages à des chaînes de valeur modernes du lait, sur leur revenu et alimentation. Il conclut que cette mesure améliore le revenu et les indicateurs de sécurité alimentaire et nutritionnelle de ces ménages. Cependant, il obtient une corrélation significative négative entre l'adoption de cette mesure de relance et l'autoconsommation de lait. À l'aide d'un modèle bioéconomique de ménage, Chenoune R. (2014) simule l'impact de leviers agricoles sur les décisions de consommation de ménages producteurs en Sierra Leone et obtient des résultats mitigés selon la mesure simulée. En effet, une mesure qui concerne directement le bien alimentaire de base

destiné à l'alimentation : la subvention de l'achat de semences de riz, a conduit le ménage à augmenter son autoconsommation de riz. Une autre mesure de relance visant les cultures de rente des ménages : la subvention de la plantation de palmiers à huile, a certes conduit à une amélioration (+52%) des revenus des ménages mais a eu comme conséquence la régression de la valeur de l'autoconsommation des ménages de 30%.

Par ailleurs, plusieurs études montrent que les effets du changement climatique affectent la sécurité alimentaire et notamment l'accès à l'alimentation des ménages producteurs les plus pauvres en zones sèches (Sassi, Cardaci, 2013; Sudan Institutional Capacity Programme: Food Security Information in Action (Sifsia), 2012; Thompson *et al.*, 2010). Cependant, nos résultats montrent une stabilité de l'accès à l'alimentation des ménages producteurs de Sidi-Bouزيد. En effet pour la simulation des scénarios S\_Parcours et S\_eau ; les ménages affichent les mêmes niveaux de : dépenses alimentaires, consommation calorique totale et d'autoconsommation. Ce résultat s'explique d'une part par la diversification des cultures sur l'exploitation qui atténue les effets du changement climatique et par diversification économique de certains ménages qui disposent des revenus agricoles et extra agricoles. D'autre part, même si ces scénarios impliquent une régression voire une disparition de certaines cultures, les ménages préservent les mêmes niveaux d'autoconsommation.

### *Décisions de productions*

Les simulations réalisées par le biais du modèle, montrent également un changement dans les décisions de production des ménages producteurs. Ces modifications d'allocation de la terre sont pilotées par l'arbitrage d'allocation des ressources du ménage, notamment la force de travail et les ressources en eau. Les changements concernent les cultures céréalières chez les ménages pratiquant une agriculture pluviale et les cultures maraichères irriguées pour les irrigants.

Actuellement en Tunisie, les tendances affichent une baisse absolue et relative des superficies en céréales, essentiellement face à la très grande croissance des cultures maraichères et de l'arboriculture (Banque Mondiale, 2006; Richard, 2006) et aux conditions climatiques (Latiri *et al.*, 2010; Mansour, Hachicha, 2014). Ceci reflète une stratégie des petits et moyens exploitants qui excluent de plus en plus les cultures céréalières de leurs plans de production, surtout dans les zones arides et semi arides où ces cultures sont moins adaptées<sup>91</sup>. Dans le contexte d'une zone semi-aride Tunisienne, Gana (2008) identifie 3 modèles de transformation des systèmes de production des exploitations familiales face au développement de nouvelles dynamiques de marchandisation. Un des modèles correspond à un retrait progressif de la production céréalière soit en changeant la vocation de la terre vers une activité plus rentable, soit en minimisant le risque en substituant la culture du blé dur par l'orge qui est plus adapté au climat des zones sèches et plus flexible.

A Sidi Bouزيد, la céréaliculture n'est pratiquée quasiment que par les exploitations extensives, moins de 10% des surfaces céréalières sont irriguées.

La simulation de la mesure de relance centrale (S\_huile) n'affecte que le plan céréalier du premier ménage, qui a substitué une partie des surfaces de blé en orge. L'orge étant une culture nécessitant moins de travail masculin et moins risquée en termes de variabilité de rendements.

---

<sup>91</sup> La production céréalière Tunisienne est essentiellement confinée au nord du pays

Cependant la simulation des forces extérieures affiche une modification du plan de production des exploitations pluviales et irriguées.

Pour le premier ménage, qui adopte une stratégie de commercialisation des céréales, il résulte de la baisse du rendement des parcours une augmentation de la surface allouée au parcours privés au dépend de la surface céréalière. Cette décision est due à la rentabilité plus élevée des parcours privés, valorisés par l'élevage de petits ruminants et le ménage préfère réduire la surface céréalière plutôt que d'acheter plus d'aliments pour son cheptel.

Pour le second ménage, qui ne cultive les céréales que pour couvrir les besoins alimentaires de la famille et vendre l'excédent de production, il résulte de la baisse du rendement des parcours une réduction de la surface en blé dur. Le ménage préserve la surface permettant de couvrir les besoins alimentaires du ménage et ne vend plus de blé.

Pour les deux ménages irrigants, il résulte de la baisse de la disponibilité d'eau d'irrigation, une réallocation de ce facteur. En effet le ménage 4, ne réduit pas sa surface maraichères irriguée mais substitue 80% de l'orge irrigué par de l'orge pluvial. Et le ménage substitue la culture de melon, pour qui la productivité d'une unité d'eau est plus faible, par les cultures de fève et petit pois.

Cependant le changement de plans de production, piloté par la rentabilité des facteurs de production, n'affecte pas les décisions d'autoconsommation des ménages. En effet, l'autoconsommation de céréales et de melon des ménages reste inchangée.

Nous en concluons que les effets du changement climatiques auront un impact négatif sur les populations rurales en Tunisie comme l'indiquent les prévisions d'Easterling *et al.* (2007) à l'aide de modèles d'évaluation intégrée pour les pays en développement. Par ailleurs, l'impact du déclin du rendement des parcours semble affecter considérablement la production céréalière et par conséquent la balance alimentaire Tunisienne sachant que la production nationale de blé ne permet en moyenne de couvrir que 70% de la demande en blé dur et à peine 20% en blé tendre. Fischer *et al.* (2005) estiment que, face au dérèglement climatique, les importations de céréales augmenteront dans les pays en développement de 10 à 40% d'ici à 2080.

## Conclusion

En conclusion de ce travail de recherche, nous avons répondu aux deux enjeux que nous nous sommes fixés.

Premièrement, l'enjeu empirique qui consistait à caractériser la diversité des ménages agricoles puis à identifier une mesure de relance pour les revenus de ces ménages.

En effet, nous avons identifié 3 types de ménages présentant différents niveaux d'inclusion entre les décisions de production agricole et de consommation alimentaire. Ce premier constat de diversité sous-entend des réactions différentes, en termes de consommation alimentaire, à une mesure au niveau de la production agricole des ménages.

A Sidi Bouzid, plus de 80% des exploitations agricoles pratiquent une agriculture familiale. Cette forme d'organisation de la production à Sidi Bouzid se décline en plusieurs systèmes de production dont le dénominateur commun est la présence de la culture de l'olivier sur les exploitations et l'importance de la force de travail familiale sur l'exploitation. L'analyse du fonctionnement technico-économique de ces ménages nous a permis d'identifier une mesure de relance pour leurs revenus. Cette mesure concerne une meilleure valorisation sur le marché des produits de l'olivier, produit agricole essentiel dans l'alimentation des ménages agricoles de Sidi Bouzid.

Deuxièmement, l'enjeu méthodologique qui consistait à proposer un cadre d'analyse intégré de l'impact de la mesure de relance.

Ceci a impliqué la construction d'un modèle bioéconomique non séparable de simulation et la formulation de scénarios s'articulant autour de la combinaison entre forces extérieures, mesure de relance et des indicateurs d'analyse.

Le modèle bio-économique développé a permis de simuler les scénarios formulés, sur les décisions de production et de consommation d'un ménage agricole de manière non séparable en considérant les arbitrages que réalise le ménage pour l'usage des ressources du ménage (travail familial, terre et l'eau d'irrigation) et entre la vente et l'autoconsommation de la production de l'exploitation et l'achat d'aliments sur le marché.

Les simulations réalisées avec le modèle montrent que les ménages agricoles étudiés préfèrent le gain monétaire à leur propre consommation. Il résulte de la mesure inhérente à la vente de l'huile d'olive, une régression des quantités autoconsommées de ce produit. Par ailleurs, l'amélioration des revenus a engendré une augmentation des dépenses alimentaires et ce uniquement pour le ménage ayant le plus fort potentiel oléicole et ayant connu la plus importante augmentation de revenu (10%). Ces relations entre agriculture et consommation ne sont cependant pas prises en compte par les décideurs politiques. Nous pensons que les mesures agricoles devraient être accompagnées de mesures nutritionnelles ce qui nécessite d'avantage de collaboration entre décideurs politiques des deux pôles « Agriculture ressources naturelles » et « Santé nutrition humaine ».

Notre approche, qui combine la collecte de données de terrain, la formulation de scénarios, la conception d'un outil de simulation et un choix d'indicateurs, nous permet de nous positionner à l'interface entre production et consommation. Elle montre que la structure et le fonctionnement d'un ménage agricole pourrait expliquer le comportement alimentaire des ménages agricoles et que

l'échelle du ménage peut permettre constituer une base de réflexion entre spécialistes en agriculture et en alimentation humaine.

Par ailleurs, nos résultats montrent que les effets du changement climatiques n'affectent pas directement la sécurité alimentaire des ménages producteurs sur le court terme mais qu'ils impliquent un effet négatif sur les décisions de production de céréales. Ainsi nous défendons l'idée que les programmes de développement rural et les spécialistes de l'alimentation doivent examiner l'impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire à l'échelle nationale et sur l'éventuelle augmentation de la facture alimentaire Tunisienne mais aussi sur la vulnérabilité sur le long terme de la sécurité alimentaire des ménages agricoles.

De plus, la simulation des scénarios combinés montrent que la mesure de relance permet d'atténuer les effets du changement climatique sur les revenus des ménages. Nous pensons qu'il est urgent, pour les décideurs politiques et les organismes de développement, de trouver les mesures adéquates de relance pour les agriculteurs des zones les plus sensibles au changement climatiques pour compenser les effets futurs du changement climatique et ce sans accentuer la dynamique de dégradation des ressources de ces zones.

## Références bibliographiques

**Abaab A. (1999).** *Modernisation agricole et ses effets sur les systèmes de production agricole: cas de la région de Sidi Bouzid en Tunisie Centrale*. Ph. D, University of Gent, Belgium.

**Abaab A., Elloumi M. (2001).** L'évolution des structures des exploitations agricoles et mutations de l'agriculture tunisienne'. In: Jouve A-M (ed.), CIHEAM-IAMM (Montpellier France). *Terres méditerranéennes : le morcellement, richesse ou danger ?* Paris (France): Karthala. p. 103-125. (Economie et Développement).

**Abaza H., Bisset R., Sadler B., Programme U.N.E. (2004).** *Environmental Impact Assessment and Strategic Environmental Assessment: Towards an Integrated Approach*. UNEP.  
<https://books.google.fr/books?id=x0Efc42BwdIC>

**Adam M., Corbeels M., Leffelaar P.A., Van Keulen H., Wery J., Ewert F. (2012).** Building crop models within different crop modelling frameworks. *Agricultural Systems*, vol. 113, p. 57-63.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X12001229>

**Ahmed M., Bezabih E., Jabbar M.A., Tangka F., Ehui S. (2003).** *Economic and nutritional impacts of market-oriented dairy production in the Ethiopian highlands*. ILRI (aka ILCA and ILRAD). (n. 51).

**Alary P. (2013).** Comment adapter une méthode comptable pour quantifier les mutations économiques ? *Mondes en développement*, vol. 162, n. 2, p. 117-130.  
<http://www.cairn.info/revue-mondes-en-developpement-2013-2-page-117.htm>

**Allen T. (2010).** *Impacts des variations de prix sur la qualité nutritionnelle du panier alimentaire des ménages français*. Thèse (Dr en Sciences Economiques): Université Montpellier 1, Montpellier (France). 245+ annexes 83 p.  
[http://www.iamm.fr/ressources/opac\\_css/doc\\_num.php?explnum\\_id=2198](http://www.iamm.fr/ressources/opac_css/doc_num.php?explnum_id=2198)

**Altieri M.A. (1995).** *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. Intermediate Technology Publications Ltd (ITP). (n. Ed. 2).

**Asfaw S., Shiferaw B., Simtowe F., Lipper L. (2012).** Impact of modern agricultural technologies on smallholder welfare: Evidence from Tanzania and Ethiopia. *Food Policy*, vol. 37, n. 3, p. 283-295.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306919212000176>

**Ash A., Hunt L., McDonald C., Scanlan J., Bell L., Cowley R., Watson I., McIvor J., MacLeod N. (2015).** Boosting the productivity and profitability of northern Australian beef enterprises: Exploring innovation options using simulation modelling and systems analysis. *Agricultural Systems*, vol. 139, p. 50-65.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X15000785>

**Babin D., (ed.), (2003).** *Protected areas : combining biodiversity conservation and sustainable development. Foundations and recommendations for a development cooperation strategy on protected area management*. Paris, France: IFB [Institut français de la biodiversité]. 51 p. (Cahiers de l'IFB : Institut français de la biodiversité).  
<http://agritrop.cirad.fr/515195/>

**Baccar M., Bouaziz A., Dugué P., Le Gal P.-Y. (2017).** Shared environment, diversity of pathways: dynamics of family farming in the Saïs Plain (Morocco). *Regional Environmental Change*, 2017//, vol. 17, n. 3, p. 739-751.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s10113-016-1066-4>

**Bachta M. (2011).** L'Agriculture tunisienne: performances et menaces de non durabilité.

**BAD. (2001).** *Projet d'électrification rurale en Tunisie : rapport d'achèvement de projet* Banque africaine de développement. 46 p.

**Bai Z., Dent D. (2008).** *Land Degradation and Improvement in Tunisia. Identification by remote sensing: GLADA Report 1f, 1e Version August*. Wageningen: ISRIC-World Soil Information.

**Banque mondiale. (2006).** *Examen de la politique agricole*. Washington: Mondiale Banque. (Projet de document de décision, Rapport, n. 35239-TN).

**Banque mondiale. (2007).** *Agriculture and Achieving the Millennium Development Goals*. Washington World Bank/IFPRI. 1-85 p.

**Barbier B. (1998).** Induced innovation and land degradation: Results from a bioeconomic model of a village in West Africa. *Agricultural Economics*, vol. 19, n. 1-2, p. 15-25.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169515098000528>

**Barten A.P. (1969).** Maximum likelihood estimation of a complete system of demand equations. *European Economic Review*, vol. 1, n. 1, p. 7-73.

<http://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:eecrev:v:1:y:1969:i:1:p:7-73>

**Baumgärtner S., Dyckhoff H., Faber M., Proops J., Schiller J. (2001).** The concept of joint production and ecological economics. *Ecological Economics*, vol. 36, n. 3, p. 365-372.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800900002603>

**Baumol W.J. (1963).** An Expected Gain-Confidence Limit Criterion for Portfolio Selection. *Management Science*, vol. 10, n. 1, p. 174-182.

<http://EconPapers.repec.org/RePEc:inm:ormnsc:v:10:y:1963:i:1:p:174-182>

**Belhouchette H., Louhichi K., Therond O., Mouratiadou I., Wery J., van Ittersum M., Flichman G. (2011).** Assessing the impact of the Nitrate Directive on farming systems using a bio-economic modelling chain. *Agricultural Systems*, vol. 104, n. 2, p. 135-145.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X10001198>

**Ben Romdhane H., Khaldi R., Oueslati A., Skhiri H. (2002).** Transition épidémiologique et transition alimentaire et nutritionnelle en Tunisie. In: Le Bihan G. *L'approche causale appliquée à la surveillance alimentaire et nutritionnelle en Tunisie*. Montpellier (France): CIHEAM-IAMM. p. 7-27. (Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches, n. 41).

<http://ressources.ciheam.org/om/pdf/b41/03400042.pdf>

**Bérard L., Marchenay P., Delfosse C. (2004).** Les « produits de terroir »: de la recherche à l'expertise. *Ethnologie française*, vol. 34, n. 4, p. 591-600.

**Berti P.R., Krasevec J., FitzGerald S. (2004).** A review of the effectiveness of agriculture interventions in improving nutrition outcomes. *Public health nutrition*, vol. 7, n. 05, p. 599-609.

**Bezlepkina I., Reidsma P., Sieber S., Helming K. (2011).** Integrated assessment of sustainability of agricultural systems and land use: Methods, tools and applications. *Agricultural Systems*, vol. 104, n. 2, p. 105-109.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X10001551>

**Bird D.N., Benabdallah S., Gouda N., Hummel F., Koeberl J., La Jeunesse I., Meyer S., Pretenthaler F., Soddu A., Woess-Gallasch S. (2016).** Modelling climate change impacts on and adaptation strategies for agriculture in Sardinia and Tunisia using AquaCrop and value-at-risk. *Science of The Total Environment*, vol. 543, Part B, p. 1019-1027.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969715303788>

[http://ac.els-cdn.com/S0048969715303788/1-s2.0-S0048969715303788-main.pdf?\\_tid=87fe849a-9924-11e6-a9c9-00000aab0f6c&acdnat=1477229466\\_477bae517cf6075bcc620ac688dd8ec](http://ac.els-cdn.com/S0048969715303788/1-s2.0-S0048969715303788-main.pdf?_tid=87fe849a-9924-11e6-a9c9-00000aab0f6c&acdnat=1477229466_477bae517cf6075bcc620ac688dd8ec)

**Bollino C.A., Violi R. (1990).** GAITL: A generalised version of the almost ideal and translog demand systems. *Economics Letters*, 1990/10/01, vol. 34, n. 2, p. 127-129.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0165176590902310>

**Bosc P.-M., Losch B. (2002).** SITUATIONS ET TENDANCES Les agricultures familiales africaines face à la mondialisation : le défi d'une autre transition. *OCL*, vol. 9, n. 6, p. 402-408.

<http://dx.doi.org/10.1051/ocl.2002.0402>

**Boussard J.-M., Daudin J.-J. (1988).** *La Programmation linéaire dans les modèles de production*. Paris Milan Barcelone: Masson. 1 vol. (127 p.) p. (Actualités scientifiques et agronomiques de l'Institut national de la recherche agronomique 14).

**Brisson N., Wery J., Boote K. (2006).** Fundamental concepts of crop models illustrated by a comparative approach. In: Wallach D, Makowski D, Jones (Eds.) J.W. *Working with Dynamic Crop Models, Evaluation, Analysis, Parametrization and Application*. Amsterdam: Elsevier. p. 257-279.

**Brouwer F. , van Ittersum M. . (2010).** *Environmental and agricultural modelling: integrated approaches for policy impact assessment*. Dordrecht (Pays-Bas): Springer. 322 p.

**Brown D.R. (2000).** A review of bio-economic models. *Cornell African Food Security and Natural Resource Management (CAFSNRM Program)*, p. 102.

**Brussaard L., Caron P., Campbell B., Lipper L., Mainka S., Rabbinge R., Babin D., Pulleman M. (2010).** Reconciling biodiversity conservation and food security: scientific challenges for a new agriculture. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 2, n. 1–2, p. 34-42.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343510000151>

**Caillavet F., Nichèle V., Robin J.-M. (1998).** Modelling the consumption of home-produced vegetables with an application to French households. *European review of agricultural economics*, 1998, vol. 25, n. 2, p. 170-187.

**Cambiaire A.d. (1952(a)).** *L'autoconsommation agricole en France*. Paris: A. Colin. 1 vol. (295 p.) p. (Cahiers de la Fondation nationale des sciences politiques 37).

**Cambiaire A.d. (1952(b)).** L'autoconsommation agricole en France. In: *Bulletin de la Société française d'économie rurale. Compte rendu des réunions de travail des 9 et 10 mai*. p. 111-116. (vol. 4, n. 3).

**Capillon A. (1993).** *Typologie des exploitations agricoles, contribution à l'étude régionale des problèmes techniques, 2 tomes*. Thèse Doct. INA PG, Paris, France, 48 et 301 p.

**Caron P., Reig E., Roep D., Hediger W., Cotty T., Barthelemy D., Hadynska A., Hadynski J., Oostindie H., Sabourin E. (2008).** Multifunctionality: epistemic diversity and concept oriented research clusters. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, vol. 7, n. 4-5, p. 319-338.

**Cassman K.G. (1999).** Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, May 25, 1999, vol. 96, n. 11, p. 5952-5959.  
<http://www.pnas.org/content/96/11/5952.abstract>

**Chenoune R., Allen Thomas, Komarek Adam, Gomez y Paloma S., G. F., Capillon A., H. B. (2017).** Assessing consumption-production-resources nexus decisions for rice-focused agricultural households in Sierra Leone. *Land Use Policy*, p. 42.

**Chenoune R., Belhouchette H., Paloma S.G.y., Capillon A. (2016).** Assessing the diversity of smallholder rice farms production strategies in Sierra Leone. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, vol. 76, p. 7-19.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1573521415000184>  
[http://ac.els-cdn.com/S1573521415000184/1-s2.0-S1573521415000184-main.pdf?\\_tid=7bfd3196-9924-11e6-b454-0000aacb361&acdnat=1477229446\\_d25a7449a14a8562f6dde73869c92de9](http://ac.els-cdn.com/S1573521415000184/1-s2.0-S1573521415000184-main.pdf?_tid=7bfd3196-9924-11e6-b454-0000aacb361&acdnat=1477229446_d25a7449a14a8562f6dde73869c92de9)

**Chenoune R. (2014).** *Quels leviers pour promouvoir la production et la consommation du riz en Sierra Léone ? De la caractérisation à la simulation de la performance des ménages rizicoles*. Thèse de doctorat en Fonctionnement et Conduite des Systèmes de Cultures Tropicales et Méditerranéens: Montpellier SupAgro, France. 169 p.  
[http://www.iamm.fr/ressources/opac\\_css/index.php?lvl=notice\\_display&id=35360](http://www.iamm.fr/ressources/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=35360)

**Christensen L.R., Jorgenson D.W., Lau L.J. (1975).** Transcendental Logarithmic Utility Functions. *American Economic Review*, vol. 65, n. 3, p. 367-83.  
<http://EconPapers.repec.org/RePEc:aea:aecrev:v:65:y:1975:i:3:p:367-83>

**Cialdella N., Hostiou N., Girard N. (2010).** Quels liens entre élevages et écosystèmes naturels ?. Lecture croisée en milieu aride et tropical. *Natures Sciences Sociétés*, vol. 18, n. 1, p. 24-35.  
<http://www.cairn.info/revue-natures-sciences-societes-2010-1-page-24.htm>

**Claverie M., Delmotte S., Wery J. (2011).** Syrah decline: understanding physiological dysfunctionings leading a trunk-cracked vine to death 1st part: Generation assumptions through a conceptual model. *Progrès Agricole et Viticole*, vol. 128, n. 5, p. 88-96.

**Cline W. (2007).** *Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country*. Washington, D.C.: Center for Global Development. 250 p.

**Cochet H. (2011).** *L'agriculture comparée*. Versailles (France): Editions Quae. 159 p. (Indisciplines).

**COI. (2015).** *Etude internationale sur les coûts de production de l'huile d'olive*. . International Olive Council. 40 p.  
file:///C:/Users/abzaatra/Downloads/TUDE%20INTERNATIONALE%20SUR%20LES%20CO%C3%9BTS%20DE%20PRODUCTION%20DE%20L%E2%80%99HUILE%20D%E2%80%99OLIVE.pdf

**Comité Mondial de la Sécurité Alimentaire (CSA). (2012).** *S'entendre sur la terminologie*. 23 p. (CSA, 39ème session).

**CRDA. (2012).** *Base de données de production de 2012.Commissariat regional de developpement agricole de Sidi Bouzid. Fichier Excel*. p.

**Daskalopoulou I., Petrou A. (2002).** Utilising a farm typology to identify potential adopters of alternative farming activities in Greek agriculture. *Journal of Rural Studies*, vol. 18, n. 1, p. 95-103.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0743016701000274>

**De Janvry A., Fafchamps M., Sadoulet E. (1991).** Peasant household behaviour with missing markets: some paradoxes explained. *The Economic Journal*, vol. 101, n. 409, p. 1400-1417.

**de Janvry A., Sadoulet E. (2006).** Progress in the Modeling of Rural Households' Behavior under Market Failures. In: de Janvry Alain, Kanbur Ravi. *Poverty, Inequality and Development*. Springer US. p. 155-181. (Economic Studies in Inequality, Social Exclusion and Well-Being, vol. 1).  
[http://dx.doi.org/10.1007/0-387-29748-0\\_9](http://dx.doi.org/10.1007/0-387-29748-0_9)  
[http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F0-387-29748-0\\_9](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F0-387-29748-0_9)

**De Wit C.T. (1968).** *Theorie en model.Veenman*. Wageningen: The Netherlands.

**Deaton A., Muellbauer J. (1980).** An Almost Ideal Demand System. *The American Economic Review*, vol. 70, n. 3, p. 312-326.  
<http://www.jstor.org/stable/1805222>

**Delmotte S., Lopez-Ridaura S., Barbier J.-M., Wery J. (2013).** Prospective and participatory integrated assessment of agricultural systems from farm to regional scales: Comparison of three modeling approaches. *Journal of Environmental Management*, vol. 129, p. 493-502.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479713005124>

**Dewey K.G. (1979).** Agricultural development, diet and nutrition. *Ecology of Food and Nutrition*, vol. 4, n. 8, p. 265-273.

**Dhehibi B., Gil J.M. (2003).** Forecasting food demand in Tunisia under alternative pricing policies. *Food Policy*, vol. 28, n. 2, p. 167-186.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306919203000277>

[http://ac.els-cdn.com/S0306919203000277/1-s2.0-S0306919203000277-main.pdf?\\_tid=2bd2682a-9925-11e6-b604-00000aab0f26&acdnat=1477229741\\_1f0db148ed9534e2242927576d30892f](http://ac.els-cdn.com/S0306919203000277/1-s2.0-S0306919203000277-main.pdf?_tid=2bd2682a-9925-11e6-b604-00000aab0f26&acdnat=1477229741_1f0db148ed9534e2242927576d30892f)

**Dieste O., Genero M., Juristo N., Maté J.L., Moreno A.M. (2003).** A conceptual model completely independent of the implementation paradigm. *Journal of Systems and Software*, vol. 68, n. 3, p. 183-198.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016412120300061X>

**Doré T., Martin P., Le Bail M., Ney B., Roger-Estrade J. (2006).** *L'agronomie aujourd'hui*. Versailles: Editions Quae. 313 p.

**Easterling W.E., Aggarwal P.K., Batima P., Brander K.M., Erda L., Howden S.M., Kirilenko A., Morton J., Soussana J.-F., Schmidhuber J. (2007).** Food, fibre and forest products. In: M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, Hanson C.E. *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. p. 273-313.

**Elloumi M., Alary V., Selmi S. (2006).** Politiques et stratégies des éleveurs dans le gouvernorat de Sidi Bouzid (Tunisie centrale). *Afrique contemporaine*, vol. 219, n. 3, p. 63-79.

<http://www.cairn.info/revue-afrique-contemporaine-2006-3-page-63.htm>

**Elloumi M. (2006).** L'agriculture tunisienne dans un contexte de libéralisation. *Région et développement*, 2006, n. 23, p. 129-159.

[http://region-developpement.univ-tln.fr/fr/pdf/R23/R23\\_Elloumi.pdf](http://region-developpement.univ-tln.fr/fr/pdf/R23/R23_Elloumi.pdf)

**Ewert F., Keulen H.v., van Ittersum M.K., Giller K.E., Leffelaar P.A., Roetter R.P. (2006).** *Multi-scale analysis and modelling of natural resource management options*.

<http://edepot.wur.nl/22733>

**FAO. (2000).** *Land resource potential and constraints at regional and country levels*. Rome: World Soil Resources Report. (n. 90).

**FAO (2005).** *Profil Nutritionnel de la Tunisie. Tunisia: nutrition country profile*. Rome (Italie): FAO. n. p. (ESN : Nutrition Country Profile).

[http://www.fao.org/ag/agn/nutrition/tun\\_fr.stm](http://www.fao.org/ag/agn/nutrition/tun_fr.stm)

**FAO. (2007).** *The state of food and agriculture*. Rome: AFO. (vol. xiv).

**FAO. (2008a).** *Climate change, water and food security: a synthesis paper emanating from expert group meeting*. Rome: Food and Agriculture Organization of United Nations.

**FAO. (2008b).** *Water and cereals in drylands*. Rome: Food and Agriculture Organization of United Nations. 113 p.

**Ffolliott P., Dawson J.-O., Fisher J.-T., Moshe I., Fulbright T.-E., Al Musa A., Johnson C., Verburg P. (2002).** *Dryland environments*. Ar. Land. News. 1-52 p.

**Fischer G., Shah M., Tubiello F.N., Van Velhuizen H. (2005).** Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an integrated assessment, 1990–2080. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 360, n. 1463, p. 2067-2083.

**Fisher-Vanden K., Popp D., Wing I.S. (2014).** Introduction to the Special Issue on Climate Adaptation: Improving the connection between empirical research and integrated assessment models. *Energy Economics*, vol. 46, p. 495-499.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014098831400293X>

**Fleuret P., Fleuret A. (1980).** Nutrition, consumption, and agricultural change. *Human organization*, vol. 39, n. 3, p. 250-260.

- Flichman G., Allen T. (2014).** *Bio-economic modeling: State-of-the-art and key priorities.* . Washington, D.C: International Food Policy Research Institute (IFPRI).  
<http://ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll2/id/129231>
- Flichman G., Belhouchette H., Komarek A., Drogué S., Hawkins J., Chenoune R., Msangi S. (2016a).** Dynamic Agricultural Household Bio-Economic Simulator (DAHBSIM) model description. p. 79.  
<http://ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll2/id/130683>
- Flichman G., Belhouchette H., Komarek A., Drogué S., Hawkins J., Chenoune R., Msangi S. (2016b).** *Dynamic Agricultural Household Bio-Economic Simulator (DAHBSIM) model description.* CGIAR Research Program on Policies, Institutions, and Markets (PIM). 79 p. ( BioSight project Technical Paper).  
<http://ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll2/id/130683>
- Flichman G., Louhichi K., Boisson J.M. (2011).** Modelling the Relationship Between Agriculture and the Environment Using Bio-Economic Models: Some Conceptual Issues. In: Flichman Guillermo. *Bio-Economic Models applied to Agricultural Systems.* Dordrecht: Springer Netherlands. p. 3-14.  
[http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-1902-6\\_1](http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-1902-6_1)
- Flichman G., Jacquet F. (2003).** Le couplage des modèles agronomiques et économiques : intérêt pour l'analyse des politiques. [Integrating agronomic and economic models for agricultural policy analysis] [En ligne]. *Cahiers d'économie et sociologie rurales*, 2003/04-06, n. 67, p. 51-69.
- Füssler H.-M., Jol A. (2012).** *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012 an indicator-based report.* Copenhagen, Denmark: European Environment Agency (EEA). 304 p. (n. No. 12/2012 ).
- Gafsi M., Dugué P., Jamin J.-Y., Brossier J. (2007).** *Exploitations agricoles familiales en Afrique de l'Ouest et du Centre: enjeux, caractéristiques et éléments de gestion.* Paris: Editions Quae. 472 p.
- Gana A. (2008).** Restructurations agricoles en Tunisie : adaptations et différenciation. *Autrepart*, vol. 46, n. 2, p. 81-96.  
<http://www.cairn.info/revue-autrepart-2008-2-page-81.htm>
- Geday E. (2016 ).** *Smallholders' access to dairy value chain for household food and nutritional security improvement: a study in mixed farming system of Kimbabit and Bahirdar-Zuria districts in Ethiopia.* Université de Montpellier, Montpellier. 273 p.
- Gepts P. (2006).** Plant Genetic Resources Conservation and Utilization. *Crop Science*, vol. 46, n. 5, p. 2278-2292.  
<http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2006.03.0169gas>
- GIZ. (2014).** *Plan régional d'environnement et de développement durable (PREDD) du Gouvernorat de Sidi Bouzid : Document synthétique.* 34 p.
- Gómez M.I., Ricketts K.D. (2013).** Food value chain transformations in developing countries: Selected hypotheses on nutritional implications. *Food Policy*, vol. 42, p. 139-150.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306919213000766>
- Grimm V., Berger U., Bastiansen F., Eliassen S., Ginot V., Giske J., Goss-Custard J., Grand T., Heinz S.K., Huse G., Huth A., Jepsen J.U., Jørgensen C., Mooij W.M., Müller B., Pe'er G., Piou C., Railsback S.F., Robbins A.M., Robbins M.M., Rossmanith E., Rügen N., Strand E., Souissi S., Stillman R.A., Vabø R., Visser U., DeAngelis D.L. (2006).** A standard protocol for describing individual-based and agent-based models. *Ecological Modelling*, vol. 198, n. 1–2, p. 115-126.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304380006002043>
- GTZ. (2007).** *Stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes aux changements climatiques.* . Tunisie: GTZ. 51 p.
- Haji J., Legesse B. (2017).** Impact of sedentarization program on the livelihood and food security of Ethiopian pastoralists. *Journal of Arid Environments*, vol. 136, p. 45-53.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140196316301823>

**Harris G. (2002).** Integrated assessment and modelling—science for sustainability. *Understanding and Solving Environmental Problems in the 21st Century*. Elsevier, p. 5-17.

**Hasler B., Romstad E., Schou J.S. (2003).** The complexity of modelling farmers' provision of landscape goods in a multifunctional setting. *Advances in Ecological Sciences*, vol. 15, p. 163-182.

**Holden S., Shiferaw B. (2004).** Land degradation, drought and food security in a less-favoured area in the Ethiopian highlands: a bio-economic model with market imperfections. *Agricultural Economics*, vol. 30, n. 1, p. 31-49.

[//www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169515003000975](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169515003000975)

**Huber R., Bugmann H., Buttler A., Rigling A. (2013).** Sustainable Land-use Practices in European Mountain Regions under Global Change: an Integrated Research Approach. *Ecology and Society*, vol. 18, n. 3, <https://www.ecologyandsociety.org/vol18/iss3/art37/>

**Huston M. (1995).** Saving the Planet. *The Bulletin of the Ecological Society of America*, vol. 76, n. 2, p. 97-99.

<http://dx.doi.org/10.2307/20167917>

**Iglesias A., Garrote L., Diz A., Schlickenrieder J., Martin-Carrasco F. (2011).** Re-thinking water policy priorities in the Mediterranean region in view of climate change. *Environmental Science & Policy*, vol. 14, n. 7, p. 744-757.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901111000207>

**INC. (2013).** *Les changements des modes de consommation en Tunisie*. Institut national de la consommation. 167 p.

**INS. (2012).** *Mesure de la pauvreté, des inégalités et de la polarisation en Tunisie: 2000 – 2010*. Institut national de la statistique. 52 p.

**Institut de l'olivier. (1999).** *Etude des coûts de production de l'huile d'olive : rapport définitif*. Tunisie: MARH et ONH.

**Institut National de la Statistique. (2013a).** *L'enquête national sur les dépenses, la consommation et le niveau de vie des ménages en 2010 : deuxième partie : volet nutrition*. Tunisie: Institut national de la statistique 117 p.

**Institut National de la Statistique. (2013b).** *L'enquête national sur les dépenses, la consommation et le niveau de vie des ménages en 2010 : première partie : volet budget*. Tunisie: Institut national de la statistique. 177 p.

**IPCC. (2007).** *Climate change 2007 impacts, adaptation and vulnerability contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge (U.K.) New York Melbourne (etc.): Cambridge University Press. 1 vol. (IX-976 p.) p.

**IPCC. (2013).** Summary for Policymakers In: Stocker T-F, Qin Dahe, Plattner G-K, Tignor M, Allen S-K , Boschung J , Nauels A, Xia Y , Bex V, Midgley P-M *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. UK and New York: Cambridge University Press. p. 33-115.

**IUCN. (2009).** IUCN Red List of Threatened Species.

**Janssen S., van Ittersum M.K. (2007).** Assessing farm innovations and responses to policies: A review of bio-economic farm models. *Agricultural Systems*, vol. 94, n. 3, p. 622-636.

[//www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X07000443](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X07000443)

**Jarvis A., Ramirez J., Anderson B., Leibing C., Aggarwal P., Reynolds M. (2010).** Scenarios of climate change within the context of agriculture. *Climate change and crop production*. Wallingford, UK: CABI Publishers, p. 9-37.

**Jouili M. (2009).** Tunisian agriculture: Are small farms doomed to disappear? In: University of Kent. p. 15. 111 EAAE-IAAE Seminar 'Small Farms: decline or persistence', 26th-27th June 2009, Canterbury, United Kingdom. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01180353>

**Jouili M., Kahouli I., Elloumi M. (2013).** Appropriation des ressources hydrauliques et processus d'exclusion dans la région de sidi Bouzid (Tunisie centrale). *Etudes rurales*, vol. 192, n. 2, p. 117-134. <http://www.cairn.info/revue-etudes-rurales-2013-2-page-117.htm>

**Jouili M. (2008).** *Ajustement structurel, mondialisation et agriculture familiale en Tunisie*. Thèse (Dr. d'Université): Université de Montpellier 1, Montpellier (France). 557 p.

**Juristo N., Moreno A.M. (2000).** Introductory paper: Reflections on Conceptual Modelling. *Data & Knowledge Engineering*, vol. 33, n. 2, p. 103-117. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169023X99000476>

**Kahouli I. (2007).** *Étude d'impacts des politiques agricoles et de gouvernance sur la gestion de l'eau d'irrigation. Cas des périmètres irrigués du gouvernorat de Sidi Bouzid*. INAT, Tunisie. (Mémoire de master).

**Kahouli I., Elloumi M. (2011).** *Stratégies des agriculteurs en matière de gestion de l'eau d'irrigation au niveau des périmètres irrigués de la région de Sidi Bouzid : une analyse en terme de gouvernance*. Université de Provence Marseille. 12 p. Colloque international usages écologiques, économiques et sociaux de l'eau agricole en méditerranée : quels enjeux pour quels services ?, 20-21 Janvier 2011, Marseille.

**Karlberg L., Garg K.K., Barron J., Wani S.P. (2015).** Impacts of agricultural water interventions on farm income: An example from the Kothapally watershed, India. *Agricultural Systems*, vol. 136, p. 30-38. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X15000189>

**Kinnucan H., Sexauer B. (1978).** *The Demand for Home-Produced Food by Rural Families*. Oxford University Press. 338-344 p. (vol. 60). *American Journal of Agricultural Economics*,

**Komarek A., Drogué S., Chenoune R., Hawkins J., Msangi S., Belhouchette H., Flichman G. (2017).** Agricultural household effects of fertilizer price changes for smallholder farmers in central Malawi. *Agricultural Systems Journal*, p. 29.

**Kragt M. (2012).** Bioeconomic modelling: Integrating economic and environmental systems? In: *Proceedings of the sixth biennial meeting of the International Environmental Modelling and Software Society*. International Environmental Modelling and Software Society. p. D8. (vol. N/A).

**Kruseman G. (2000).** *Bioeconomic household modelling for agricultural intensification*. Wageningen University, Wageningen. (PhD dissertation).

**Lamanda N., Roux S., Delmotte S., Merot A., Rapidel B., Adam M., Wery J. (2012).** A protocol for the conceptualisation of an agro-ecosystem to guide data acquisition and analysis and expert knowledge integration. *European Journal of Agronomy*, vol. 38, p. 104-116. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030111000839> [http://ac.els-cdn.com/S1161030111000839/1-s2.0-S1161030111000839-main.pdf?\\_tid=d4cb7954-9924-11e6-83b0-00000aacb360&acdnat=1477229595\\_25340c793b0c539ac5067f7dde6eba24](http://ac.els-cdn.com/S1161030111000839/1-s2.0-S1161030111000839-main.pdf?_tid=d4cb7954-9924-11e6-83b0-00000aacb360&acdnat=1477229595_25340c793b0c539ac5067f7dde6eba24)

**Lasram M. (2011).** *Evolution des structures des exploitations agricoles en Tunisie*. Tunisie: New Medit. 12-15 p. (vol 12).

**Latiri K., Lhomme J.P., Annabi M., Setter T.L. (2010).** Wheat production in Tunisia: Progress, inter-annual variability and relation to rainfall. *European Journal of Agronomy*, vol. 33, n. 1, p. 33-42. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030110000249>

[http://ac.els-cdn.com/S1161030110000249/1-s2.0-S1161030110000249-main.pdf?\\_tid=f50148a2-9924-11e6-916c-00000aacb35f&acdnat=1477229649\\_2d3083e45bef1d55836e51b7e2293c3e](http://ac.els-cdn.com/S1161030110000249/1-s2.0-S1161030110000249-main.pdf?_tid=f50148a2-9924-11e6-916c-00000aacb35f&acdnat=1477229649_2d3083e45bef1d55836e51b7e2293c3e)

**Le Gal P.Y., Merot A., Moulin C.H., Navarrete M., Wery J. (2010).** A modelling framework to support farmers in designing agricultural production systems. *Environmental Modelling & Software*, vol. 25, n. 2, p. 258-268.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815208002430>

**Leakey R., Kranjac-Berisavljevic G., Caron P., Craufurd P., Martin A., McDonald A., Abedini W., Affif S., Bakurin N., Bass S. (2009).** Impacts of AKST on development and sustainability goals. In: International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development.

**Livingstone I. (1969).** *An introduction to Economies for Africa*. London, Heinemann: 42 p.

**Lofgren H., Harris R.L., Robinson S. (2002).** *A standard computable general equilibrium (CGE) model in GAMS*. Intl Food Policy Res Inst (IFPRI). (vol. 5).

**Louhichi K., Flichman G., Boisson J.M. (2010).** Bio-economic modelling of soil erosion externalities and policy options: a Tunisian case study. *Journal of Bioeconomics*, vol. 12, n. 2, p. 145-167.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s10818-010-9082-9>

**Louhichi K., Gomez y Paloma S. (2014).** A farm household model for agri-food policy analysis in developing countries: Application to smallholder farmers in Sierra Leone. *Food Policy*, vol. 45, p. 1-13.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306919213001607>  
[http://ac.els-cdn.com/S0306919213001607/1-s2.0-S0306919213001607-main.pdf?\\_tid=a7424166-9924-11e6-bf8a-00000aacb360&acdnat=1477229518\\_91481c36f9f1326139693c04140bfe6b](http://ac.els-cdn.com/S0306919213001607/1-s2.0-S0306919213001607-main.pdf?_tid=a7424166-9924-11e6-bf8a-00000aacb360&acdnat=1477229518_91481c36f9f1326139693c04140bfe6b)

**Louhichi K., Belhouchette H., Wery J., Therond O., Flichman G., Casellas E., Traoré B.S., Rapidel B., Lahmar R. (2008).** *Application of FSSIM in two test case regions to assess agro-environmental policies at farm and regional level*. PD 6.3.2.2. 67 p.

**Louhichi K., Janssen S., Flichman G., van Ittersum K. (2013).** A generic bio-economic model for integrated assessment of agricultural and land use policies at farm and regional levels. *Revue des régions arides*, 01/06/2013, n. 31 [30 sic], p. 367-372.

**Lunven P. (1982).** The nutritional consequences of agricultural and rural development projects. *Food and Nutrition Bulletin*, n. 4, p. 17-22.

**Magombeyi M.S., Morardet S., Taigbenu A.E., Cheron C. (2012).** Food insecurity of smallholder farming systems in B72A catchment in the Olifants River Basin, South Africa. *African Journal of Agricultural Research*, vol. 7, n. 2, p. 278-p. 297.

**Mansour M., Hachicha M. (2014).** Chapter 21 - The Vulnerability of Tunisian Agriculture to Climate Change. In: *Emerging Technologies and Management of Crop Stress Tolerance*. San Diego: Academic Press. p. 485-500.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128008751000211>

**MARH. (2007).** Enquête sur les Structures des Exploitations Agricoles 2004-2005 : Gouvernorat de Sidi Bouzid. Ministre de l'agriculture et des ressources hydrauliques.

**MARH, FAO. (2010).** *Pour une évaluation de la dégradation des terres en Tunisie : Cadre institutionnel et législatif Information et données disponibles Etat des connaissances*. . 63 p.

**Marriott C., Fothergill M., Jeangros B., Scotton M., Louault F. (2004).** Long-term impacts of extensification of grassland management on biodiversity and productivity in upland areas. A review. *Agronomie*, 2004, vol. 24, n. 8, p. 447-462.  
<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00886019>

**Marsh R. (1998).** Building on traditional gardening to improve household food security. *Food nutrition and agriculture*, p. 4-14.

- Martin R., Linstädter A., Frank K., Müller B. (2006).** Livelihood security in face of drought – Assessing the vulnerability of pastoral households. *Environmental Modelling & Software*, n. 0, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815214003028>  
[http://ac.els-cdn.com/S1364815214003028/1-s2.0-S1364815214003028-main.pdf?tid=32de5c32-9925-11e6-bd4c-0000aacb361&acdnat=1477229752\\_1d922d173668033b8c98dde35ca55ffe](http://ac.els-cdn.com/S1364815214003028/1-s2.0-S1364815214003028-main.pdf?tid=32de5c32-9925-11e6-bd4c-0000aacb361&acdnat=1477229752_1d922d173668033b8c98dde35ca55ffe)
- Marx M., Fouquet B., Abdelkafi B.-H., Akremi M., Stoppa A., Sutton W., Whitmore L., Méchali Z. (2013).** *Tunisie : financement du secteur agricole*. Rome (Italie): FAO. 300 p. (Country Highlights, n. 9). [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/tci/docs/FINAL%20Tunisie\\_web.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/tci/docs/FINAL%20Tunisie_web.pdf)
- McIntyre B.D. (2009).** *International assessment of agricultural knowledge, science and technology for development (IAASTD): global report*. Washington (DC) Island Press.
- MEA. (2005).** *Ecosystems and human well-being: current state and trends: findings of the Condition and Trends Working Group*. eds. Washington. Island Press: Millennium Ecosystem Assessment. (vol. 1).
- Misra A.K. (2014).** Climate change and challenges of water and food security. *International Journal of Sustainable Built Environment*, vol. 3, n. 1, p. 153-165.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221260901400020X>  
[http://ac.els-cdn.com/S221260901400020X/1-s2.0-S221260901400020X-main.pdf?tid=9e032368-9924-11e6-8faf-00000aab0f27&acdnat=1477229503\\_fde6113a6594b320a003c22f766aba4f](http://ac.els-cdn.com/S221260901400020X/1-s2.0-S221260901400020X-main.pdf?tid=9e032368-9924-11e6-8faf-00000aab0f27&acdnat=1477229503_fde6113a6594b320a003c22f766aba4f)
- Norton R.D., Hazell P.B. (1986).** *Mathematical programming for economic analysis in agriculture*. Macmillan; London: Collier Macmillan.
- Norton R.D., Scandizzo P.L. (1981).** Market Equilibrium Computations in Activity Analysis Models. *Operations Research*, vol. 29, n. 2, p. 243-262.  
<http://EconPapers.repec.org/RePEc:inm:oropre:v:29:y:1981:i:2:p:243-262>
- ODCO. (2011).** *Sidi Bouzid en chiffres*. Tunisie: Office de Développement du Centre Ouest
- OSS. (2009).** *Indicateurs écologiques du Roselt/OSS désertification et biodiversité des écosystèmes circumsahariens*. Tunisie: Observatoire du Sahara et du Sahel. 52 p. (Les notes introductives, n. 4).
- Padilla M. . (2008).** Alimentation et évolution de la consommation : [Partie 1 : Diagnostics de la situation agricole et agro-alimentaire en Méditerranée - Chapitre 5]. In: Hervieu B., Abis S., Blanc P., Jouvenel H. de. *Mediterra 2008 : les futurs agricoles et alimentaires en Méditerranée*. Paris (France): Presses de Sciences Po. p. 149-171. (Mediterra, n. 10).
- Pascual U., Perrings C. (2007).** Developing incentives and economic mechanisms for in situ biodiversity conservation in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 121, n. 3, p. 256-268.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016788090600449X>
- Pauw K., Thurlow J. (2011).** Agricultural growth, poverty, and nutrition in Tanzania. *Food Policy*, vol. 36, n. 6, p. 795-804.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306919211001151>
- Payne W. (2013).** *CRP 1.1 Dryland Systems: Integrated Agricultural Production Systems for Improved Food Security and Livelihoods in Dry Areas*. Amman, Jordan: CGIAR Research Program on Aquatic Agricultural Systems. 143 p. (Dry Areas).
- Plan bleu. (2008).** Changement climatique et énergie en méditerranée. *Sophia Antipolis*,
- Rabbinge R., Van Latesteijn H.C. (1992).** Long-term options for land use in the European community. *Agricultural Systems*, 1992/01/01, vol. 40, n. 1, p. 195-210.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0308521X9290021F>

- Rapidel B., Defèche C., Traoré B., Lançon J., Wery J. (2006).** In-field development of a conceptual crop functioning and management model: A case study on cotton in southern Mali. *European Journal of Agronomy*, vol. 24, n. 4, p. 304-315.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030106000025>
- Reidsma P., Ewert F., Lansink A.O., Leemans R. (2010).** Adaptation to climate change and climate variability in European agriculture: The importance of farm level responses. *European Journal of Agronomy*, vol. 32, n. 1, p. 91-102.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030109000586>
- Reidsma P., Wolf J., Kanellopoulos A., Schaap B.F., Mandryk M., Verhagen J., van Ittersum M.K. (2015).** Climate Change Impact and Adaptation Research Requires Farming Systems Analysis and Integrated Assessment: A Case Study in the Netherlands. *Procedia Environmental Sciences*, 2015/01/01, vol. 29, p. 286-287.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029615004491>
- Reynaud A. (2009).** Adaptation à court et à long terme de l'agriculture au risque de sécheresse: une approche par couplage de modèles biophysiques et économiques. *Rev. d'étude Agri Environ*, n. 90, p. 121-154.
- Reynolds J.F. (2017).** Desertification. In: *Reference Module in Life Sciences*. Elsevier.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128096338020896>
- Richard J.-F. (2006).** Le devenir de l'agriculture tunisienne face à la libéralisation des échanges. *Afrique contemporaine*, n. 3, p. 29-42.
- Robertson G.P., Swinton S.M. (2005).** Reconciling agricultural productivity and environmental integrity: a grand challenge for agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2005/02/01, vol. 3, n. 1, p. 38-46.  
[http://dx.doi.org/10.1890/1540-9295\(2005\)003\[0038:RAPAEI\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/1540-9295(2005)003[0038:RAPAEI]2.0.CO;2)  
<http://www.esajournals.org/doi/pdf/10.1890/1540-9295%282005%29003%5B0038%3ARAPAEI%5D2.0.CO%3B2>
- Robinson J. (1953).** The production function and the theory of capital. *The Review of Economic Studies*, vol. 21, n. 2, p. 81-106.
- Rojat D., Maurel F., Leyronas S. (2015).** *Surexploitation des ressources en eau souterraine : quelles solutions ?* Paris: AFD. (n. 24).  
<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01145390>
- Rufino M.C., Tiftonell P., Reidsma P., López-Ridaura S., Hengsdijk H., Giller K.E., Verhagen A. (2009).** Network analysis of N flows and food self-sufficiency—a comparative study of crop-livestock systems of the highlands of East and southern Africa. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, vol. 85, n. 2, p. 169-186.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s10705-009-9256-9>
- Sadoulet E., De Janvry A. (1995).** *Quantitative Development Policy Analysis*. Johns Hopkins University Press.
- Salter J., Robinson J., Wiek A. (2010).** Participatory methods of integrated assessment—a review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, vol. 1, n. 5, p. 697-717.  
<http://dx.doi.org/10.1002/wcc.73>
- Saltzman A., Birol E., Wiesman D., Prasai N., Yohannes Y., Menon P., Thompson J. (2014).** *2014 Global Hunger Index: The challenge of hidden hunger*. Intl Food Policy Res Inst (IFPRI). 54 p.
- Sanfo S., Gérard F. (2012).** Public policies for rural poverty alleviation: The case of agricultural households in the Plateau Central area of Burkina Faso. *Agricultural Systems*, vol. 110, p. 1-9.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X12000339>  
[http://ac.els-cdn.com/S0308521X12000339/1-s2.0-S0308521X12000339-main.pdf?\\_tid=d730f8d6-9924-11e6-a173-0000aacb360&acdnat=1477229599\\_a0711d8aa1aa0d143a894bf164f59093](http://ac.els-cdn.com/S0308521X12000339/1-s2.0-S0308521X12000339-main.pdf?_tid=d730f8d6-9924-11e6-a173-0000aacb360&acdnat=1477229599_a0711d8aa1aa0d143a894bf164f59093)
- Sassi M., Cardaci A. (2013).** Impact of rainfall pattern on cereal market and food security in Sudan: Stochastic approach and CGE model. *Food Policy*, vol. 43, p. 321-331.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306919213000687>

**Scherr S.J., McNeely J.A. (2008).** *conservation de la biodiversité et la Durabilité agricole: Vers un nouveau paradigme de paysages 'écoagricoles'*. Philos Trans Roy Soc B: Biol Sci. 477-494 p. (vol. 363).

**Schmidt M., Pearson O. (2016).** Pastoral livelihoods under pressure: Ecological, political and socioeconomic transitions in Afar (Ethiopia). *Journal of Arid Environments*, vol. 124, p. 22-30.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140196315300124>

**Selmi S., Elloumi M., Alary V. (2005).** *Les stratégies des éleveurs de la communauté de Zoghmar face à la libéralisation*. ICARDA/ INRAA/ CIRAD. Actes de l'atelier final du projet FEMISE (FEM2-02-21-05) "Les obstacles aux transferts technologiques dans les petites et moyennes exploitations des zones arides et semi arides du Maghreb", 6-7 déc. 2004, Alger.

**Selmi S., Alary V., Elloumi M. (2004).** Engraissement et commercialisation des ovins : le rôle de l'Aïd El Idha dans le stratégies des éleveurs de la communauté de Zoghmar - Sidi Bouzid Tunisie. *New Medit*, 2004/06, vol. 3, n. 2, p. 21-27.

**Selmi S., Elloumi M. (2007).** Tenure foncière, mode de gestion et stratégies des acteurs le cas des parcours du Centre et du Sud tunisien. *Vertigo*, n. H.S.4,

<http://vertigo.revues.org/695>

**Sirén A., Parvinen K. (2015).** A spatial bioeconomic model of the harvest of wild plants and animals. *Ecological Economics*, vol. 116, p. 201-210.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800915001731>

**Sivakumar M.V.K., Das H.P., Brunini O. (2005).** Impacts of Present and Future Climate Variability and Change on Agriculture and Forestry in the Arid and Semi-Arid Tropics. *Climatic Change*, vol. 70, n. 1, p. 31-72.

<http://dx.doi.org/10.1007/s10584-005-5937-9>

**Smitasiri S. (2000).** A comment on how the nutritional impact of agricultural innovations can be enhanced. *Food and Nutrition Bulletin*, vol. 21, n. 4, p. 503-506.

**Stone G.P. (1954).** City shoppers and urban identification: observations on the social psychology of city life. *American Journal of Sociology*, vol. 60, n. 1, p. 36-45.

**Sudan Institutional Capacity Programme: Food Security Information in Action (SIFSIA). (2012).** *South Sudan Food Security Update*. Rome: FAO. 6 p. (vol 19).

[http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/sifsia/docs/FS\\_bulletin\\_April2012.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/sifsia/docs/FS_bulletin_April2012.pdf)

**Tarrasón D., Ravera F., Reed M.S., Dougill A.J., Gonzalez L. (2016).** Land degradation assessment through an ecosystem services lens: Integrating knowledge and methods in pastoral semi-arid systems. *Journal of Arid Environments*, vol. 124, p. 205-213.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140196315300264>

**Tessema Y., Asafu-Adjaye J., Rodriguez D., Mallawaarachchi T., Shiferaw B. (2015).** A bio-economic analysis of the benefits of conservation agriculture: The case of smallholder farmers in Adami Tulu district, Ethiopia. *Ecological Economics*, vol. 120, p. 164-174.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800915004280>

**Thabet B., Laajimi A., Thabet C., Bensaïd M. (2015).** Agricultural and Food Policies in Tunisia: From a Seemingly Solid Performance to Unsustainable Revealed Achievements. In: Petit Michel, Montaigne Etienne, El Hadad-Gauthier Fatima, García Álvarez-Coque María José, Mattas Konstadinos, Mili Samir. *Sustainable Agricultural Development: Challenges and Approaches in Southern and Eastern Mediterranean Countries*. Cham: Springer International Publishing. p. 83-101.

[http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-17813-4\\_4](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-17813-4_4)

[http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-17813-4\\_4](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-17813-4_4)

**Theil H. (1976).** Theory and Measurement of Consumer Demand. Amsterdam: North-Holland. In: Thomas Duncan. *"Intra-household Resource Allocation: An Inferential Approach."*. Journal of Human Resources.

**Thompson H.E., Berrang-Ford L., Ford J.D. (2010).** Climate Change and Food Security in Sub-Saharan Africa: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, vol. 2, n. 8,

**Thornton P.K., Jones P.G., Ericksen P.J., Challinor A.J. (2011).** Agriculture and food systems in sub-Saharan Africa in a 4<sup><sup>°</sup>C+ world. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 369, n. 1934, p. 117-136.</sup>

**Tilman D., Cassman K.G., Matson P.A., Naylor R., Polasky S. (2002).** Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, vol. 418, n. 6898, p. 671-677.  
<http://dx.doi.org/10.1038/nature01014>

**Toro-Mujica P., Aguilar C., Vera R., Rivas J., García A. (2015).** Sheep production systems in the semi-arid zone: Changes and simulated bio-economic performances in a case study in Central Chile. *Livestock Science*, vol. 180, p. 209-219.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871141315003170>

**Tovignan D.S. (2010).** Agricultural Value Chain Modelling and Governance: The Case of Shea Butter in Benin. In: Tropentag. "World Food System - A Contribution from Europe", 14-16 Septembre 2010, Zurich, Germany.

**UNCCD. (2000).** An introduction to the United Nations Convention to combat desertification.

**UNDP. (2006).** Human Development Report 2006 Published for the United Nations Development Programme (UNDP) Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis.

**van Ittersum M.K., Ewert F., Heckeley T., Wery J., Alkan Olsson J., Andersen E., Bezlepina I., Brouwer F., Donatelli M., Flichman G., Olsson L., Rizzoli A.E., van der Wal T., Wien J.E., Wolf J. (2008).** Integrated assessment of agricultural systems – A component-based framework for the European Union (SEAMLESS). *Agricultural Systems*, vol. 96, n. 1–3, p. 150-165.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X07000893>

**van Wijk M.T., Rufino M.C., Enahoro D., Parsons D., Silvestri S., Valdivia R.O., Herrero M. (2014).** Farm household models to analyse food security in a changing climate: A review. *Global Food Security*, vol. 3, n. 2, p. 77-84.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211912414000133>  
[http://ac.els-cdn.com/S2211912414000133/1-s2.0-S2211912414000133-main.pdf?\\_tid=93a25786-9924-11e6-b598-00000aacb360&acdnat=1477229485\\_5f1ab39ee37c614cc0376b780532a12b](http://ac.els-cdn.com/S2211912414000133/1-s2.0-S2211912414000133-main.pdf?_tid=93a25786-9924-11e6-b598-00000aacb360&acdnat=1477229485_5f1ab39ee37c614cc0376b780532a12b)

**Volk M., Ewert F. (2011).** Scaling methods in integrated assessment of agricultural systems—State-of-the-art and future directions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 142, n. 1–2, p. 1-5.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880910002823>

**Von Braun J. (1995).** Agricultural commercialization: impacts on income and nutrition and implications for policy. *Food Policy*, vol. 20, n. 3, p. 187-202.

**Walliser B. (1977).** *Systèmes et modèles: introduction critique à l'analyse de systèmes*. Paris: Editions du Seuil. 249 p.

**Wery J. (2016).** *A protocol for conceptualisation of a problem into a system in agriculture*. SupAgro, Montpellier. 13 p. (Teaching document).

**White R.P., Nackoney J. (2003).** *Drylands, people, and ecosystem goods and services: a web-based geospatial analysis* 56 p.  
<http://www.wri.org/sites/default/files/uploads/drylands.pdf>

**White R.P., Tunstall D.B., Henninger N. (2002).** *An ecosystem approach to drylands: building support for new development policies. Information Policy Brief No.1.* Washington, DC: World Resources Institute

**Willet C.W. (2003).** *La pyramide alimentaire américaine.* Washington (D.C.): United States Department of Agriculture.

**Wossen T., Berger T., Swamikannu N., Ramilan T. (2014).** Climate variability, consumption risk and poverty in semi-arid Northern Ghana: Adaptation options for poor farm households. *Environmental Development*, vol. 12, p. 2-15.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211464514000694>

**WWDR. (2015).** *Water for a Sustainable World.* U.N: World Water Development Report.

**Yotopoulos P.A., Lau L.J. (1974).** On modeling the agricultural sector in developing economies. An integrated approach of micro and macroeconomics. *Journal of Development Economics*, vol. 1, p. 105-127.

## TABLE DES MATIERES

<b>Contexte, problématique et démarche générale</b>	<b>0</b>
<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>Démarche générale de la thèse</b>	<b>9</b>
<b>Structure de la thèse</b>	<b>12</b>
<b>Partie 1 : Enquêtes et description des exploitations étudiées</b>	<b>13</b>
<b>1. Introduction</b>	<b>14</b>
<b>2. Démarche</b>	<b>17</b>
<b>3. Caractérisation de la diversité agricole globale et zonage des activités agricoles à Sidi Bouzid</b>	<b>19</b>
3.1. Diagnostic global de la zone :	19
3.1.1. Découpage administratif	19
3.2. Systèmes de culture et d'élevage dominants	20
3.2.1. Systèmes de culture	20
3.2.2. Systèmes d'élevage	21
3.3. Zones agricoles homogènes	22
<b>4. Echantillonnage à dire d'experts</b>	<b>23</b>
Quels critères de classification ?	25
Quels critères de sélection et quels agriculteurs enquêter ?	26
4.1. Entretiens agriculteurs	27
4.1.1. Description de l'échantillon	28
Structure des exploitations	28
Activités agricoles	29
Facteurs de production et intensification	32
Profil des irrigants	33
Elevage	36
Travail agricole	40
Caractéristiques des ménages agricoles	40
4.2. Identification des types de ménages agricoles représentatifs	41
4.2.1. Description des types	44
Type 1	44
Type 2	45
Type 3	45
4.3. Validation de la caractérisation de la diversité agricole et désagrégation à l'ensemble des délégations :	46
<b>5. Analyse technicoéconomique du fonctionnement des exploitations et importance de l'autoconsommation des ménages agricoles</b>	<b>49</b>
5.1. Collecte de données	49
5.2. Description des ménages agricoles	49
5.2.1. Composition des ménages	49
5.2.2. Volet production :	50
Ménage 1	50
Ménage 2	50
Ménage 3	51
Ménage 4	52
Ménage 5	52

Ménage 6	53
Ménage 7	53
Ménage 8	54
Ménage 9	54
5.2.3. Place de l'autoconsommation pour les ménages agricoles étudiés :	57
Concepts et définitions	57
Description de la consommation agricole des ménages	59
5.3. Analyse des résultats	65
Systèmes de production :	65
Revenus et Performances	67
Consommation	71
Conclusion	73
<b>6. Les données des exploitations enquêtées</b>	<b>78</b>
<b>Partie 2 : Modélisation bio économique des ménages</b>	<b>87</b>
<b>1. Modélisation des ménages agricoles</b>	<b>88</b>
1.1. Introduction	88
1.2. Démarche	91
<b>2. Modélisation conceptuelle :</b>	<b>92</b>
2.1. Le modèle conceptuel des ménages agricoles de Sidi Bouzid	93
<b>3. Collecte de données</b>	<b>97</b>
<b>4. Modélisation numérique</b>	<b>99</b>
4.1. Fonction objectif :	99
4.2. Contraintes :	100
Contraintes de ressources :	100
Contraintes de force de travail :	100
Agronomiques :	100
D'équilibre :	101
Alimentaires :	102
<b>5. Démarche de construction du modèle</b>	<b>104</b>
5.1. Modèle d'exploitation	105
5.2. Autoconsommation : valorisation monétaire	107
5.3. Autoconsommation : valorisation monétaire et nutritionnelle	109
5.4. Achats d'aliments sur le marché	110
5.5. Achats d'aliments sur le marché : contrainte budgétaire	112
5.6. Achats d'aliments sur le marché : préférences et habitudes alimentaires	114
<b>6. Conclusion</b>	<b>115</b>
<b>Partie 3 : Formulation des scénarios et simulations</b>	<b>117</b>
<b>1. Introduction</b>	<b>118</b>
<b>2. Contexte : menaces du changement climatique et cadre de formulation des scénarios à simuler</b>	<b>118</b>
Changement climatique : quel constat pour la Tunisie ?	118
Formulation de scénarios	120
Cadre de formulation des scénarios	124
<b>3. Planification des simulations</b>	<b>125</b>
3.1. Les ménages	125

3.2.	Les simulations _____	130
<b>4.</b>	<b>Choix d'indicateurs _____</b>	<b>131</b>
4.1.	Revenu _____	132
4.2.	Consommation alimentaire _____	132
4.3.	Décisions de production _____	133
4.4.	Synthèse des indicateurs _____	134
<b>5.</b>	<b>Résultats des simulations _____</b>	<b>135</b>
5.1.	Evaluation du modèle : Résultats du calibrage _____	135
5.2.	Analyse des scénarios _____	138
5.2.1.	Scénarios des forces extérieures de changement climatique _____	138
	Scénario S_Parcours : baisse de 30% du rendement des terres de parcours _____	138
	Scénario S_Eau : baisse de 22% de la disponibilité de l'eau d'irrigation _____	142
5.2.2.	Scénario S-Huile : Vente d'huile d'olive sans considération du changement climatique ___	147
5.2.3.	Scénarios combinés _____	152
	Scénario S_Parcours + Huile : Vente d'huile d'olive et baisse de 30% du rendement des parcours	152
	Scénario S_Eau + Huile : Vente d'huile d'olive et baisse de 22% de la disponibilité d'eau d'irrigation _____	153
<b>6.</b>	<b>Conclusion _____</b>	<b>154</b>
	<b><i>Discussion générale</i> _____</b>	<b>156</b>
	<b>Retour sur la démarche méthodologique _____</b>	<b>157</b>
	La typologie _____	157
	La conception du modèle bio économique _____	158
	Positionnement par rapport à la problématique de sécurité alimentaire : _____	158
	L'autoconsommation des ménages producteurs dans le modèle : _____	159
	La fonction de demande alimentaire : _____	159
	Le besoin en données du modèle : _____	159
	Mesure de relance : _____	160
	<b>Retour sur les résultats _____</b>	<b>162</b>
	Caractérisation de la diversité agricole et identification des scénarios _____	162
	Modèle bio économique de simulation : résultats des simulations _____	168
	Revenu _____	168
	Consommation _____	169
	Décisions de productions _____	170
	<b>Conclusion _____</b>	<b>172</b>
	<b><i>Références bibliographiques</i> _____</b>	<b>174</b>
	<b>TABLE DES MATIERES _____</b>	<b>188</b>
	<b>LISTE DES FIGURES _____</b>	<b>191</b>
	<b>LISTE DES TABLEAUX _____</b>	<b>193</b>
	<b>LISTE DES CARTES _____</b>	<b>195</b>
	<b>LISTE DES EQUATIONS _____</b>	<b>195</b>
	<b>ANNEXES _____</b>	<b>196</b>

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Démarche générale de la thèse .....	11
Figure 2 : Déterminants de la diversité des ménages agricoles .....	16
Figure 3 : démarche de description de la diversité agricole de Sidi Bouzid.....	17
Figure 4 : Démarche de découpage agricole de la zone .....	18
Figure 5 : répartition de la SAU des principaux groupes de cultures.....	20
Figure 6 : répartition de la SAU des principales cultures par délégation.....	20
Figure 7 : répartition des SAU des grandes cultures et maraichage entre les délégations de Sidi Bouzid.....	21
Figure 8 : effectif animal de Sidi Bouzid (2014).....	21
Figure 9 : répartition du cheptel des principaux élevages entre les délégations de Sidi Bouzid.....	22
Figure 10 : pourcentages d'exploitations agricoles dans chaque zone .....	23
Figure 11 : la répartition de l'échantillon enquêté entre les classes de superficie d'exploitation .....	28
Figure 12 : Répartition des exploitations agricoles de Sidi Bouzid par classes de superficie .....	29
Figure 13 : Orientations culturelles par exploitant .....	30
Figure 14 : importance des groupes de cultures conduites en sec et en irrigué pour l'ensemble des exploitations enquêtées.....	30
Figure 15 : score de diversité cultivée .....	31
Figure 16 : répartition du score de diversité cultivée pour l'ensemble des exploitations enquêtées.....	31
Figure 17 : irrigation et usage d'intrants chimiques.....	32
Figure 18: Variation du rendement du blé dur et de l'orge entre 2003 et 2014 (q/ha).....	33
Figure 19 : source d'eau des irrigants enquêtés.....	34
Figure 20 : Energie utilisée pour l'irrigation.....	34
Figure 21 : Vocations des surfaces irriguées pour le sous échantillon des irrigants enquêté .....	35
Figure 22 : vocations des surfaces irriguées pour l'ensemble des agriculteurs irrigants de Sidi Bouzid .....	35
Figure 23 : Taille moyenne du cheptel des irrigants et non irrigants .....	36
Figure 24 : fréquence des activités d'élevage .....	37
Figure 25 : pourcentage d'exploitants ayant des activités d'élevage selon type d'élevage.....	37
Figure 26 : taille du cheptel ovin dans l'échantillon .....	38
Figure 27 : répartition des éleveurs par classes de taille de cheptel ovin pour l'échantillon enquêté.....	38
Figure 28 : Répartition des éleveurs ovins par classes de taille de cheptel ovin à partir des données officielles ..	39
Figure 29 : profils des éleveurs ovins.....	39
Figure 30 : la main d'œuvre employée sur l'exploitation.....	40
Figure 31 : Revenu d'hors exploitation et autoconsommation .....	41
Figure 32 : fréquence des exploitants ayant un revenu en dehors des revenus de l'exploitation à partir des données officielles.....	41
Figure 33 : La non vente de l'exploitation.....	57
Figure 34 : surface par groupe de culture pour les systèmes de production identifiés.....	67
Figure 35 : consommation d'olives des ménages comparée à la moyenne régionale.....	73
Figure 36 : consommation d'olives des ménages comparée à la moyenne régionale.....	73
Figure 37 : Pourcentage d'occupation de la surface d'exploitation des cultures maraichères et leur contribution dans le revenu agricole / par système de production .....	75
Figure 38 : Pourcentage d'occupation de la surface d'exploitation des parcours et la part des revenus de l'élevage dans le revenu agricole / par système de production.....	76
Figure 39 : Pourcentage d'occupation de la surface d'exploitation des arbres et leur contribution dans le revenu agricole / par système de production.....	76
Figure 40 : Surface oléicole par rapport à la surface de l'exploitation et revenu oléicole par rapport au revenu agricole; pour chaque système de production.....	76
Figure 41 : démarche méthodologique pour la modélisation .....	91
Figure 42 : Non séparabilité au sein des ménages producteurs.....	94

Figure 43 : modèle conceptuel.....	95
Figure 44 : cadre de formulation des scénarios .....	125
Figure 45 : consommation d'huile d'olive par les ménages comparée à la consommation moyenne régionale	128
Figure 46 : pourcentage d'olives vendues par ménage .....	128
Figure 47 : Revenu monétaire par membre des ménages agricoles et le revenu national moyen.....	132
Figure 48 : revenu monétaire des ménages 1 et 2 pour le scénario de base et le scénario S_Parcours .....	138
Figure 49 : dépenses pour l'alimentation animale des ménages 1 et 2 pour le scénario de base et le scénario S_parcours.....	139
Figure 50 : surface de parcours des ménages 1 et 2 pour le scénario de base et le scénario S_parcours .....	139
Figure 51 : indicateur de charge des parcours des ménages 1 et 2 pour le scénario de base et le scénario S_Parcours.....	141
Figure 52 : revenu monétaire des ménages 4 et 5 pour le scénario de base et le scénario S_Eau .....	142
Figure 53 : plan de production du ménage 4 (hors parcours) pour le scénario de base et le scénario S_Eau.....	143
Figure 54 : plan de production du ménage 5 pour le scénario de base et le scénario S_Eau.....	143
Figure 55 : revenu monétaire du ménage 1 pour les scénarios S_Parcours, S_parcours -40%, S_parcours -50%, S_parcours -60%.....	145
Figure 56 : part des dépenses alimentaires du ménage 1 dans son revenu monétaire pour les scénarios S_Parcours, S_parcours -40%, S_parcours -50% et S_parcours -60%.....	146
Figure 57 : revenus monétaires modélisés des ménages : 1, 2, 4 et 5 pour le scénario de base et le scénario de vente d'huile d'olive .....	147
Figure 58 : plan de production du ménage 1 pour le scénario de base et le scénario de vente d'huile (hors parcours privés) .....	148
Figure 59 : revenu monétaire du ménage 1 pour la simulation de S_Huile avec une main d'œuvre familiale gratuite et payée .....	151
Figure 60 : revenu monétaire par membre du ménage 1 pour la simulation de S_Huile avec une main d'œuvre familiale gratuite et payée .....	152
Figure 61 : revenus monétaires des ménages 1 et 2 pour la situation de base, le scénario S_Parcours et le scénario combiné S_Parcours+Huile (dinars/an/ménage) .....	153
Figure 62 : revenus monétaires des ménages 4 et 5 pour la situation de base, le scénario S_Eau et le scénario combiné S_Eau+Huile (dinars/an/ménage).....	154
Figure 65 : prévalence de malnutritions carencielles .....	3
Figure 66 : prévalence de l'hypercholestérolémie.....	3
Figure 67 : prévalence de l'hypertension artérielle .....	3
Figure 68 : prévalence du diabète dans les différentes régions en Tunisie.....	3

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Zones agricoles homogènes.....	22
Tableau 2 : attendus des entretiens avec un groupe d'experts locaux pour l'échantillonnage.....	24
Tableau 3 : échantillonnage à dire d'experts .....	27
Tableau 4 : pluviométrie, humidité et températures moyennes entre 2008 et 2010 à Sidi Bouzid.....	33
Tableau 5 : pourcentage d'exploitants ayant une activité d'élevage selon l'accès à l'irrigation.....	36
Tableau 6 : Critères de classification identifiés à dire d'experts pour l'ensemble de l'échantillon enquêté .....	43
Tableau 7 : types d'exploitations .....	44
Tableau 8 : description des types d'exploitations .....	46
Tableau 9: présentation des entretiens de validation et de désagrégation de la typologie .....	47
Tableau 10 : effectif des ménages agricoles enquêtés.....	50
Tableau 11 : pourcentage vendu de la production.....	54
Tableau 12 : part du maraichage, arboriculture et élevage dans le revenu agricole des exploitations .....	55
Tableau 13 : revenus du ménage (par membre) : agricole (à l'ha, par jour de travail familial et par membre) et non agricole.....	56
Tableau 14 : Autoconsommation par membre par an des ménages enquêtés .....	63
Tableau 15 : apport nutritionnel journalier de l'autoconsommation des ménages producteurs.....	64
Tableau 16 : Types d'exploitation et systèmes de production des 9 ménages enquêtés.....	65
Tableau 17 : systèmes de production des 9 exploitations enquêtées.....	70
Tableau 18 : score de diversité de l'autoconsommation des ménages enquêtés (par groupe d'aliments).....	72
Tableau 19 : tableau de conduite de l'exploitation du ménage 1 .....	78
Tableau 20 : tableau de conduite de l'exploitation du ménage 2 .....	79
Tableau 21 : tableau de conduite de l'exploitation du ménage 3 .....	80
Tableau 22 : tableau de conduite de l'exploitation du ménage 4 .....	81
Tableau 23 : tableau de conduite de l'exploitation du ménage 5 .....	82
Tableau 24 : tableau de conduite de l'exploitation du ménage 6 .....	83
Tableau 25 : tableau de conduite de l'exploitation du ménage 7 .....	84
Tableau 26 : tableau de conduite de l'exploitation du ménage 8 .....	85
Tableau 27 : tableau de conduite de l'exploitation du ménage 9 .....	86
Tableau 28 : Modèles bioéconomiques de ménages agricoles dans les pays en développement.....	90
Tableau 29 : structure de l'exploitation réelle utilisée pour la présentation de la démarche de construction du modèle .....	105
Tableau 30 : assolement simulé avec le modèle d'exploitation (avec et sans le risque).....	106
Tableau 31 : valeurs duales des contraintes du modèle d'exploitation .....	106
Tableau 32 : résultat des simulations de la seconde étape de construction du modèle (avec et sans le risque) .....	108
Tableau 33 : résultats des simulations de la 3 <sup>ème</sup> étape de construction du modèle.....	109
Tableau 34 : Taux de couverture nutritionnelle du ménage : 3 <sup>ème</sup> étape de construction du modèle.....	110
Tableau 35 : cout à l'achat d'un mg de calcium par aliment.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 36 : surface cultivée et autoconsommation simulés ; 4 <sup>ème</sup> étape de construction du modèle.....	112
Tableau 37 : taux de couverture en nutriments par rapport aux recommandations pour les simulations de l'achat d'aliments sur le marché sans contrainte budgétaire (étape 4) et avec la contrainte budgétaire (étape 5).....	113
Tableau 38 : surfaces, autoconsommation et vente .....	114
Tableau 39 : surfaces cultivées et quantités autoconsommées et vendues des cultures du ménage 1.....	115
Tableau 40 : quantités consommées et achetées des aliments produits après la mise en place de la fonction de consommation (LES).....	115
Tableau 41 : activités agricoles principales des exploitants à Sidi Bouzid en 2011 .....	121
Tableau 42 : surface irrigable dans les différents gouvernorats Tunisiens. ....	122
Tableau 43 : définition des scénarios .....	123
Tableau 44 : comparaison des deux ménages non irrigants : structure et performances.....	126

Tableau 45 : comparaison des deux ménages irrigants : structure et performances.....	127
Tableau 46 : nombre de pieds et production oléicoles pour les ménages sélectionnés.....	129
Tableau 47 : ratio du pourcentage de la surface occupée par les oliviers par le revenu monétaire des oliviers dans le revenu agricole des ménages.....	129
Tableau 48 : tableau comparatif des quatre ménages réels pour la planification des simulations .....	130
Tableau 49 : planification des simulations .....	130
Tableau 50 : rentabilité de l'eau d'irrigation pour les ménages 4 et 5 .....	134
Tableau 51 : Liste d'indicateurs d'analyse des scénarios.....	135
Tableau 52 : résultats du calibrage des 4 ménages réels.....	137
Tableau 53 : surface céréales et parcours des ménages 1 et 2 pour le scénario de base et le scénario S_parcours .....	140
Tableau 54 : quantité de blé vendu par les deux ménages 1 et 2 pour le scénario de base et le scénario S_Parcours.....	140
Tableau 55 surface des cultures maraichères des ménages 1 et 2 pour le scénario de base et le scénario S_Parcours.....	140
Tableau 56 : main d'œuvre achetée par genre pour les ménages 1 et 2 et pour le scénario de base et le scénario S_Parcours.....	140
Tableau 57 : autoconsommation des ménages 1 et 2 pour le scénario de base et le scénario S_Parcours.....	141
Tableau 58 : dépenses alimentaire et consommation caloriques des ménages 1 et 2 pour le scénario de base et les scénario S_parcours.....	142
Tableau 59 : autoconsommation des ménages 4 et 5 pour le scénario de base et le scénario S_Parcours.....	144
Tableau 60 : dépenses alimentaire et consommation caloriques des ménages 4 et 5 pour le scénario de base et le scénario S_eau .....	144
Tableau 61 : autoconsommation du ménage 1 pour les scénarios S_Parcours, S_parcours -40%, S_parcours -50%, S_parcours -60%.....	146
Tableau 62 : main d'œuvre masculine et féminine achetée pour le scénario de base et le scénario de vente d'huile d'olive.....	147
Tableau 63 : L'autoconsommation agricole des 4 ménage exprimée en valeur monétaire et en apport calorique pour le scénario de base et le scénario de vente d'huile d'olive.....	148
Tableau 64 : niveaux de consommation d'olives des 4 ménages pour le scénario de base et le scénario de vente d'huile.....	149
Tableau 65 : Les aliments achetés par le ménage 1 pour le scénario de base et le scénario S_huile.....	149
Tableau 66 : couverture des besoins nutritionnels du ménage 1 pour le scénario de base et le scénario S_Huile .....	150
Tableau 67 : main d'œuvre totale (familiale et achetée) pour le scénario de base et le scénario S_Huile .....	151
Tableau 68 : Evolution du revenu monétaire des ménages 1 et 2 pour les scénarios S_Parcours et S_Parcours+Huile.....	152
Tableau 69 : Evolution du revenu monétaire des ménages 4 et 5 pour les scénarios S_Parcours et S_Eau+Huile .....	153
Tableau 70 : comparaison de l'agriculture familiale et d'entreprise.....	4

## LISTE DES CARTES

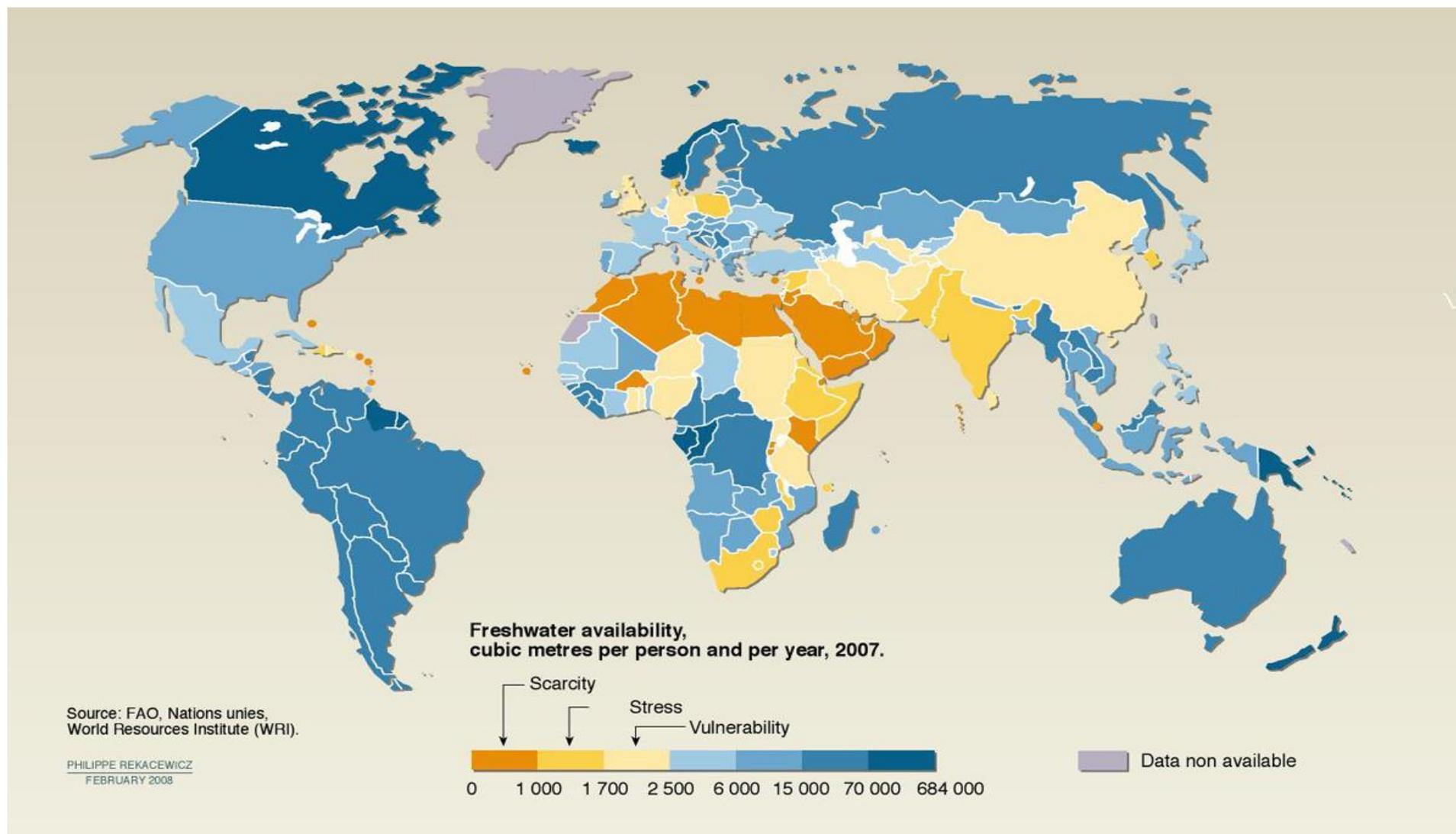
<i>Carte 1 : Limites administratives des délégations du Gouvernorat de Sidi Bouzid</i> .....	19
<i>Carte 2 : zonages des systèmes agricoles dominants et nombre d'agriculteurs</i> .....	23
<i>Carte 3 : Répartition des entretiens réalisés par zone</i> .....	27
<i>Carte 4 : Typologie spatialisée</i> .....	48

## LISTE DES EQUATIONS

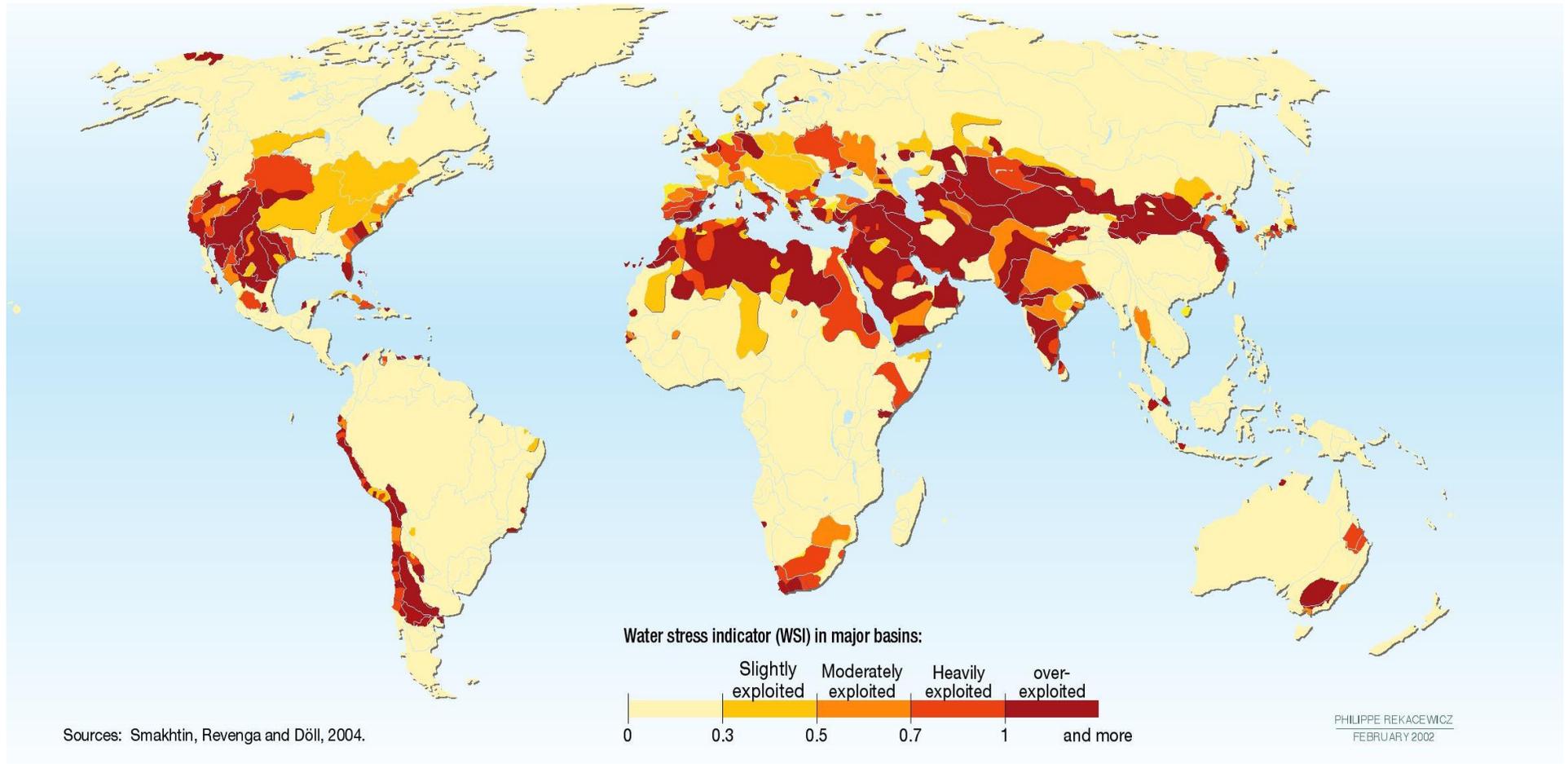
<i>Équation 1 : calcul des parts budgétaires par aliment</i> .....	99
<i>Équation 2 : la fonction objectif</i> .....	99
<i>Équation 3: le revenu global</i> .....	99
<i>Équation 4 : Contrainte de ressources</i> .....	100
<i>Équation 5 : contrainte de travail par genre</i> .....	100
<i>Équation 6 : Contrainte rotation</i> .....	100
<i>Équation 7 : surface de production de fourrages</i> .....	101
<i>Équation 8 l'autoproduction de fourrages sur l'exploitation</i> .....	101
<i>Équation 9 : contrainte de disponibilité de fourrages sur l'exploitation</i> .....	101
<i>Équation 10 : Contrainte équilibre de production</i> .....	101
<i>Équation 11 : Contrainte équilibre de consommation</i> .....	101
<i>Équation 12 : Contrainte équilibre besoin en herbe du cheptel</i> .....	102
<i>Équation 13: Calcul des nutriments consommés par le ménage</i> .....	102
<i>Équation 14 : contraintes min et max de la consommation en nutriments du ménage</i> .....	102
<i>Équation 15 : calcul des dépenses alimentaires du ménage</i> .....	103
<i>Équation 16 : contrainte budgétaire de dépenses alimentaires</i> .....	103
<i>Équation 17 : Contrainte quantitative de consommation pour chaque aliment</i> .....	103
<i>Équation 18: Equation de consommation alimentaire</i> .....	104
<i>Équation 19 : paramètres fonction de demande</i> .....	104
<i>Équation 20 : calcul de la déviation entre les simulations et observations pour le calibrage du modèle</i> .....	136

## **ANNEXES**

## Annexe 1 : Carte des niveaux de stress hydrique par pays



## Annexe 2 : carte des niveaux de surexploitation des ressources hydriques par pays



### Annexe 3 : prévalence de malnutritions carentielles, de l'hypercholestérolémie, du diabète et de l'hypertension artérielle dans les différentes régions en Tunisie

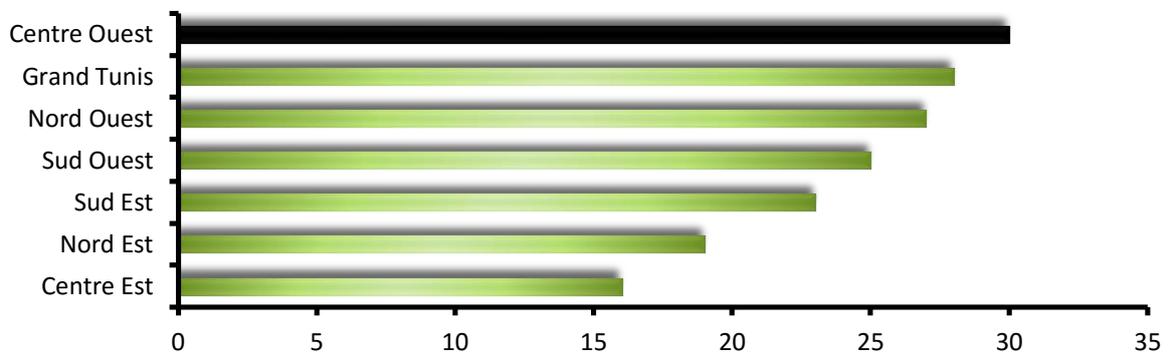


Figure 63 : prévalence de malnutritions carentielles

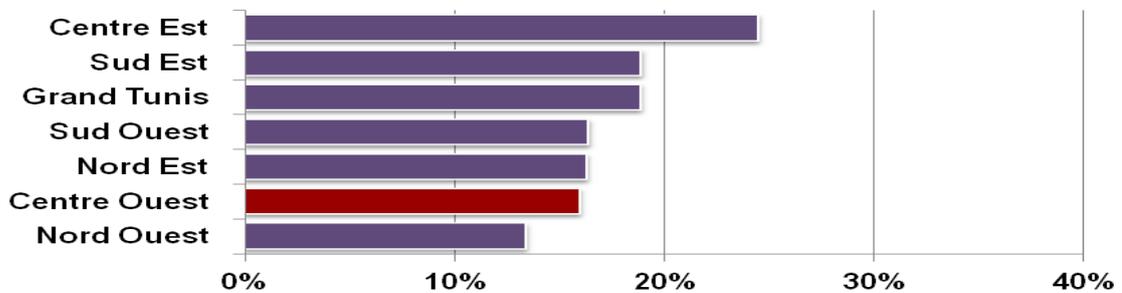


Figure 64 : prévalence de l'hypercholestérolémie

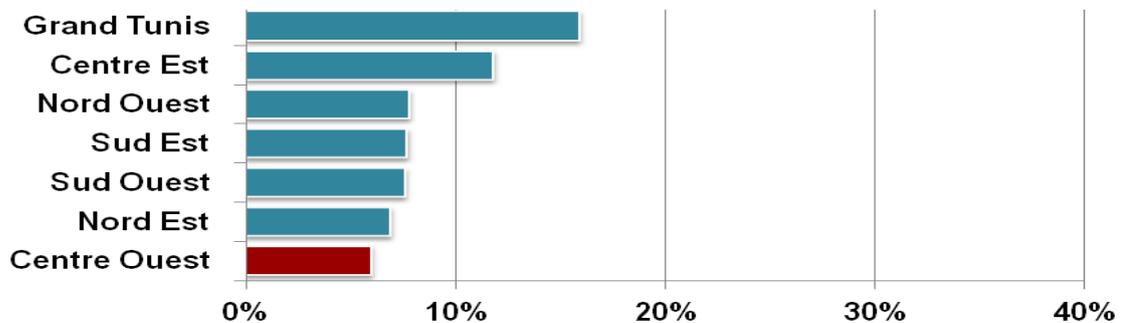


Figure 66 : prévalence du diabète dans les différentes régions en Tunisie

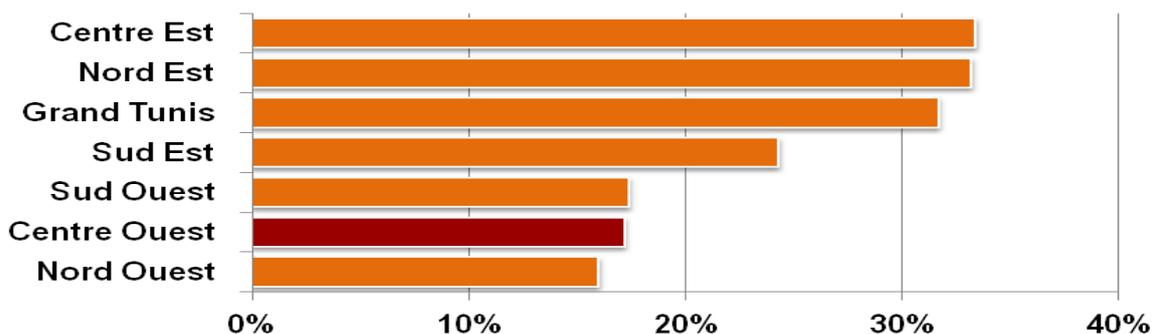


Figure 65 : prévalence de l'hypertension artérielle

## Annexe 4 : Agriculture familiale comparée: définitions et sécurité alimentaire

Au moment de la révolution industrielle qui a catalysé le passage de la société, d'une société à dominante agraire et artisanale vers une société industrielle de plus en plus marchande, Marx (1867) et Kantsky (1900) ont prédit le changement de vocation des petits propriétaires agricoles en travailleurs agricoles en raison d'un progrès technique qui leur était inaccessible. Mais leur thèse selon quoi la modernisation du secteur agricole s'accompagnerait de la disparition systématique de la paysannerie ne s'est pas vue confirmée dans la réalité grâce à des logiques paysannes peu sensibles au seul taux de profit et des progrès techniques adoptés par les petits agriculteurs. Chayanov (1924) explique la persistance de l'agriculture familiale en définissant le modèle paysan par les liens entre les sphères productive et de consommation, la mobilisation du travail familial et la production de biens non marchands. Ainsi l'agriculture familiale perdure face au système capitaliste par son aptitude à accepter une rémunération de ces facteurs de production qui soit en deçà des taux de marché (Servolin, 1972). Raymond Aron (1962) définit la société rurale industrielle en 5 critères distincts : séparation de l'entreprise et de la famille, division du travail, accumulation du capital, calcul rationnel et concentration ouvrière sur le lieu de travail. Henri Mendras (1976) quant à lui définit la société rurale paysanne par une autonomie relative par rapport à la société englobante, l'importance des logiques domestiques, une autarcie relative et la force des rapports d'interconnaissance et d'entraide au sein de la société.

Le Tableau 70 ci-dessous, illustre les caractéristiques qui permettent de faire la distinction entre les 2 formes d'organisation de l'activité agricole en se basant sur 5 clés de distinction : la décision, le travail, le capital, la consommation et les objectifs.

**Tableau 70 : comparaison de l'agriculture familiale et d'entreprise**

	<b>Agriculture familiale</b>	<b>Agriculture d'entreprise</b>
<b>Décision</b>	Famille	Investisseur / gestionnaire
<b>Travail</b>	Travail familial et saisonnier	Travail salarié
<b>Gestion du capital</b>	Famille	Investisseur
<b>Autoconsommation</b>	Partielle à dominante	Résiduelle
<b>Objectifs</b>	Revenu et alimentation du ménage	Maximisation du profit

*Source : adapté de Bélières et al. (2014)*

*« L'agriculture familiale désigne une des formes d'organisation de la production agricole regroupant des exploitations caractérisées par des liens organiques entre la famille et l'unité de production et par la mobilisation du travail familial excluant le salariat permanent. Ces liens se matérialisent par l'inclusion du capital productif dans le patrimoine familial et par la combinaison de logiques domestiques et d'exploitation, marchandes et non marchandes, dans les processus d'allocation du travail familial et de sa rémunération, ainsi que dans les choix de répartition des produits entre consommations finales, consommations intermédiaires, investissements et accumulation. »*

*(Bélières et al., 2014)*

Cette définition de l'agriculture familiale met le point sur les critères cités dans le Tableau 70, mais le travail familial semble être le critère central permettant de distinguer la forme familiale de

production agricole. Les autres critères caractérisent certes cette forme d'agriculture ; comme l'autoconsommation ou la gestion familiale du capital productif ; mais la présence de main d'œuvre familiale et l'absence de salariés permanents est une condition nécessaire pour distinguer la forme familiale de l'agriculture. Notons que la taille des exploitations n'est pas été retenue en tant que critère de distinction, car bien que la petite taille (superficie) ait souvent été rattachée à l'agriculture paysanne, il ne s'agit pas d'un critère fiable de distinction (Losch et Fréguin-Gresh, 2013).

La forme familiale de l'agriculture exprime les réalités des systèmes agraires et des marchés démontrant leur remarquable capacité d'innovation et faisant de cette forme d'organisation de la production agricole, la forme dominante dans le monde (Losch et Fréguin-Gresh, 2013).

Résultante de la conjoncture entre l'unité de production et l'unité de consommation (Lamarche, 1991) ; l'agriculture familiale évolue dans le contexte dans lequel elle s'insère et présente ainsi une diversité qui reflète l'adaptation de cette forme d'agriculture dans le monde rural grâce à des liens organiques se matérialisent par l'inclusion du capital d'exploitation dans le patrimoine familial et par la combinaison de logiques domestiques et d'exploitation, marchandes et non marchandes (Belières et al., 2014):

- Pour l'allocation du travail familial et sa rémunération
- Dans les choix d'allocation des produits entre consommations finales, consommations intermédiaires, investissement et accumulation.

Dans le cadre d'une agriculture familiale et après paiement des consommations intermédiaires et des éventuels intérêts ; la priorité est d'abord donnée à la consommation de la famille, puis à l'accumulation à caractère social, et enfin à l'accumulation productive.

Cependant, dans l'optique d'une analyse économique du fonctionnement des exploitations agricoles familiales, le revenu agricole<sup>92</sup> permet d'exprimer la part du revenu disponible pour l'agriculteur pour faire vivre sa famille, d'investir, etc. C'est ce critère qui renseigne au mieux la viabilité et la capacité du système exploitation-ménage à se développer ; mais les conditions d'accès aux facteurs de production conditionnent les modalités de partage de la valeur ajoutée et la rémunération des facteurs terre, capital et travail (Cochet, 2011)

Par ailleurs, cette forme d'organisation de la production agricole présente certaines particularités susceptibles d'avoir un impact sur la sécurité alimentaire du ménage agricole par rapport aux quatre dimensions de cette dernière: la production alimentaire (disponibilité), la fourniture de moyens d'existence et de revenus (accès), comme moyen de diversifier l'alimentation (utilisation, y compris l'assimilation des nutriments, la qualité de l'eau et l'hygiène) et comme protection contre la volatilité des prix, les chocs liés aux marchés et d'autres (stabilité) (HLPE, 2013).

Tout d'abord la production alimentaire. L'agriculture familiale peut jouer un rôle essentiel dans l'amélioration qualitative et quantitative des régimes alimentaires des exploitants eux-mêmes. En effet les producteurs agricoles familiaux présentent un niveau d'autoconsommation supérieur aux autres formes d'organisation de l'agriculture et donc contribue directement à l'alimentation du

---

<sup>92</sup> Le revenu agricole comporte avant tout, les recettes des ventes de produits agricoles, puis la valeur monétaire de l'autoconsommation de produits agricoles (Chadouet, 1963)

ménage. La contribution de cette forme d'agriculture à la sécurité alimentaire est essentielle pour les ménages concernés.

Le revenu. Comme pour les autres formes d'agriculture, le revenu contribue aux dépenses alimentaires et non alimentaires. Améliorer le revenu d'exploitation peut assurer une meilleure alimentation et une meilleure nutrition avec la diversification de l'alimentation au niveau du ménage. Améliorer le revenu agricole et du ménage permet aussi de fortifier les dépenses pour les soins et l'entretien des différents membres d'un ménage agricole.

La stabilité. En effet les exploitations familiales présentent un lien organique entre la famille et l'unité de production qui peut être expliqué par la capacité de résilience de cette forme d'organisation de l'activité agricole.

D'une part, la porosité entre budget du ménage et d'exploitation et fongibilité du capital d'exploitation fournit une aptitude d'ajustement de l'exploitation familiale face aux aléas divers (Belières et al. , 2014). Et d'autre part, le ménage agricole familial conserve une part variable de sa production pour la consommation alimentaire du ménage, une part est destinée à l'entretien de la réciprocité des échanges entre famille et voisins (accumulation sociale) (HLPE, 2013). Cette forme d'autonomie dont dispose cette forme d'organisation permet d'assurer une stabilité alimentaire à court et moyen terme au ménage agricole pour l'accès aux aliments et la gestion des pénuries liées aux aléas climatiques et de marché.

## Annexe 5 : structure de la base de données de production agricole de Sidi Bouzid

Répartition des terres selon qualifications (terres agricoles, forêts, parcours, etc.)
Répartition des terres agricoles par type et délégation (légumes, céréales, fourrages, arbres fruitiers)
Répartition des périmètres irrigués par délégation
Répartition des surfaces et production des céréales par culture céréalière et par délégation
Répartition des surfaces de maraichage d'hiver par culture et par délégation
Répartition de la production maraichère d'hiver par culture et par délégation
Répartition des surfaces de maraichage d'été par culture et par délégation
Répartition de la production maraichère d'été par culture et par délégation
Répartition des superficies et de la production de cultures maraichères précoces sous tunnel par délégation
Répartition des superficies et de la production de cultures maraichères précoces sous serres par délégation
répartition des surfaces maraichères d'arrière-saison par culture et par délégation
répartition de la production maraichère d'arrière-saison par culture et par délégation
Répartition des surfaces arborisées par culture et par délégation
Répartition des superficies d'arboriculture fruitière irriguée par culture et par délégation
Répartition de la production arboricole par culture et par délégation
Répartition de la production arboricole irriguée par culture et par délégation
Répartition du nombre d'arbres fruitiers par culture et par délégation
Répartition du nombre d'arbres fruitiers irrigués par culture et par délégation
Répartition de la surface et de la production de fourrages d'été par culture et par délégation
Répartition de la surface et de la production de fourrages d'hiver par culture et par délégation
Elevage et production animale par délégation
Répartition des sociétés de développement agricole par délégation
Répartition des investissements de types A, B et C par délégation

## Annexe 6 : récapitulatif de la confrontation de l'échantillon aux résultats de l'enquête de structure des exploitations agricoles de 2004/05 à Sidi Bouzid

	Echantillon	<sup>93</sup>	Données officielles		Conclusion
1	Surface moyenne des exploitations	T	Surface moyenne des exploitations	T	Notre échantillon présente une moyenne 2.5 fois plus grande
2	Répartition des exploitations par classes de superficie	G	Répartition des exploitations par classes de superficie	G	Les exploitations de moins de 5ha sont sous représentées
3	Modes de faire valoir	T	Modes de faire valoir	T	Mode direct dominant
4	Fréquence d'occurrence de familles de cultures (Oui/Non)	G	Pas de données	-	-
5	Orientations culturelles (régionale)	G	Répartition de la SAU régionale (CRDA)	T	Notre échantillon surreprésente la famille des cultures maraichères
6	Diversité cultivée	G	Pas de données	-	-
7	Diversité cultivée	G	Pas de données	-	-
8	Fréquence d'occurrence de la pratique d'irrigation	G	Nombre d'irrigants	T	Notre échantillon comporte près de deux fois plus d'irrigants
9	Fréquence d'occurrence de l'usage régulier d'intrants chimiques	G	Pas de données	-	-
10	Sources d'extraction de l'eau d'irrigation	G	Sources d'extraction de l'eau d'irrigation	T	Tendances inversées de notre échantillon (Forages > Puits de surfaces)
11	Energie de fonction de la moto pompe	G	Taux d'électrification des exploitations agricoles	T	67% des exploitations de notre échantillon sont électrifiées contre 84% affichées par l'ES
12	Pourcentage de surface irriguée par famille de cultures	G	Pourcentage de surface irriguée par famille de cultures	G	notre échantillon surreprésente légèrement les surfaces arboricoles et maraichères irriguées aux dépens des grandes cultures irriguées. Mais présente les mêmes

<sup>93</sup> Indique sous quelle forme cette variable est présentée dans le texte : T = Texte ; G = graphique ; Tab = tableau

					caractéristiques ordinales que les statistiques officielles
13	Diversité cultivée des irrigants	T	Pas de données	-	-
14	Fréquence de la pratique d'élevage entre irrigants et non irrigants	Tab	Pas de données	-	-
15	Fréquence de pratique d'élevage par race entre irrigants et non irrigants	Tab	Pas de données	-	-
16	Cheptel ovin moyen entre irrigants et non irrigants	G	Pas de données	-	-
17	Fréquence de présence d'élevages, ovins, bovins, caprins et avicoles domestiques	G	Fréquence de présence d'élevages, ovins, bovins et caprins	G	Elevage caprin sous représenté
18	Cheptel moyen Ovin, bovin et caprin	T	Cheptel moyen ovin, bovin et caprin	T	<b>Echantillon vs ES</b> Ovin : 33.2 / 26.9 Bovin : 3.8 / 4.3 Caprin : 13 / 7.4
19	Répartition des éleveurs ovins par classes de taille de cheptel	G	Répartition des éleveurs ovins par classes de taille de cheptel	G	mêmes caractéristiques ordinales mais les cheptels de moins de 20 sont sous représentés au dépens de ceux de plus de 50 têtes
20	Répartition des éleveurs ovins selon leur stratégie d'engraissement	G	Pas de données	-	-
21	Fréquence de recours aux différents types de main d'œuvre	G	Pas de données	-	-
22	Pluriactivité des chefs d'exploitation (RHE)	G	Pluriactivité des chefs d'exploitation	G	Les mêmes proportions à 5% près
23	Fréquence de présence de cultures destinées à la consommation familiale	G'	Pas de données	-	-

## Annexe 7 : Guide d'entretien pour les producteurs – exploitations-ménages agricoles

### **Identification :**

- Nom et prénom de l'enquêté
- Contact : téléphone, mail
- Emplacement de l'exploitation : Délégation et Imada ?

### **Exploitation agricole**

- Quelle est la surface de votre exploitation ?
- Quel mode d'acquisition/ faire valoir: Héritage, achat, mixte, location, etc.
- Orientation principale de l'exploitation : Elevage, arboriculture, maraichage, etc.
- Est-ce que le chef de l'exploitation est lui-même chef du ménage ?

### **Pluriactivité :**

- Est-ce que l'agriculture est votre principale source de revenus ?
- Avez-vous une autre source de revenus en dehors de l'exploitation ?

### **Conduite :**

- Quelles cultures faites-vous habituellement ?
- Pratiquez-vous des cultures destinées à l'alimentation de votre ménage ?
- Pratiquez-vous des cultures fourragères pour auto approvisionnement ?
- Quelles espèces avez-vous cultivé durant la dernière campagne agricole ?
- Quelle surface par culture ?
- Quelles variétés si connu ?
- Classer les cultures entre : food crops, fodder crops et cash crops

### **Irrigation**

- Irriguez-vous vos terres ou une partie de vos terres ?
- Si oui
  - o Quelle surface ?
  - o Quelle source : puits, forage, lac collinaire, etc. ?
  - o Quelle énergie : électricité ou Gasoil ?
  - o Quelle technique(s) d'irrigation : goutte à goutte, aspersion, submersion, etc. ?
- Avez-vous constaté la baisse du niveau de la nappe ?
- Si oui, à combien l'estimez-vous pour votre exploitation/zone ?

### **Travail**

- Les membres de la famille contribuent ils aux activités de l'exploitation ?
- Avez-vous recours à de la main d'œuvre saisonnière ?
- Si oui, quelles tendances : hommes ou femmes ?
- Avez-vous recours à de la main d'œuvre permanente ?
- Si oui, pour gérer l'exploitation ou autre ?

### **Intrants chimiques :**

- Utilisez-vous des engrais et fertilisants chimiques ?
- Utilisez-vous des produits phytosanitaires ?

### **Elevage :**

- Faites-vous de l'élevage ?
- Si oui, quelles sources d'alimentation ?
- Disposez-vous de terres de parcours : privé, collectif ?
- Quel type d'élevage ?
  - o Ovin caprin : extensif stabulation libre, extensif stabulation entravée et intensif
  - o Bovin : race locale, race améliorée
  - o Avicole : basse court, intensif
  - o Camelin
  - o Autre

### **Commercialisation :**

- Avez-vous des accords avec des entreprises pour vendre votre production ?
- Ou rendez-vous votre production : sur pieds, sur l'exploitation, vente marché parallèle (ambulante), marché locaux, marché du gros régionaux, marché nationaux, marché internationaux

### **Autoconsommation :**

- Est-ce que vous vendez une partie des cultures destinées à l'autoconsommation ?
- Si oui, lesquelles ?
- Est-ce que vous auto-consommez une partie de la production des cultures destinées à la vente ?

Sous quelle forme auto-consommez-vous votre production ? : séchée, salée, confiture, huile, concassée, etc.

## Annexe 8 : questionnaire pour les ménages agricoles

### Partie 1 : identification

Nom et prénom de l'enquêté :	
Coordonnées (téléphones, mail) :	
Délégation – Imada :	
Identité du répondant (relation avec le chef du ménage) : <i>1-Chef du ménage, 2- époux (se), 3- enfant, 4- parent, 5- Autre</i>	
Nombre de personnes permanentes vivant dans le ménage :	
Type de ménage : <i>1-PC, 2-PCM, 3-PM :</i>	

## Partie 2 : Structure du ménage

Inventaire détaillé des membres du ménage (ensemble d'individus vivant sous le même toit). On n'enregistre pas les départs définitifs, même s'ils contribuent aux revenus du ménage ① Actif ici signifie qui participe aux travaux dans le cadre d'activités productives : agricole, élevage, hors agriculture (en dehors des activités ménagères)

Num	Nom et prénom	Age	Sexe	Parenté *1	Situat Fam *2	Niveau scolaire, atteint *4	Actif	Si non actif pourquoi *5	Act éco *6		Secteur d'activités *7 Citez et codez		Autres sources de revenus *8 Citez et codez
									Princip	Sec	Principale..... _	Secondaire..... _	
1	CE .....												
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													

\*1 **Parenté** : elle est établie par rapport au chef de ménage d'appartenance 1=Chef de ménage 2=Epouses (ou conjoint) 3=Fils/fille 4=Neveu/nièce 5= Père/mère 6=Frère/sœur 7=Autre (préciser)

\*2 **Situation familiale** : 1=Célibataire 2=Marié(e) 3=Union libre 4=Divorcé/séparé 5=Veuf (ve) 6= Autre, précisez

\*3 **Présent/Absent** (0=Absent, 1=Présent). Sont considérées comme absentes des personnes qui sont parties pour une longue durée (et qui n'ont donc pas travaillé et pas mangé dans l'exploitation au cours de l'année 2014 ou alors très peu) mais qui sont censés revenir dans l'exploitation dans un temps plus ou moins long (par exemple étudiants, migration, etc.).

\*4 **Niveau scolaire atteint** : 0 n'a pas été à l'école ; Noter le niveau atteint de 1 à 13<sup>ème</sup> année (bac), si au-dessus noter **20** pour enseignement supérieur

\*5 **Si non actif** (0) pourquoi : 1=Trop vieux; 2= Trop jeune ; 3=Handicapé ; 4= Maladie 5=Autre précisez dans observation

\*6 **Activités** : 0=Contribue à une activité indépendante familiale (statut d'aide familial il est actif mais travaille pour le CE ou CMD) 1=Gère une activité indépendante ; 2. A une activité salariée permanente, 3. A une activité salariée occasionnelle (journaliers agricoles, tâcherons, etc.), 4. Autres

\*7 **Secteur d'activités** écrivez en toute lettre puis codes 1= Agriculture (producteur, ouvrier agricole), 2=Elevage (éleveur, berger), 3=Pêche, 4=Exploitation forestière (fabrication du charbon, coupe de bois, collecte/vente des produits forestiers), 5= Transformation des produits agricoles (décorticage, moulin, séchage de viande/poisson, fabrication du beurre de karité, etc.) 6=Commerce (boutique, restauration, commerce des produits agricoles, petit commerce), 7=Artisanat (forgeron, teinturier, maçon, menuisier, etc.) 8=Services (coiffeur, griot, guérisseur, marabout, etc.) 9=Autre

\*8 **Autres sources de revenu** : Est-ce que cette personne a d'autres sources de revenus (soit pas mentionnées comme activité principal ou secondaire soit d'autres comme pensions, retraite, transferts, etc.) ? Si oui, écrivez et codez : si activité citée ci-dessus codes ci-dessus. Si non 11 =Retraite, 12=Pension, 13= Indemnité reçue en tant que élu local 14= Indemnité reçue en tant que responsable d'OP 15=Transfert d'un émigré , 16=Dons reçus d'une ONG ou autre organisme, 19=Autre

### Partie 3 : Structure de l'exploitation

3.1. Surface :

Surface totale (Ha)	SAU(Ha)	Surface cultivée (Ha)	Surface non exploitable (Ha)

3.2. Utilisation des terres : Entre octobre 2013 et Octobre 2014

Arboriculture		Céréales		Maraichage		Fourrages		Terre blanche
Sec	Irrigué	Sec	Irrigué	Sec	Irrigué	Sec	Irrigué	" BID"
Ha	Ha	Ha	Ha	Ha	Ha	Ha	Ha	Ha

3.3. Location

Location donnée	Prix (DTN)	Location reçue	Cout (DTN)
Ha			Ha

3.4. Quelle est votre activité principale .....

3.5. Quelle est votre principale source de revenu agricole ?

*1- élevage, 2-céréaliculture, 3- maraichage, 4-fourrages, 5- arboriculture pluviale, 6-Arboriculture fruitière*

3.6. Avez-vous un potager, jardin familial ? **[Oui - Non]**

3.7. Avez-vous une basse-cour pour animaux destinés à la consommation familiale ? **[Oui - Non]**

3.8. Surface irrigable : ..... Ha

3.9. Surface irriguée : ..... Ha

3.10. Si oui, Quelle source d'irrigation :

*1-Puit de surface, 2- Forage privé, 3- Lac collinaire, 4-périmètre public, 5-autre : ..... SI « MIXTE » METTRE LES CHIFFRES CORRESPONDANTS*

3.11. Quel débit (L/s) ? .....

3.12. Technique d'irrigation :

*1- Goutte à Goutte, 2- aspersion, 3-submersion, 4 : autre, SI Mixte Idem.*

3.13. Combien avez-vous de serres? .... Et sur quelle superficie ..... Ha

3.14. Elevage **[Oui - Non]**

3.15. **Taille du troupeau ?**

Espèce	Productifs
Bovin local	
Bovin amélioré	

3.15. **Quelles cultures végétales ?**

Cultures	Surface
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

3.16. Avez-vous des plantes sauvages comestibles sur votre exploitation ? **[Oui - Non]**

3.17. Lister et saisir les destinations ?

Plante sauvage	Vente	Consommation	Don





(1) Type d'employeur : 1=Autre exploitation agricole 2=Commerçant 3=Artisan 4=Transporteur 5=NGO ; 6=administration ou entreprise publique ; 7=Autres (à préciser) (réponse multiple possible si plusieurs travail différents)

(2) Localisation : 0=dans la mm délégation ; 1=dans une autre délégation 2=autre gouvernorat : ..... 4=A la capitale 5=A l'étranger.

**Revenus perçus par dons et transferts familiaux**

Est-ce que votre ménage a reçu des compléments de revenus de la part de membres de votre famille qui ne vivent pas avec vous ?

Si Oui, sous quelle forme ? et pouvez-vous les estimer ?

Argent	
Vêtements	
Nourriture	
Autre	

**Revenus liés à la décapitalisation :**

Avez-vous vendu entre oct 2013 – 14 ? :

	Valeur
Un terrain	
Un bien immobilier	
Une voiture	
Du matériel électronique	
Du matériel agricole	
Autre bien de valeur : .....	

**6.2. Répartition du revenu**

Etes-vous le responsable du revenu du ménage ? [Oui, Non]

Si non, Qui est le responsable ? (indiquer numéro du tableau composition du ménage) .....

*La suite des questions sont à adresser au responsable des revenus du ménage.*

**Epargne**

Faites-vous une épargne ? |\_\_|

1 : Oui, 2 : ça dépend de la pluviométrie, 3 : ça dépend des prix de marché

Si oui sous quelle forme ? Argent liquide |\_\_| Compte bancaire |\_\_| Animaux |\_\_|

Si oui, combien avez épargné en 2014 ? |\_\_\_\_\_|

Que représente la part épargnée du revenu de l'exploitation ?

	Oui/Non	Valeur en têtes ovines ?	Valeur en monnaie (2013/14)
Année sèche			
Année moyenne			
Année pluvieuse			

**Don :**

Donnez-vous une partie de votre revenu du ménage ? [Oui Non]

Si oui, Combien ? ..... DTN

**Postes de grandes dépenses**

**Avez-vous participé à de grosses dépenses liées au logement**

- Travaux et réparations      Oui |\_\_|      Non |\_\_| Si oui montant ?
- Appareils ménagers      Oui |\_\_|      Non |\_\_| Si oui montant ?
- Appareils électroniques      Oui |\_\_|      Non |\_\_| Si oui montant ?
- Ustensiles de cuisine      Oui |\_\_|      Non |\_\_| Si oui montant ?
- Meubles et literie      Oui |\_\_|      Non |\_\_| Si oui montant ?

Avez-vous eu des dépenses liées à des soins pour **maladie** dans votre famille ? Oui |\_\_|      Non |\_\_| Si oui montant ?

**Avez-vous eu des dépenses liées à un événement social**

- Mariage      Oui |\_\_|      Non |\_\_| Si oui montant ?
- Funérailles      Oui |\_\_|      Non |\_\_| Si oui montant ?
- Baptême / « T'hour »      Oui |\_\_|      Non |\_\_| Si oui montant ?

Avez-vous eu des dépenses pour **scolariser** (Dépenses de rentrée scolaire) vos enfant cette année      Oui |\_\_|      Non |\_\_| Si oui montant ?

Dépenses de consommation alimentaire de la dernière semaine

Pouvez-vous estimer vos dépenses alimentaires de la semaine passée ? ..... DTN

Combien avez-vous dépensé pour :

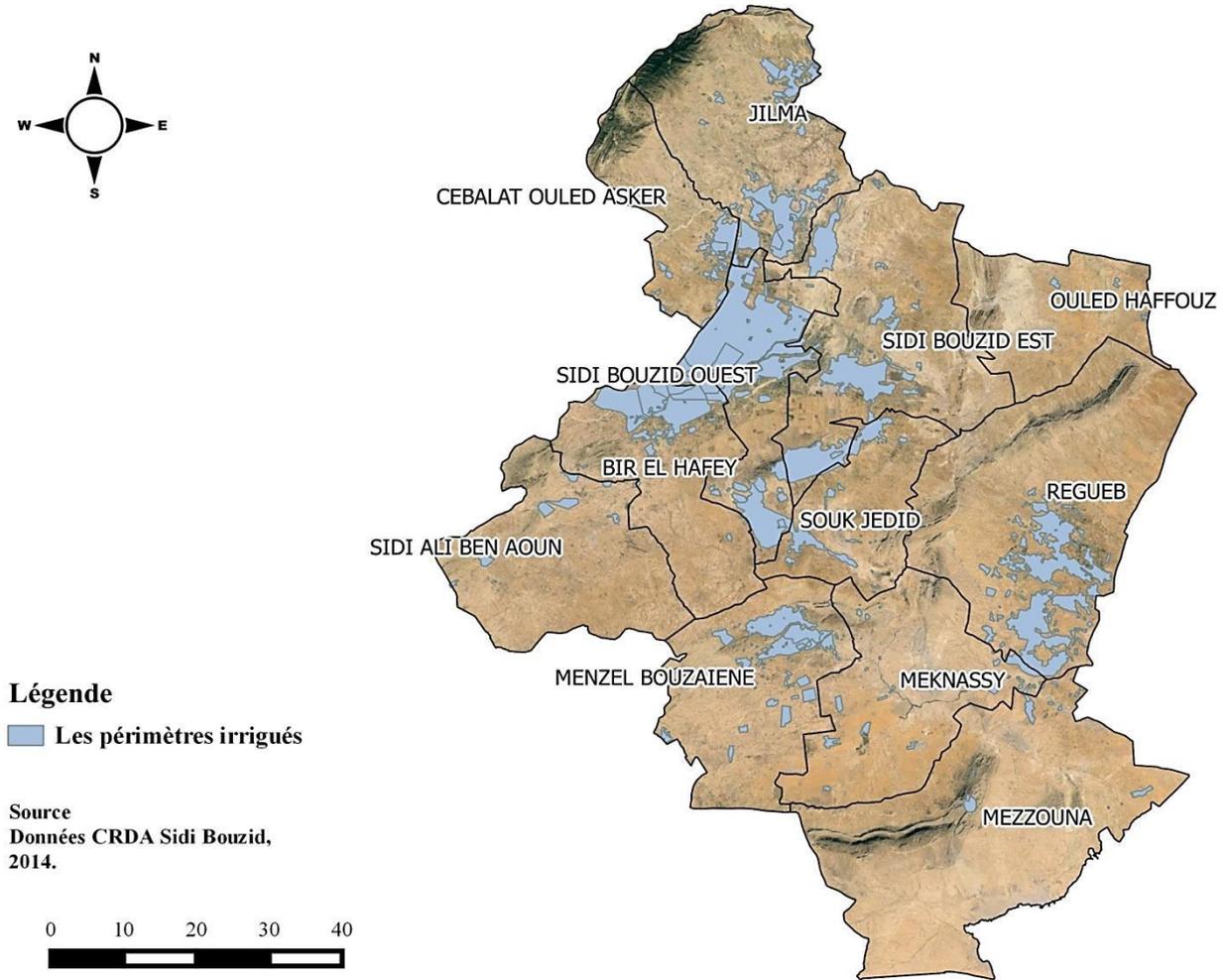
	Montant (DTN)			
Produits laitier		Légumes conserves		Sucre
Pain		Fruits		Cafés et thé
Légumes frais		Viande et œufs		
Sucre et confiseries		Restauration HF		







## Annexe 11 : carte des périmètres irrigués



## Annexe 12 : Liste de personnes entretenues à Tunis et à Sidi Bouzid (chef-lieu et autres délégations) par organisme et service

Tunis		
Organisme	Service	Nom prénom
GIZ/IRA	Chercheur/expert en développement	Ali abaab
INRAT	DER	Fraj chemak
Institut de l'olivier	Chercheur agronome	Monji Msallem
INC	Service études de consommation	deryn dogui
INS	Coordination enquêtes BCNVM	Yassine jmal
INAT/ONAGRI	DER/directeur	Abderaouf laajimi
MARHP	DGEDA	Halim guesmi
INAT	DPV/Expert agricole Sidi Bouzid	Abdelaziz Mougou

Sidi Bouzid		
Organisme	Service	Nom prénom
CRDA	Direction/commissaire	Mohamed Mhamdi
CRDA	Direction/adjoint	Mohamed msal'hi
CRDA	Statistiques	khalifa el gharbi
CRDA	Production végétale	Abdel kader hajlaoui
CRDA	Arboriculture	Mourad mabrouki
CRDA	Arboriculture	Mondher brahmi
CRDA	Arboriculture	Med sghaier brahmi
CRDA	Arboriculture/maraichage	sghair kahouli
CRDA	cultures maraichères	Hmed bargougi
CRDA	Grandes cultures	Faycel mnaïki
CRDA	Production animale	Direction
CRDA	Production animale/vétérinaire	Sana Kacem
CRDA	Production animale/ingénieur	Sabeh zarai
GIFruits	Arboriculture	Habib Msab'hi
CRRA	Direction/chercheur agronome	Zied borgi
CRRA	Direction/chercheur agronome	Hichem Hajlaoui
CRRA	Chercheur/gestion agricole	Anis Guesmi
AVFA	Coordination regionale	Nabil hajlaoui
APIA	Direction	Mohamed Zribi
CCI	Direction	Ali Brahmi

Délégations de Sidi Bouzid		
Organisme	délégation	
CTV	Souk Jedid	Hédi souissi
CTV	Souk Jedid	Atef Souissi
CTV	Souk Jedid	Lamine Ghnimi
CTV	Ben Aoun	Adel aouni
CTV	Ben Aoun	Taoufik Aouni
CTV	Jelma	Taher Hamdi
CTV	Mezzouna	Mokhtar ben slimen
CTV	Mezzouna	Kthiri ncir
CTV	Ouled Hafouz	Hsan Hamdi
CTV	Regueb	nebil laayouni
CTV	Regueb	Kadri ben alia
CTV	Regueb	Ali khelifi
CTV	Regueb	Naoui khelifi
CTV	Cebala	Salah ncibi
CTV	Meknassy	Laz'har Saidi
CTV	Menzel Bouzaïen	Ali el mechi
CTV	Bir Lahfay	Othmen Hajlaoui
CTV	Bir Lahfay	Mohamed jemii lakthel

Abréviations :

GIZ	Coopération internationale allemande pour le développement
Ira	Institut des régions arides
Onagri	Observatoire national de l'agriculture
Inrat	Institut national de recherche agronomique de Tunis
Institut de l'olivier	Institut de l'olivier rattaché à l'institution de la recherche et l'enseignement supérieur agricole (iresa)
INC	Institut national de la consommation
INS	Institut national de statistique
INAT	Institut national agronomique de Tunis
MARHP	Ministère de l'agriculture, ressources hydrauliques et de la pêche
CRDA	Commissariat régional de développement agricole (Sidi Bouzid)
CTV	Cellules territoriales de vulgarisation
CCI	Chambre de commerce et de l'industrie (Sidi Bouzid)
APIA	Agence de promotion de l'investissement agricole (Sidi Bouzid)
GIFruit	Groupement interprofessionnel des fruits
CRRA	Centre régional de recherche agricole (Sidi Bouzid)
AVFA	Agence de vulgarisation et de formation agricole
DGEDA	Direction Générale des Études et du Développement Agricole
DER	Département d'économie rurale
DPV	Département de production végétale
BCNVM	Enquête nationale sur le budget la consommation et le niveau de vie des ménages

## Annexe 13 : Le modèle bioéconomique (sous Gams)

### Les sets

- C** "cultures"
- S** "Sols" /S1 Sol léger, S2 intermédiaire, S3 Sol lourd/
- I** "irrigation" /I0 pluvial, I1 irrigué/
- SN** "états de nature" /SN01\*SN20/
- SM** "états de marche" /SN01\*SN20/
- MGC(C)** "cultures maraicheres de l'exploitation"
- CC(C)** "cultures céréalières"
- CAL (C)** "cultures alimentaires sans la jachere"
- R** "types d'aliments" /grain, fruit, legume, legumineuse, huile, condiment, Herbe, Poiss, LO, VV, FAC, SS /
- P** "membres du ménage" /HOMME55PA, HOMME55A, HOMME30A, HOMME30TA, GARCON12A,FEMME55PA, FEMME55A, FEMME30A, FEMME30TA, FILLE12A/
- N** "apports nutritionnels à étudier" /calo, prot, glucd, lipd, fibr, fer,VitA, VitC, calcium, thiamine, Riboflavine, niacine ,VitE ,Magnesium ,Sodium, potassium/
- F** "aliments non produits"

;

**alias(F,FF);**

**alias(R,RR);**

### Les ressources fixes de l'exploitation

- MFLABOUR** "Jours de travail familial masculin "
- WFLABOUR** " Jours de travail familial feminin "
- FLAND** "Taille de l'exploitation (ha)"
- FLANDS1** "Surface de l'exploitation en sol léger"
- FLANDS2** "Surface de l'exploitation en sol moyen"
- FLANDS3** "Surface de l'exploitation en sol lourd"
- FWATER** "Quantite d'eau disponible (m3)"
- RHE** "Revenu du ménage hors exploitation"
- CHO** "Cheptel productif ovin"

### Autres scalaires

<b>MOTHuileM</b>	"main d'œuvre masculine nécessaire pour la transformation d'une tonne d'olive"
<b>MOTHuileF</b>	"main d'œuvre féminine nécessaire pour la transformation d'une tonne d'olives"
<b>CMECA</b>	"cout horaire de la mécanisation (Dt)"
<b>FTWAGE</b>	"salaire du travail temporaire feminin (dt/jour)"
<b>MTWAGE</b>	" salaire du travail temporaire masculin (dt/jour)"
<b>WATERCOST</b>	"cout moyen du m3 d'eau pour exploitation"
<b>PHI</b>	"coefficient d'aversion au risque"
<b>OUI NON</b>	"Elevage sur l'exploitation Oui 1 non 0"
<b>PRIXHERBE</b>	"Prix d'achat de l'herbe pour alimentation animale"
<b>TF</b>	"Taux de fécondité"
<b>TR</b>	"Taux de renouvellement du cheptel"
<b>Prix_m</b>	"prix de vente du mouton"
<b>omega</b>	"indice de flexibilité monétaire: indice de frish"

## Les paramètres et tableaux de données

### LE MENAGE

<b>COMPO(P)</b>	"composition du menage"
<b>transfcost(CAL,R)</b>	"cout de transformation d'une tonne d'olives"
<b>TD(CAL)</b>	"% de la production donnée"
<b>CONV(CAL,R)</b>	"table de conversion des produits en aliments"
<b>PCV(CAL)</b>	"portion comestible (C)"
<b>PC(F)</b>	"portion comestible"
<b>BNUTRIREC(P,N)</b>	"besoins journaliers théoriques recommandés par membre du ménage"
<b>BNUTRIMAX(P,N)</b>	"besoins journaliers théoriques"
<b>NUTRIV (C,R,N)</b>	"composition nutritionnelle des aliments"
<b>NUTRIF (F,R,N)</b>	"composition nutritionnelle des aliments"

### L'EXPLOITATION

<b>Pv(C,R)</b>	"prix de vente par culture pour "
<b>Pachf(F,R)</b>	"prix d'achat pour aliments non produits "
<b>VARPRICE(CAL,R)</b>	"pourcentage de variation des prix (variation / 2)"
<b>WATREQ(C,I)</b>	"Besoin en eau (1000 m3/ha)"
<b>YIELD(C,S,I)</b>	"Rendement des activités (Kg/ha)"

<b>VARYIELD(C,S,I)</b>	"pourcentage de variation du rendement (variation / 2)"
<b>COSTPHYTO(C,I)</b>	"Dépenses pour les produits phytosanitaires (DT/Ha)"
<b>COSTFERTI(C,I)</b>	"Dépenses pour les produits fertilisants (DT/Ha)"
<b>LABREQH(C,S,I)</b>	"Besoin en travail masculin (jours/ha)"
<b>LABREQF(C,S,I)</b>	"Besoin en travail féminin (jours/ha)"
<b>BMECA (C, S, I)</b>	"Besoin en mécanisation (heures/ha)"
<b>COSTOTHER (C,I)</b>	"Autres couts dinars/ha"

#### PARAMETRES DE LA CONSOMMATION ALIMENTAIRE

<b>X0v(C,R)</b>	"consommation de reference "
<b>X0f(F,R)</b>	"consommation de reference "
<b>EEv(C,R)</b>	"elasticites revenu des biens alimentaires produits"
<b>EEf(F,R)</b>	"elasticites revenu des biens alimentaires non produits"

### Traitement des données

#### L'exploitation agricole

<b>COST(C,S,I)</b>	"couts de production par activité";
$COST(C,S,I) = COSTPHYTO(C,I) + COSTFERTI(C,I) + COSTOTHER(C,I) + [WATREQ(C,I) * WATERCOST] + [BMECA(C,S,I) * CMECA];$	
<b>RECTLVGE</b>	"recette de l'élevage" ;
$RECTLVGE = (CHO * (TF - TR) * Prix\_m)$	
<b>BESHERBE</b>	"besoins en herbe pour l'alimentation du cheptel";
$BESHERBE = (CHO * Alimadu) + (cho * TF * AlimBA);$	

#### Besoins nutritionnels du ménage

<b>BNUTRIMR(N)</b>	"Besoins nutritionnels du ménage à l'année";
$BNUTRIMR(N) = \sum ((P), COMPO(P) * BNUTRIREC(P,N) * 365);$	
<b>BNUTRIMM(N)</b>	"Besoins nutritionnels du ménage à l'année";
$BNUTRIMM(N) = \sum ((P), COMPO(P) * BNUTRIMAX(P,N) * 365);$	

#### Risque sur le rendement des activités

<b>FVR(C,S,I,SN)</b>	"facteur de variation des rendements par état de nature" ;
$FVR(C,S,I,SN) = 1 + \text{uniform}(-1,1) * VARYIELD(C,S,I);$	
<b>YIELDalea(C,S,I,SN)</b>	"Rendement aleatoire des activites";
$YIELDalea(C,S,I,SN) = YIELD(C,S,I) * FVR(C,S,I,SN);$	
<b>RM(C,S,I)</b>	"rendement moyen" ;

$RM(C,S,I) = \text{sum}(SN, FVR(C,S,I,SN) * YIELD(C,S,I) / \text{card}(SN));$

**DIFF(C,S,I)** "différence entre le rendement original et le calculé (vérification)";

$DIFF(C,S,I) = YIELD(C,S,I) - RM(C,S,I);$

### Risque sur les prix

**PI(CAL,R,SM)** "facteur de variation des prix par état de marche"

$PI(CAL,R,SM) = 1 + \text{uniform}(-1,1) * \text{VARPRICE}(CAL,R);$

**PVM(C,R)** "prix moyen calculé"

$PVM(CAL,R) = \text{sum}(SM, PI(CAL,R,SM) * Pv(CAL,R) / \text{card}(SM));$

**prixalea(C,R,SM)** "prix aléatoire"

$\text{prixalea}(CAL,R,SM) = Pv(CAL,R) * PI(CAL,R,SM);$

### Paramétrage de la fonction de consommation

**pach(CAL,R)** "prix d'achat des produits de l'exploitation"

$\text{pach}(CAL,R) = 1.3 * Pv(CAL,R);$

$\text{pach}('olivier', 'huile') = 9;$

**X0vmin(CAL,R)** "Borne min des quantités consommées par membre"

$X0vmin(CAL,R) = 0.5 * X0v(CAL,R);$

**X0vmax(CAL,R)** "Borne max des quantités consommées par membre"

$X0vmax(CAL,R) = 5 * X0v(CAL,R);$

**X0fmin(F,R)** "Borne min des quantités consommées par membre"

$X0fmin(F,R) = \text{sum}((P), \text{compo}(p)) * 0.6 * X0f(F,R);$

**X0fmax(F,R)** "Borne max des quantités consommées par membre"

$X0fmax(F,R) = \text{sum}((P), \text{compo}(p)) * 4 * X0f(F,R)$

**beta(F,R)** "paramètre LES"

$\text{beta}(F,R) = Eef(F,R) * BS(F,R);$

**gamma(F,R)** "paramètre LES"

$\text{gamma}(F,R) \text{ } \$[\text{Pachf}(F,R) < 0] = X0ff(F,R) + (\text{beta}(F,R) * \text{sum}((ff,RR), \text{Pachf}(ff,RR) * X0ff(ff,R))) / \text{Pachf}(F,R) / \text{omega};$

**BS(F,R)** "calcul des parts budgétaires"

$BS(F,R) = X0ff(F,R) * \text{PACHf}(F,R) / \text{sum}((ff,RR), X0ff(ff,RR) * \text{PACHf}(ff,RR));$

**X0ff(F,R)** "consommation de référence pour le ménage"

$X0ff(F,R) = X0f(F,R) * 6;$

**delta(cal,R)** "différentiel de prix entre la vente et l'achat"

$\text{delta}(cal,R) = \text{Pach}(CAL,R) - Pv(CAL,R);$

## Les variables

<b>U</b>	"utilité du ménage producteur"
<b>ReVeg</b>	"recette de la production végétale"
<b>COSTS</b>	"calcul des couts totaux de production"
<b>Z</b>	"Revenu net d'exploitation"
<b>RAGRALEA</b>	"revenu agricole aléatoire par état de nature"
<b>Z_ALEA</b>	"Valeur du revenu global aléatoire par état de nature"
<b>DEV</b>	"Déviation du revenu global par état de nature"
<b>X(C,S,I)</b>	"crop activity level (ha)"
<b>AU</b>	"valeur de l'autoconsommation"
<b>AU_AL</b>	"valeur aleatoire de l'autoconsommation"
<b>STDEV</b>	"ecart type du revenu global du ménage"
<b>Qpal</b>	"quantité produite aléatoire par état de nature"
<b>Qval</b>	"quantité vendue aléatoire par culture"
<b>Qdal</b>	"quantité donnée aléatoire"
<b>Qaal</b>	"quantité aleatoire autoconsommée"
<b>Qp</b>	"quantité moyenne produite par culture en KG"
<b>Qd</b>	"Quantité donnée par culture"
<b>Qv</b>	"quantité vendue"
<b>Qa</b>	"quantité autoconsommée"
<b>Qach</b>	"Quantité achetée d'aliments produits"
<b>Qachf</b>	"Quantité achetée d'aliments non produits sur l'exploitation"
<b>Qc</b>	"quantité consommée (aliments produits)"
<b>Qcf</b>	"quantité consommée (aliments produits)"
<b>TLABH</b>	"Men temporary labour (days)"
<b>TLABF</b>	"women temporary labour (days)"
<b>QHERBEPROD</b>	"quantité d'herbe produite"
<b>QHERBEACHT</b>	"quantité d'herbe achetée"
<b>QHACH_alea(SN)</b>	"quantite aléatoire d'herbe achetee "
<b>QHPR_alea(SN)</b>	" quantite aléatoire d'herbe produite "

**NCONSO** "quantité de nutriments consommés par le menage"  
**Depensesal** "Depenses alimentaires du menage"  
**Coutstrans** "cout total de transformation"

;

## Les équations

**OBJECTIVE** "la fonction objectif utilité perçue par le ménage"  
**RISQUE** "calcul des deviations du revenu global"  
**ECART\_TYPE** "Ecart type"  
**RECETTE** "recette agricole moyenne"  
**COUTS** "le calcul des couts agricoles"  
**coutransf** "cout de transformation des aliments"  
**REVNATU** "Valeur de l'autoconsommation du ménage"  
**REVGLOB** "Revenu global du ménage : monétaire + en nature - couts de production"  
**PRODUCTION** "Production moyenne par culture"  
**REVNATU\_AL** "revenu en nature aléatoire"  
**REVAGR\_ALE** "revenu agricole aléatoire"  
**REVGLOB\_AL** "Calcul du revenu global aléatoire : R AGR aléatoire + R en nature aléatoire + RHE "  
**PROD\_ALE** "Production aléatoire par état de nature"  
**DON** "calcul des quantités données par le ménages"  
**DON\_AL** "quantités données aleatoire"  
**BILAN** "Quantité produite = ventes + dons"  
**BILAN\_AL** "Bilan aléatoire"  
**BILAN\_C** " Quantité consommée = achats + autoconsommation "  
**BILAN\_CF** "équation bilan"  
**LAND** "Contrainte terre globale"  
**LANDS1** "Contrainte sol léger"  
**LANDS2** "contrainte sol moyen"  
**LANDS3** "contrainte sol lourd"  
**Oliviers** "Contrainte de la surface fixe plantée en oliviers"  
**ROTATION1** "rotation sur exploitation des cultures maraichères"  
**ROTATION2** "rotation sur exploitation des céréales"

<b>LABOUR1</b>	"Male labour constraint"
<b>LABOUR2</b>	"Female Labour constraint"
<b>WATER</b>	"contrainte d'usage de la ressource hydrique"
<b>ALIMANIM</b>	"contrainte d'équilibre pour l'alimentation animale"
<b>HEPROD_ALE</b>	"quantite aleatoire d'hebre produite"
<b>ALIMANI_AL</b>	"contrainte d'équilibre aleatoire pour l'alimentation animale"
<b>HERBEPROD</b>	"quantité d'herbe produite"
<b>ALIMHUM</b>	"Nutriments consommés par le ménage"
<b>ALIMIN</b>	"contrainte nutritionnelle pour l'alimentation minimale"
<b>ALIMAX</b>	"contrainte nutritionnelle pour l'alimentation maximale"
<b>DEPALIM</b>	"calcul des dépenses alimentaire"
<b>BUDGET</b>	"contrainte budgetaire pour l'achat d'aliments sur le marche"
<b>condi1</b>	" Contrainte de consommation Min "
<b>condi2</b>	" Contrainte de consommation Max "
<b>condi1f</b>	"Contrainte de consommation Min"
<b>condi2f</b>	" Contrainte de consommation Max "
<b>LES_Def</b>	"La fonction de consommation LES"
<b>Dispoherbe</b>	"Contrainte de disponibilité de fourrages sur l'exploitation"

## Le modèle

<b>OBJECTIVE..</b>	$Z - \text{sum}((\text{CAL}, \text{R}), \text{Qach}(\text{CAL}, \text{R}) * \text{pach}(\text{CAL}, \text{R})) - \text{PHI} * \text{STDEV} = \text{E} = \text{U};$
<b>RISQUE(SN,SM)..</b>	$Z\_ALEA(\text{SN}, \text{SM}) + \text{DEV}(\text{SN}, \text{SM}) = \text{e} = \text{Z};$
<b>ECART_TYPE..</b>	$\text{SQRT}(\text{SUM}((\text{SN}, \text{SM}), \text{SQR}(\text{DEV}(\text{SN}, \text{SM})))) / (\text{card}(\text{SN}) * \text{card}(\text{SM})) = \text{E} = \text{STDEV};$
<b>PRODUCTION(C)..</b>	$\text{sum}((\text{S}, \text{I}), \text{X}(\text{C}, \text{S}, \text{I}) * \text{RM}(\text{C}, \text{S}, \text{I})) = \text{E} = \text{sum}((\text{R}), \text{Qp}(\text{C}, \text{R}));$
<b>PROD_ALE(C,R,SN,SM)..</b>	$\text{sum}((\text{S}, \text{I}), \text{X}(\text{C}, \text{S}, \text{I}) * \text{YIELD}(\text{C}, \text{S}, \text{I}) * \text{FVR}(\text{C}, \text{S}, \text{I}, \text{SN})) = \text{E} = \text{Qpal}(\text{C}, \text{R}, \text{SN}, \text{SM});$
<b>RECETTE..</b>	$\text{sum}((\text{CAL}, \text{R}), \text{Qv}(\text{CAL}, \text{R}) * \text{PVM}(\text{CAL}, \text{R}) * \text{CONV}(\text{CAL}, \text{R})) = \text{E} = \text{ReVeg};$
<b>REVNATU..</b>	$\text{sum}((\text{CAL}, \text{R}), \text{Qa}(\text{CAL}, \text{R}) * \text{CONV}(\text{CAL}, \text{R}) * (\text{Pv}(\text{CAL}, \text{R}) - \text{delta}(\text{CAL}, \text{R}))) = \text{E} = \text{Au};$
<b>COUTS..</b>	$\text{sum}((\text{C}, \text{S}, \text{I}), \text{COST}(\text{C}, \text{S}, \text{I}) * \text{X}(\text{C}, \text{S}, \text{I})) + \text{TLABH} * \text{MTWAGE} + \text{TLABF} * \text{FTWAGE} + \text{QHERBEA} * \text{PRIXHERBE} + \text{coutstrans} = \text{E} = \text{COSTS};$
<b>coutstransf..</b>	$\text{sum}((\text{CAL}, \text{R}), \text{transfcost}(\text{CAL}, \text{R}) * \text{Qv}(\text{CAL}, \text{R})) + \text{sum}((\text{CAL}, \text{R}), 0.6 * \text{transfcost}(\text{CAL}, \text{R}) * \text{Qa}(\text{CAL}, \text{R})) = \text{E} = \text{coutstrans};$

**DON(CAL,R)..**  $Qd(CAL,R)=E= TD(CAL)*Qp(CAL,R);$

**REVGLOB..**  $ReVeg+RECTLVGE -COSTS +RHE+ AU=E= Z;$

**REVNATU\_AL(SN,SM)..**  $sum((CAL,R), Qaal(CAL,R,SN,SM)*CONV(CAL,R)*prixalea(CAL,R,SM)) =E= Au\_al ;$

**DON\_AL(CAL,R,SN,SM)..**  $Qdal(CAL,R,SN,SM)=E=Qpal(CAL,R,SN,SM)*TD(CAL);$

**REVAGR\_ALE(SN,SM)..**  $sum((CAL,R), Qval(CAL,R,SN,SM)*prixalea(CAL,R,SM))+RECTLVGE - sum((C,S,I), COST(C,S,I)*X(C,S,I))- TLABH*MTWAGE - TLABF*FTWAGE - QHACH\_alea(SN)*PRIHERBE =E= RAGRALEA(SN,SM) ;$

**REVGLOB\_AL(SN,SM)..**  $RAGRALEA(SN,SM)+Au\_al+ RHE=E=Z\_ALEA(SN,SM);$

**BILAN(CAL,R)..**  $Qv(CAL,R)+Qd(CAL,R)+Qa(CAL,R)=E= Qp(CAL,R);$

**BILAN\_AL(CAL,R,SN,SM)..**  $Qpal(CAL,R,SN,SM)=E= Qdal(CAL,R,SN,SM)+ Qval(CAL,R,SN,SM)+Qaal(CAL,R,SN,SM);$

**BILAN\_C(CAL,R)..**  $Qc(CAL,R)=E=Qa(CAL,R)+Qach(CAL,R);$

**BILAN\_CF(F,R)..**  $Qcf(F,R)=E=Qachf(F,R);$

**LAND..**  $sum((c,s,i), X(c,s,i)) =L= fland;$

**LANDS1..**  $sum((C,I), X(C,'S1',I)) =L= FLANDS1;$

**LANDS2..**  $sum((C,I), X(C,'S2',I)) =L= FLANDS2;$

**LANDS3..**  $sum((C,I), X(C,'S3',I)) =L= FLANDS3;$

**OLIVIERS..**  $sum((S,I),X('olivier',S,I)) =E= 0.5;$

**OLIVIERS2..**  $sum((S,I),X('olivier',S,'I1')) =E= 0;$

**ROTATION1..**  $sum((MGC,S,I),X(MGC,S,I)) =L= 0.105*(fland - sum((S,I),X('olivier',S,I))) ;$

**ROTATION2..**  $sum((CC,S,I),X(CC,S,I)) =L= 0.0263*(fland - sum((S,I),X('olivier',S,I))) ;$

**LABOUR1..**  $sum((C,S,I), LABREQH(C,S,I) *X(C,S,I))+ MOTHuileM*(Qv('olivier','huile')/1000) =L= MFLABOUR + TLABH ;$

**LABOUR2..**  $sum((C,S,I), LABREQF(C,S,I) *X(C,S,I))+ MOTHuileF*(Qv('olivier','huile')/1000) =L= WFLABOUR + TLABF ;$

**WATER..**  $sum((C,S,I), watreq(C,I)*X(C,S,I)) =L= fwater ;$

**HERBEPROD..**  $sum((R), Qp('jachere',R))=E= QHERBEPROD ;$

**HEPROD\_ALE(SN)..**  $sum((S,I), X('jachere',S,I)*YIELD('jachere',S,I)*FVR('jachere',S,I,SN)) =E= QHPR\_alea(SN);$

**ALIMANIM..**  $QHERBEPROD + QHERBEACHT =G= BESHERBE;$

**ALIMANI\_AL(SN)..**  $QHPR\_alea(SN)+ QHACH\_alea(SN) =G= BESHERBE;$

**ALIMHUM(N)..**  $sum((CAL,R),Qc(CAL,R)*PCV(CAL)*NUTRIV(CAL,R,N)*CONV(CAL,R))+ sum((F,R),Qcf(F,R)*NUTRIF (F,R,N)*PC(F)) =E= NCONSO(N);$

**ALIMIN(N)..**  $NCONSO(N) =G= 0.8*BNUTRIMR(N);$

**ALIMAX(N)..**  $NCONSO(N) =L= BNUTRIMM(N);$

**DEPALIM..** depensesal=E= sum((F,R),Qachf(F,R)\*Pachf(F,R)) +  
sum((CAL,R),Qach(CAL,R)\*Pach(CAL,R));

**condi1(CAL,R)..** Qc(CAL,R)=L= sum((P), compo(p))\*X0vmax(CAL,R);

**condi2(CAL,R)..** Qc(CAL,R)=G= sum((P), compo(p))\*X0vmin(CAL,R);

**condi1f(f,R)..** Qachf(f,R)=L= 2\*X0fmax(F,R);

**condi2f(f,R)..** Qc(f,R)=G= X0fmin(F,R);

**LES\_Def(F,R)\$[Pachf(F,R)> 0]..** Qc(F,R)=e= gamma(F,R) + (beta(F,R)\*(depensesal -  
sum((ff,RR),gamma(ff,RR)\*Pachf (ff,RR)))) /Pachf (F,R);

**dispoherbe..** QHERBEACHT =G= 0.15\* BESHERBE ;

**BUDGET..** depensesal=L=0.5\*(Z-Au) ;

model farmModel "modele de menage Sidi Bouzid" /all/;

\*~~~~~ MODEL SOLUTION ~~~~~\*

option NLP = conopt;

solve farmModel using NLP maximizing U ;