

## Résumé

*Le sous-système de production animale est une composante essentielle du système de production des exploitations agricoles dans la zone des plateaux et plaines nord atlasiques. Cependant, plusieurs contraintes entravent le développement du secteur. Cette étude a déployé une diversité de méthodes et d'outils d'analyse qui permettent de diagnostiquer et de caractériser l'état des ressources et des systèmes de production et de tester les propositions de recherche visant à améliorer la durabilité des systèmes agropastoraux et à renforcer l'intégration entre ces composantes (l'agriculture et l'élevage).*

*L'analyse de l'état de la végétation et de l'environnement montre une tendance générale à la dégradation. La régression critique du couvert végétale est due à la pression croissante exercée par l'agriculture et l'élevage.*

*La complémentarité cultures/élevage est de plus en plus compromise par la tendance à produire plus le grain que la biomasse. De ce fait, le chaume a une valeur très importante pour l'élevage qui rivalise avec celle de l'amendement du sol dans le système sans labour.*

*La rareté de la biomasse pendant les années sèches nécessite des ajustements dans les stratégies d'alimentation. Or combler le déficit fourrager et préserver une partie des résidus pour l'amendement du sol, sans réduire les effectifs des animaux, dépend de la diversification des ressources alimentaires. Différentes options sont examinées dans cette recherche.*

## Abstract

*Animal production subsystem is an essential component of the agricultural production system in the area of the North Atlas plateaus and plains. However, several constraints hamper the development of the sector. This study deployed a variety of analytical methods and tools which make it possible to diagnose and characterize the state of resources and production systems and to test research proposals aimed at improving the sustainability of agro-pastoral systems and at strengthen integration between its components (agriculture and livestock).*

*Analysis of the current state of the vegetation and the environment shows a general tendency to deterioration. The critical regression of the plant cover is due to the increasing pressure exerted by agriculture and livestock.*

*The complementarity between crops and livestock is increasingly compromised by the trend to produce more grain than biomass. As a result, residue has a very important value for livestock farming which rivals that of soil improvement in the no-till system.*

*The scarcity of biomass during dry years requires adjustments in feeding strategies. Closing the fodder deficit and preserving part of the residue for soil improvement depends on the diversification of food resources. Different options are explored in this Research.*

 Mohamed  
ELKOUDRIM

 Contribution à la gestion de l'intégration de l'agriculture et l'élevage en milieu aride  
et semi-aride sous le système d'agriculture de conservation

2021

 Faculté des Sciences et Techniques  
Settat

## THÈSE DE DOCTORAT

Pour l'obtention de grade de Docteur en Biologie

Formation Doctorale: Biologie, Santé et Environnement

Spécialité: Sciences Agronomiques

Sous le thème

# Contribution à la gestion de l'intégration de l'agriculture et l'élevage en milieu aride et semi-aride sous le système d'agriculture de conservation

Présentée par :

**Mohamed EL KOUDRIM**

Soutenu le: 11 Mars 2021

A la Faculté des Sciences et Techniques de Settat devant le jury composé de :

Pr. Abdel Khalid ESSAMADI	PES	Université Hassan 1 <sup>er</sup>	Président
Pr. Yahya KOULALI	PES	Université Hassan 1 <sup>er</sup>	Rapporteur
Dr. Bouchra EL AMIRI	DR	INRA	Rapporteur
Pr. Karima SAMIR	PES	Université Hassan II	Rapporteur
Pr. Souad MAATAOUI BELABBES	PH	Université Hassan 1 <sup>er</sup>	Examineur
Pr. Hassan OUABBOU	Dr-ICP	INRA	Co-Directeur de thèse
Pr. Saïd HILALI	PES	Université Hassan 1 <sup>er</sup>	Directeur de thèse

## *Dédicaces*

*À la mémoire de mes parents*

*À ma chère épouse*

*À mes quatre princesses*

*À tous les membres de ma grande famille*

*À tous mes amis*

*À vous chers lecteurs*

## *Remerciements*

*Je tiens avant tous à remercier Professeur Hilali Saïd d'avoir accepter de diriger cette thèse, sa symphie, son implication et son soutien m'ont permis de mener à bien mon travail.*

*Je remercie aussi Docteur Ouabbou Hassan, le co-directeur de ma thèse, pour son soutien, son implication et sa disponibilité exemplaire.*

*Je remercie également Professeurs Samir Karima, Koulali Yahya et Docteur El Amiri Bouchra, d'avoir accepter d'évaluer mon travail.*

*Je remercie aussi tous les membres de jury.*

*Enfin, J'adresse mes vifs remerciements à toutes les personnes qui ont contribuées de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## SOMMAIRE

Liste des figures .....	7
Liste des tableaux .....	9
Liste des acronymes .....	10
Introduction générale .....	14
Chapitre 1 : Revue bibliographique .....	18
1. Dégradation et désertification des terres.....	18
1.1 Introduction.....	18
1.2 Désertification dans le monde.....	19
1.3 Désertification au Maroc.....	20
1.4 Dégradation des parcours au Maroc.....	21
1.5 Facteurs de dégradation du couvert végétal au Maroc.....	22
1.5.1 Surpâturage .....	23
1.5.2 Récolte de matériel végétal pour d'autres usagers .....	23
1.5.3 Défrichements.....	23
1.6 Conclusion .....	24
2. Intérêt de la télédétection et du SIG dans l'étude de l'occupation du sol des zones arides et semi-aride .....	25
2.1 Elaboration des cartes d'occupation du sol .....	26
2.2 Analyses multi-dates des changements.....	27
3. Production fourragère.....	27
3.1 Systèmes fourragers .....	28
3.1.1 Système de culture.....	28
3.1.2 Système d'élevage .....	30
3.2 Production fourragère dans le monde .....	31
3.3 Problématique de la production fourragère au Maroc .....	31
3.3.1 Caractéristiques des productions fourragères.....	31
3.3.2 Généralités sur les cultures fourragères au Maroc.....	34
3.3.3 Quelques mesures pour relancer les cultures fourragères.....	35
3.4 Espèces fourragères pour les zones arides et semi-arides.....	37
3.4.1 Plantes herbacées fourragères.....	37
3.4.2 Plantes ligneuses fourragères .....	46
4. Agriculture de conservation .....	52
4.1 Semis direct.....	52
4.2 Agroforesterie .....	55
4.2.1 Agroforesterie : concept et définitions.....	55
4.2.2 Intérêts de l'agroforesterie.....	56
4.2.3 Systèmes agroforestiers .....	57
4.2.4 Agroforesterie à l'échelle mondiale.....	59
4.2.5 Agroforesterie à l'échelle nationale.....	60
Chapitre 2 : Matériel et méthodes.....	62
1. Contexte de la recherche .....	62
2. Aperçu synthétique sur la zone des plaines et plateaux nord atlasiques .....	63
2.1 Situation géographique et caractéristiques de la zone .....	63
2.1.1 Ensemble géographique .....	63
2.1.2 Climat.....	64
2.1.3 Sols.....	64

2.1.4 Population .....	65
2.1.5. Caractéristiques phytoécologiques et ressources pastorales .....	65
2.2 Systèmes de production.....	67
3. Problématique de recherche .....	68
4. Hypothèses de recherche.....	69
5. Objectifs de l'étude.....	70
6. Approches méthodologiques.....	71
6.1 Dynamique d'évolution des occupations du sol.....	71
6.1.1 Évolution du climat.....	71
6.1.2 Etude de la végétation .....	72
6.1.2.1 Etude phytoécologique.....	73
6.1.2.2 Quantification des paramètres de la végétation .....	74
6.1.2.3 Cartographie des formations et faciès pastoraux.....	75
6.1.2.4 Dynamique de la végétation.....	80
6.2 Caractérisation des systèmes de production .....	81
6.2.1 Délimitation des zones homogènes .....	81
6.2.1.1 Exploitation des données disponibles.....	81
6.2.1.2 Ateliers auprès des éleveurs .....	81
6.2.1.3 Définition des zones homogènes.....	82
6.2.1.4 Enquêtes sur les systèmes de production .....	82
6.2.2 Méthode d'analyse des données.....	83
6.3 Diversification et amélioration des apports fourragers .....	84
6.3.1 Optimisation de la gestion des résidus de culture.....	84
6.3.2 Développent et teste d'options alternatives d'alimentation pour le cheptel .....	87
6.2.3.1 Diversification des cultures fourragères annuelles.....	87
6.2.3.2 Etude comparative des différentes ressources fourragères.....	89
6.2.3.3 Introduction des arbustes fourragers en Alley cropping.....	91
Chapitre 3 : Résultats et discussion .....	94
1. Dynamique d'évolution de l'occupation du sol.....	94
1.1 Introduction.....	94
1.2 Dynamique d'évolution des parcours au niveau de Rhamna .....	95
1.2.1 Introduction.....	95
1.2.2 Etude climatique.....	95
1.2.2.1Analyse des précipitations.....	96
1.2.2.2 Analyse de la sécheresse.....	98
1.2.3 Etude de l'occupation du sol .....	99
1.2.3.1 Composition de la végétation des pâturages en 2017.....	99
1.2.3.2 Composition de la végétation des pâturages en 1987 .....	100
1.2.3.3 Dynamiques de changement de l'occupation du sol .....	102
1.2.4 Conclusion .....	104
1.3 Dynamique d'évolution de l'occupation des sols au niveau de la province de Settat .....	105
1.3.1 Introduction.....	105
1.3.2 Etude climatique.....	105
1.3.2.1 Etude des précipitations .....	105
1.3.2.2 Analyse de la sécheresse.....	108
1.3.3 Etude de l'occupation du sol.....	108
1.3.3.1 Indice de végétation (NDVI).....	108
1.3.3.2 Etude diachronique de l'occupation du sol.....	109
1.3.3.3 Simulation de l'occupation du sol à l'horizon 2026.....	116
1.3.4 Conclusion .....	118

1.4 Dynamique d'évolution des parcours au niveau de la province Khouribga.....	119
1.4.1 Introduction.....	119
1.4.2 Etude climatique.....	120
1.4.2.1 Etude des précipitations.....	120
1.4.2.2 Analyse de la sécheresse.....	121
1.4.3 Etude du couvert végétal de la province de Khouribga.....	122
1.4.3.1 Caractérisation des principales formations végétales.....	122
1.4.3.1.2 <i>Steppes arborées</i> .....	123
1.4.3.1.3 <i>Steppes dégradées mixtes</i> .....	123
1.4.3.2 Dynamique d'évolution de l'occupation du sol.....	125
1.4.4 Conclusion.....	127
2. Caractérisation des systèmes de production.....	129
2.1 Caractérisation générale de l'élevage pastoral.....	129
2.1.1 Zone de Rhamna.....	129
2.1.2 Zone de Settat.....	130
2.1.3 Zone de Khouribga.....	131
2.2 Caractérisation socio-économique.....	133
2.2.1 Taille de l'exploitation.....	133
2.2.2 Age, résidence et scolarité du fermier.....	133
2.2.3 Taille des ménages et mode d'occupation des terres.....	134
2.2.4 Mécanisation.....	135
2.2.5 Système de culture.....	136
2.2.5.1 Zones relativement favorables (Provinces de Settat et Khouribga).....	136
2.2.5.2 Zones défavorables (Rhamna).....	138
2.2.6 Production animale.....	141
2.2.6.1 Caractérisation de l'élevage.....	141
2.2.6.2 Alimentation du bétail.....	142
2.3 Stratégies de conduite des troupeaux.....	143
2.3.1 Mobilité des troupeaux.....	143
2.3.2 Supplémentation et engraissement.....	143
2.3.3 Évolution des systèmes d'élevage.....	144
2.3.3.1 Elevage ovin.....	144
2.3.3.2 Elevage bovin et caprin.....	145
2.3.4 Modes de conduite des élevages.....	146
2.4 Stratégies d'alimentation du cheptel.....	147
2.4.1 Sources d'alimentation.....	147
2.4.2 Rôle des résidus dans l'alimentation du bétail.....	149
2.4.3 Calendrier fourrager.....	150
2.4.3.1 Calendrier fourrager pendant les années normales.....	150
2.4.3.2 Calendrier fourrager pendant les années sèches.....	151
2.4.4 Besoins alimentaires.....	152
2.4.5 Dépense alimentaire.....	153
2.4.6 Location de pâturage.....	154
2.4.7 Alternatives d'alimentation.....	155
2.5 Synthèse et discussion.....	156
3. Amélioration de l'intégration de l'agriculture et de l'élevage.....	158
3.1 Introduction.....	158
3.2 Vue synoptique des contraintes.....	159
3.2.1 Contraintes de milieu.....	159
3.2.2 Contraintes liées aux systèmes de production.....	160

3.2.3 Contraintes sociales.....	162
3.2.4 Contraintes liées à la ressource végétale.....	162
3.2.5 Contraintes agricoles .....	163
3.2.5.1 Production végétale.....	163
3.2.5.2 Production animale.....	164
3.3 Optimisation de la gestion des résidus de culture .....	164
3.3.1 Résidus des cultures composant important de l'agriculture de conservation.....	164
3.3.2 Gestion des résidus des céréales par les agriculteurs.....	165
3.3.3 Gestion des chaumes au niveau de la station expérimentale.....	166
3.3.3.1 Estimation de la production des chaumes.....	166
3.3.3.2 Effet des résidus sur les cultures de l'année suivante .....	168
3.3.4 Synthèse et discussion.....	170
3.4 Développement et test d'options alternatives et intégrés d'alimentation pour le cheptel.....	173
3.4.1 Contraintes à la production des cultures fourragères .....	173
3.4.2 Production des cultures fourragères par les agriculteurs.....	174
3.4.3 Suivi des champs expérimentaux des agriculteurs .....	177
3.4.3.1 Cultures annuelles en monoculture et en mélange.....	177
3.4.3.2 Cultures en couloirs .....	181
3.4.4 Essais sur les cultures fourragères en station .....	181
3.4.4.1 Rappel sur la relation entre la densité et la biomasse.....	181
3.4.4.2 Comportement des cultures annuelles en monoculture .....	183
3.4.4.3 Comportement des cultures associées (graminée et légumineuse).....	185
3.4.4.4 Comportement des cultures en alley cropping.....	186
3.4.4.5 Production et exploitation de Medicago arborea .....	189
3.4.5 Synthèse et discussion.....	196
Conclusion générale .....	202
Références bibliographiques .....	208

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Etapes de la dynamique des peuplements végétaux soumis à l'action de l'homme en région méditerranéenne	20
Figure 2 : Représentation du système fourrager: facteurs conditionnant les flux et les états	30
Figure 3 : Proportion des différentes occupations du sol du territoire marocain (MAPM, 2016)	32
Figure 4 : Superficies des cultures fourragères au Maroc en 2015 (MAPM, 2016)	32
Figure 5 : Production des cultures fourragères au Maroc en 2015 (MAPM, 2016)	33
Figure 6 : Diversification des cultures fourragères au Maroc (MAPM, 2016)	33
Figure 7 : Anatomie macroscopique d'une graminée de type unculaire	39
Figure 8 : Graminée de type gazonnant (forme A), graminée de type gazonnant à port étalé	40
Figure 9 : Composition de la graine de pois protéagineux (Abrams et al, 2016).	45
Figure 10: Litières produites par l'arbre dans un système agroforestier	57
Figure 11 : Scènes Landsat retenues pour la classification de la végétation	76
Figure 12: Variation des précipitations moyennes annuelles (Province Rhamna)	96
Figure 13 : Précipitations saisonnières moyennes (Province Rhamna)	97
Figure 14 : Tendances des précipitations saisonnières (Province Rhamna)	97
Figure 15 : Caractérisation de la sécheresse agronomique (Province Rhamna)	98
Figure 16: Comparaison des précipitations des années sèches à celles de la série (Province Rhamna)	99
Figure 17 : Occupation du sol de 2017	103
Figure 18 : Occupation du sol 1987	103
Figure 19: Variation des précipitations moyennes annuelles (Province de Settat)	106
Figure 20: Variation des précipitations moyennes annuelles (Cercle El Brouj)	107
Figure 21 : Précipitations saisonnières moyennes (Province de Settat)	107
Figure 22 : Caractérisation de la sécheresse agronomique (province de Settat)	108
Figure 23 : Indice NDVI des images 1988 et 2018 (Province Settat).	109
Figure 24 : Occupation du sol province Settat 1988	111
Figure 25 : Occupation du sol province Settat 2018	113
Figure 26 : Superficies des unités d'occupation de sol en 1988 et 2018	113
Figure 27 : Occupation du sol simulée pour l'année 2026	117
Figure 28 : Evolution des superficies des classes d'occupation du sol entre 2018 et 2026	117
Figure 29: Variation des précipitations moyennes annuelles (Province Khouribga)	120
Figure 30 : Précipitations saisonnières moyennes (Province de Khouribga)	121
Figure 31 : Caractérisation de la sécheresse agronomique (province de Khouribga)	121
Figure 32 : Carte d'occupation du sol de la province de Khouribga (1988)	125
Figure 33 : Carte d'occupation du sol de la province de Khouribga (2018)	126
Figure 34: Evolution de l'occupation du sol entre 1988 et 2018	127
Figure 35 : Taux d'assolements des terres agricoles	138

Figure 36 : Répartition du cheptel ovin.	141
Figure 37 : Provenances de l'alimentation du bétail dans le passé (bleu) et actuellement (rouge).	143
Figure 38 : Perception des avantages des résidues de culture pour l'alimentation du bétail	150
Figure 39 : Calendrier fourrager type caractéristique de la zone d'étude	152
Figure 40 : Quantités de chaume moyennes (bleu) et médianes (rouge) estimées par les agriculteurs	166
Figure 41 : Utilisation des chaumes par les ovins en année normale	167
Figure 42 : Utilisation des chaumes par les ovins en année sèche	168
Figure 43 : Evolution des composantes du mélange fourrager et des adventices au niveau de la parcelle P1 (Coupe au niveau des épis et pas de pâturage)	169
Figure 44 : Evolution des composantes du mélange fourrager et des adventices au niveau de la parcelle P2 (Coupe normale, paille enlevée et pas de pâturage)	169
Figure 45 : Evolution des composantes du mélange fourrager et des adventices au niveau de la parcelle P3 (Coupe normale, paille enlevée et 50% de pâturage)	170
Figure 46 : Evolution des composantes du mélange fourrager et des adventices au niveau de la parcelle P4 (Coupe normale, paille enlevée et 75% de pâturage)	170
Figure 47 : Evolution du poids frais des différentes composantes fourrages en fin saison	179
Figure 48: Evolution du poids frais des différentes fourrages en fin saison (Rhamna)	180
Figure 49: Taux de protéines brutes dans les champs expérimentaux (Oued Zeem)	181
Figure 50 : Corrélation entre la densité des plants et le poids du fourrage	182
Figure 51 : Evolution de la densité des cultures annuelles	183
Figure 52: Evolution de la phytomasse verte des cultures annuelles	185
Figure 53 : Evolution de la phytomasse sèche des cultures annuelles	186
Figure 54 : Evolution de la phytomasse du mélange fourrager (Orge/Pois )	188
Figure 55 : Evolution de la densité de la culture intercalaire	189
Figure 56 : Evolution de la phytomasse verte de la culture intercalaire	189
Figure 57 : Evolution de la phytomasse sèche de la culture intercalaire	190
Figure 58 : Evolution mensuelle de la hauteur des plants de <i>Medicago arborea</i>	191
Figure 59 : Evolution mensuelle du nombre de ramifications des plants de <i>Medicago arborea</i>	192
Figure 60 : Apparition des fleurs et des gousses sur les arbustes	195
Figure 61 : Composition en fibres des constituants des plants de <i>Medicago arborea</i>	193

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Espèces ligneuses fourragères de milieu aride	52
Tableau 2 : Arbres ou grands arbustes utilisés dans les systèmes agroforestiers	59
Tableau 3 : Exemples de systèmes agroforestiers comprenant arbres, cultures et animaux	60
Tableau 4 : Sévérité de la sécheresse selon le SPI de Mckee et al (1993)	72
Tableau 5 : Caractéristique des bandes des images Landsat utilisées (Source : USGS)	77
Tableau 6 : Matrice de changement de l'occupation du sol entre 1987 et 2017	104
Tableau 7 : Superficie et taux de couverture des unités d'occupation du sol pour 1988	111
Tableau 8 : Superficie et taux de couverture des unités d'occupation du sol des unités classées de la province du Settat 2018	112
Tableau 9 : Evolution des surfaces des classes d'occupation du sol entre 1988 et 2018	115
Tableau 10 : Matrice de changement d'occupation des sols de la zone entre 1988 à 2018	116
Tableau 11 : Age du fermier, expérience en agriculture et résidence	133
Tableau 12 : Niveau d'éducation des agriculteurs en pourcentage	133
Tableau 13: Taille du ménage et disponibilité du travail agricole	134
Tableau 14: Affiliation des agriculteurs à l'organisation agricole	134
Tableau 15 : Régime foncier	135
Tableau 16 : Contribution des activités agricoles au revenu	135
Tableau 17: Propriété de machines agricoles	136
Tableau 18: Rotation des cultures pratiquée (en% d'agriculteurs)	136
Tableau 19: Utilisation des terres en pourcentage des terres agricoles	137
Tableau 20: Rendements des principales cultures en tonnes par hectare	138
Tableau 21 : Rendements des céréales.	139
Tableau 22 : Taille du troupeau par catégorie d'exploitation	141
Table 23 : Besoin en alimentation pour une UZT* en année normale	152
Table 24 :Dépenses alimentaires annuelles (DH/UBT)	154
Table 25 :Dépenses totales annuelles par exploitation(DH)	154
Tableau 26 : Corrélations entre attitude vis-à-vis du fourrage et les caractéristiques de l'exploitation	177
Tableau 27 :l'importance de la production fourragère en alley cropping	181
Tableau 28 : Biomasse totale, taux de MS et Proportions des différents constituants des plants de Medicago arborea	193
Tableau 29 : Constituants des plants de Medicago arborea récoltés à 50 mois d'âge	193
Tableau 30 : Biomasse totale, taux de MS et Proportions des différents constituants des plants de Medicago arborea récoltés à 36-41 mois d'âge	194
Tableau 31: Estimation de la valeur nutritive du feuillage de Medicago arborea	195
Tableau 32 : Période et hauteur de coupe du feuillage de Medicago arborea	196

## LISTE DES ACRONYMES

---

**AAAIID:** Arab Authority for Agricultural Investment and Development  
**AC :** Agriculture de Conservation  
**ACDI :** Agence Canadienne de Développement International  
**ADA :** Agence de Développement Agricole  
**BM :** Banque Mondiale  
**CCD :** Convention des nations unies de lutte Contre la Désertification  
**CSFD :** Conseil Scientifique Français de Désertification  
**DMN :** Direction de la Météorologie Nationale  
**DPA :** Direction Provinciale d'Agriculture  
**ECAP :** Etude de synthèse Cartographique des Parcours  
**ENA:** Ecole Nationale d'Agriculture (Meknès)  
**FAO:** Food and Agriculture Organization  
**GG:** Green Generation  
**GLCF:** Global Land Cover Facility  
**GPS :** Système de positionnement global  
**IAV:** Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (Rabat)  
**ICARDA:** International Center of Agriculture Research in Dry Area  
**ICRAF:** International Center of Research in Agroforestry  
**INRA :** Institut National de la Recherche Agronomique  
**IPCC:** International Panel in Climate Change  
**MADR :** Ministère d'Agriculture et de Développement Rural  
**MADREF :** Ministère d'Agriculture, de Développement Rural et des Eaux et Forêt  
**MAPM :** Ministère d'Agriculture et la Pêche Maritime  
**MEDALUS:** Mediterranean Desertification and Land Use  
**OCP :** Office Chérifien de Phosphate  
**PAN :** Programme d'Action National de lutte contre la désertification  
**PDPEO :** Projet de Développement des Parcours et de l'Elevage dans l'Oriental  
**PMV :** Plan Maroc Vert  
**PNUE :** Programme des Nations Unies pour l'Environnement  
**PPNA :** Plateaux et Plaines Nord Atlasiques  
**SAU :** Surface Agricole Utile  
**SD :** Semis Direct  
**SIG :** Système d'Information Géographique  
**TD :** Télédétection  
**USAID :** Agence Américaine pour le Développement International  
**USGS:** United State Geological Survey

## RESUME : CONTRIBUTION A LA GESTION DE L'INTEGRATION DE L'AGRICULTURE ET DE L'ELEVAGE EN MILIEU ARIDE ET SEMI-ARIDE SOUS LE SYSTEME D'AGRICULTURE DE CONSERVATION

---

Le sous-système de production animale est une composante essentielle du système de production des exploitations agricoles dans la zone des plateaux et plaines nord atlasiques. Cependant, plusieurs contraintes entravent le développement du secteur dont la faiblesse et l'irrégularité de la pluviométrie, entraînant une fluctuation des disponibilités alimentaires du cheptel et la faiblesse de la productivité des animaux. Cette étude a déployé une diversité de méthodes et d'outils d'analyse qui permettent de diagnostiquer et de caractériser l'état des ressources et des systèmes de production et de tester les propositions de recherche visant à améliorer la durabilité des systèmes agropastoraux et à renforcer l'intégration entre ces composantes (l'agriculture et l'élevage).

La régression critique du couvert végétale est due à la pression croissante exercée par l'agriculture et l'élevage. L'anthropisation est en place depuis longtemps, mais le changement climatique a aggravé la situation au cours des dernières décennies. L'analyse de l'état actuel de la végétation et de l'environnement montre une tendance générale à la dégradation.

L'analyse à long terme des données climatiques montre une recrudescence des années de sécheresse. Le niveau avancé de dégradation de la zone étant dû à un processus de longue date dans lequel la sécheresse se produit en tant qu'élément catalyseur.

Les populations rurales dépendent des cultures pluviales et de l'élevage. Les deux activités sont interconnectées et constituent le principal moyen de subsistance des ménages. La complémentarité cultures/élevage est de plus en plus compromise par la tendance à produire plus le grain que la biomasse. De ce fait, le système d'élevage s'articule autour du rôle des résidus comme aliments pour le bétail. En général, l'élevage est considéré comme plus rentable et plus sûr en cas de sécheresse. Pour cela, le chaume a une valeur très importante pour l'alimentation des animaux qui rivalise avec celle de l'amendement du sol dans le système sans labour.

La rareté de la biomasse pendant les années sèches nécessite des ajustements dans les stratégies d'alimentation. Changer la taille du troupeau, réduire le nombre d'animaux engraisés ou la taille du troupeau ou encore alléger les rations sont des options préconisées par les agriculteurs. Or combler le déficit fourrager et préserver une partie des résidus pour l'amendement du sol, sans pour autant réduire les effectifs des animaux, dépend de la diversification des ressources alimentaires.

Différentes options sont examinées dans ce travail. Les cultures fourragères en monoculture, en mélanges et en alley-cropping ont montré leur intérêt dans l'amélioration des disponibilités alimentaires pour le cheptel et la fertilité du sol tout en réduisant le potentiel d'érosion des terres agricoles et la pression sur les terrains de pâturage.

**Mots clés :** Agriculture de conservation, élevage, intégration, dégradation, résidus des cultures, alternatives alimentaires.

**ABSTRACT: CONTRIBUTION TO CROP-LIVESTOCK INTEGRATION MANAGEMENT IN ARID AND SEMI-ARID ENVIRONMENTS UNDER CONSERVATION AGRICULTURE SYSTEM**

---

Animal production subsystem is an essential component of the production system of agricultural holdings in the area of the North Atlas plateaus and plains. However, several constraints hamper the development of the sector, including the weakness and irregularity of rainfall, resulting in fluctuating food availability for livestock and low productivity of animals. This study deployed a variety of analytical methods and tools which make it possible to diagnose and characterize the state of resources and production systems and to test research proposals aimed at improving the sustainability of agro-pastoral systems and at strengthen integration between its components (agriculture and livestock).

The critical regression of the plant cover is due to the increasing pressure exerted by agriculture and livestock. Human pressure has been in place for a long time, but climate change has worsened the situation in recent decades. Analysis of the current state of the vegetation and the environment shows a general tendency to deterioration.

Long-term analysis of climate data shows an upsurge in drought years. The advanced level of degradation of the area is due to a long-standing process in which drought occurs as a catalyst.

In the study area, rural populations depend on rainfed crops and livestock. The two activities are interconnected and constitute the main means of subsistence for households. The complementarity between crops and livestock is increasingly compromised by the tendency to produce more grain than biomass. As a result, the farming system revolves around the role of residues as animal feed. In general, livestock are considered more profitable and safer in the event of drought. For this, residue has a very important value for livestock farming which rivals that of soil improvement in the no-till system.

The scarcity of biomass during dry years requires adjustments in feeding strategies. Changing the size of the herd, reducing the number of animals fattened or the size of the herd, or even reducing the rations are options recommended by farmers. Closing the fodder deficit and preserving part of the residue for soil improvement, without reducing the number of animals, depends on the diversification of food resources.

Different options are explored in this work. Forage crops in monoculture, mixed crops and alley cropping have shown their interest in improving food availability for livestock and soil fertility while reducing the potential for erosion of agricultural land and the pressure on grazing land.

**Key words:** Conservation agriculture, livestock, integration, degradation, crops residue, feed alternatives.

## ملخص: المساهمة في إدارة تكامل الزراعة وتربية الماشية في البيئات القاحلة وشبه القاحلة في إطار نظام الزراعة الحافظة

نظام الإنتاج الحيواني هو مكون أساسي في نظم إنتاج الحيازات الزراعية في منطقة الهضاب و السهول الأطلسية الشمالية. ومع ذلك فإن العديد من القيود تعوق تطور هذا القطاع بما في ذلك ضعف وعدم انتظام هطول الأمطار مما يؤدي إلى تقلب توافر الغذاء للماشية وانخفاض إنتاجية الحيوانات. لقد استعملنا في هذه الدراسة مجموعة متنوعة من الأساليب والأدوات التحليلية التي تجعل من الممكن تشخيص وتوصيف حالة الموارد ونظم الإنتاج واختبار مقترحات البحث التي تهدف إلى تحسين استدامة النظم الزراعية الرعوية و تعزيز التكامل بين مكوناته (الزراعة وتربية الماشية).

يرجع التقلص الحاد للغطاء النباتي إلى الضغط المتزايد الذي تمارسه الزراعة وتربية الماشية. وهكذا فإن الضغط البشري ظل قائماً منذ وقت طويل لكن تغير المناخ أدى إلى تفاقم الوضع في العقود الأخيرة. لذلك يظهر تحليل الوضع الحالي للنباتات والبيئة ميولاً عاماً للتدهور.

يظهر تحليل البيانات المناخية على المدى الطويل زيادة في سنوات الجفاف. بينما يرجع المستوى المتقدم لتدهور المنطقة إلى عملية طويلة الأمد يتدخل فيها الجفاف كمحفز.

في منطقة البحث ، يعتمد السكان على المحاصيل البعلية والماشية. هذان النشاطان مترابطان ويشكلان الوسيلة الرئيسية للعيش للأسر. لكن التكامل بين الزراعة والماشية يتأثر بشكل متزايد بسبب الميل إلى إنتاج المزيد من الحبوب أكثر من الكتلة الحيوية. ونتيجة لذلك يركز النظام الزراعي حول دور بقايا الزراعات كعلف للحيوانات. بشكل عام تعتبر الماشية أكثر ربحية وأكثر أماناً في حالة الجفاف. لهذا فإن القش له قيمة مهمة للغاية لتربية الماشية التي تنافس تحسين التربة في نظام الزرع المباشر.

تتطلب ندرة الكتلة الحيوية خلال سنوات الجفاف تعديلات في استراتيجيات التغذية. حيث إن تغيير حجم القطيع وتقليل عدد الحيوانات المسمنة أو حجم القطيع أو حتى تقليل الحصص الغذائية هي خيارات يمارسها المزارعون. لذلك فإن توفير العلف والحفاظ على جزء من بقايا الزراعات لتحسين التربة دون تقليل حجم القطيع يعتمد على تنوع الموارد الغذائية.

تم استكشاف خيارات مختلفة في هذا العمل. بحيث أبدت محاصيل الأعلاف في الزراعة الأحادية والمحاصيل المختلطة والزراعة بين الخطوط نجاعة في تحسين توافر الغذاء للماشية وخصوبة التربة مع الحد من احتمال تآكل الأراضي الزراعية والضغط على المراعي.

**الكلمات المفتاح:** الزراعة الحافظة، الماشية، التكامل، التدهور، القش، البدائل الغذائية.

## INTRODUCTION GENERALE

---

L'agriculture est un pilier majeur de l'économie marocaine. La production nationale est considérablement soutenue par les zones arides et semi-arides, où les systèmes d'exploitation intègrent principalement l'élevage et les cultures pluviales. Néanmoins, la production agricole dans ces zones souffre d'un nombre de contraintes menant à une faible productivité (Mrabet et al., 2012). En outre, la situation est rendue plus grave par l'irrégularité des précipitations et des régimes climatiques (Fredenburg, 2012). La fragilité des moyens de subsistance et des écosystèmes dans les zones arides marocaines rend les populations qui y vivent particulièrement vulnérables aux sécheresses, qui sont censées d'augmenter dans l'avenir (Mrabet et al., 2012).

Le sous-système de production animale est une composante essentielle du système de production des exploitations agricoles dans les zones semi-arides et arides. Cependant, plusieurs contraintes entravent le développement du secteur dont on cite : La faiblesse et l'irrégularité de la pluviométrie entraînant une fluctuation des disponibilités alimentaires du cheptel ayant comme conséquences la cherté des aliments du bétail et la faiblesse de la productivité des animaux, la faiblesse des superficies réservées aux cultures fourragères, une alimentation basée essentiellement sur les résidus de la céréaliculture et les parcours en dégradation continue, la faible qualité nutritive des ressources alimentaires utilisées et la dégradation assez avancée des ressources naturelles.

Les systèmes de cultures pratiqués sont en général peu adaptés aux différentes zones agro-écologiques mais ont été forcés, dans des environnements fragiles et à vocation pastorale, grâce à une mécanisation lourde et agressive. Cette situation, combinée aux aléas climatiques, a conduit à une dégradation des ressources naturelles et à des productions agricoles faibles et aléatoires.

L'agriculture de conservation (AC) pourrait apporter des perspectives prometteuses, déjà démontré en termes d'augmentation des rendements dans les stations expérimentales (Mrabet et al., 2011) et chez des exploitations pilotes un peu partout dans les zones semi-arides et arides du Maroc (El Gharras et al., 2009, El Gharras et al., 2015). Cependant, après deux décennies de diffusion, le taux d'adoption de l'AC reste faible dans tout le pays (Schwilch et al., 2013). La rétention des résidus des cultures après la récolte est parmi les principales obstacles à l'adoption de l'AC, car elle implique pour les agriculteurs des compromis cruciales

entre des utilisations concurrentes, principalement l'alimentation du bétail et l'amendement des sols (Giller et al., 2009).

En effet, dans les zones semi-arides et arides où l'intégration agriculture-élevage est traditionnelle, l'utilisation des résidus de cultures peut être une contrainte majeure voire dissuasive pour une évolution progressive vers l'agriculture de conservation. Étant donné que la pratique de pâturage des chaumes est généralisée, la conservation des résidus pour couvrir le sol et favoriser l'accumulation de la matière organique va engendrer un conflit d'intérêt.

Actuellement, la gestion des résidus, en particulier et l'intégration agriculture-élevage, d'une façon générale sont des questions de recherche à aborder, étant donné que la production animale est une composante essentielle dans les systèmes de production des zones arides et semi-arides du Maroc. Il se trouve qu'actuellement cette intégration souffre de certains déséquilibres. Le cheptel constitue la source privilégiée de trésorerie pour l'exploitation agricole, qui peut couvrir de 60 à 100 % des dépenses selon les années climatiques. Tandis que, les cultures ne couvrent qu'une faible proportion des besoins du cheptel qui ne dépasse guère les 25 % (Boulanouar et Matthes-Guerrero, 1997).

L'accent sera mis dans ce travail sur le développement de cette intégration à travers une utilisation efficiente des ressources fourragères et la valorisation des produits et sous-produits de l'exploitation dans l'alimentation du cheptel. Ceci entraînerait une amélioration des disponibilités alimentaires et par conséquent une amélioration des productions animales et agricoles. La recherche se propose aussi de développer des pratiques agricoles en vue d'améliorer l'efficacité d'utilisation des ressources naturelles et les systèmes fourragers dans les exploitations des zones arides et semi-arides. Les opérations proposées, pour le système agro-pastoral de la zone des plateaux et plaines nord atlasiques (PPNA), visent à améliorer le couvert végétal, les ressources alimentaires du cheptel et les revenus des agriculteurs-éleveurs. L'objectif ultime est d'établir une stratégie de développement durable qui permet d'atténuer la vulnérabilité de la communauté aux changements climatiques et d'assurer la sécurité alimentaire des ménages.

L'objectif principal de notre recherche est de renforcer et promouvoir davantage l'intégration entre l'agriculture et l'élevage dans un contexte caractérisé par l'aridité du climat et la précarité des systèmes de production en se basant sur les principes de l'agriculture de conservation. Un tel objectif contribuera à l'atténuation de la pauvreté en zones rurales à

travers le renforcement de l'autonomisation des communautés. Il s'agit entre autre de permettre aux communautés d'agriculteurs-éleveurs de développer des mécanismes de gestion efficaces de leur terre.

Cette thèse vise à répondre à cet objectif par une évaluation scientifique intégrée basée sur le diagnostic participatif et transdisciplinaire de l'écosystème des plaines et plateaux nord atlasique (PPNA) et par des expérimentations en milieu contrôlé d'alternatives potentielles pour cette zone. Trois sous-zones agro-écologiques représentatives des PPNA ont fait l'objet de notre étude (Rhamna, Settat et Khouribga). Les travaux de recherche ont été centrés, d'une part, sur les questions climatiques, phytoécologiques et socioéconomiques pour le diagnostic de la situation actuelle et la dynamique de cet écosystème et de l'autre part, sur l'expérimentation d'options alternatives susceptibles de palier le problème de dégradation des ressources (sol, eau et biodiversité) et soutenir la production agricole et l'élevage dans une optique intégrée et durable.

Dans ce travail, je présente quatre études, dans lesquelles les impacts des changements environnementaux et socio-économiques sont analysés. La cinquième étude capitalise les résultats de plusieurs années d'expérimentations, en station, d'alternatives de gestion et d'amélioration des ressources fourragères pour le développement de l'élevage des ruminants dans la zone d'étude.

Les cinq études abordent leurs questions de recherche de manière transdisciplinaire, soit en couplant des études environnementaux à des modèles de prise de décision (SIG, TD et études climatiques), soit en travaillant sur la problématique, en dépassant les limites disciplinaires (études socio-économique, agronomiques). De cette façon, je présente une évaluation scientifique approfondie d'un système socio-écologique qui sera très probablement confronté à des modifications considérables dans les conditions climatiques futures. La recommandation de voies futures qui améliorent la résilience et la productivité des systèmes de production des PPNA est l'objectif majeur de cette thèse. Pour aborder cette question de recherche, les arguments nécessaires sont développés dans trois chapitres principaux qui capitalisent les résultats de notre travail. Le premier chapitre de ce rapport donne un aperçu bibliographique sur les concepts traités dans notre travail et qui sert à faciliter au lecteur la compréhension de la terminologie et des champs de notre recherche. Le deuxième trace l'approche méthodologique suivie pour la réalisation du travail. Le troisième comporte les résultats

obtenus pour les différentes parties de la thèse. Enfin le dernier chapitre énonce les conclusions dégagées à partir de ce travail.

## REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

---

---

Dans toute recherche, il y a objet de développer une mosaïque de concepts en relation avec le champ d'étude et qui servent, les uns plus que les autres, à la régir et l'enrichir davantage. Des concepts qui se constituent par le biais d'investigation sur ce que nous allons utiliser ainsi que la façon dont nous allons approcher notre thématique de recherche. Ainsi, l'ensemble de ces concepts édifiera la bibliographie de recherche.

Souvent jugée fastidieuse, rigide et austère dans un travail de recherche, la bibliographie est une composante importante et indispensable. Dont l'objectif est de permettre au chercheur de maîtriser avec plus de délicatesse les champs du savoir en relation avec sa recherche ainsi que les concepts qui présentent ces outils de travail. Alors que pour le lecteur, la bibliographie présente sa porte d'entrée qui lui permet de s'accoutumer avec la terminologie et les champs de ladite recherche. Par conséquent, on peut dire que toute bibliographie bien faite est un premier pas vers la quête du savoir.

Pour cette fin, dans la partie suivante nous avons détaillé l'armature conceptuelle adoptée tout au long du travail, en vue de nous permettre et permettre aux lecteurs de s'acclimater et de mieux cadrer et comprendre le travail et sa logique.

### *1. DEGRADATION ET DESERTIFICATION DES TERRES*

#### *1.1 INTRODUCTION*

---

La désertification n'est pas une avancée inexorable du désert. Il s'agit plutôt, selon la définition adoptée par la Convention des Nations Unies pour la lutte contre la désertification (CCD, 1994), d'"une dégradation progressive des terres arides, semi-arides et subhumides sèches résultant de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines".

En outre, la désertification n'est pas un fléau moderne. De nombreux indices archéologiques et historiques prouvent que la dégradation des terres remonte à des siècles (CSFD, 2002). Les études sur ce phénomène ont montré qu'il est relativement complexe et qu'il ne vient pas uniquement du désert (ACDI, 2000). Il est avant tout le résultat d'une utilisation anthropique abusive des ressources naturelles induisant la détérioration des écosystèmes et la dégradation des terres (Floret et Pontanier, 1982 ; Narjisse et al., 1994 ; CCD, 1994 ; Koohafkan

A.P. ,1996 ; Maiga, 1997 ; Sama, 1997 ; CeSIA et IATA ,1998 ; MEDALUS, 1999 ; Wiegand et Jeltsch, 2000 ; MADREF, 2001).

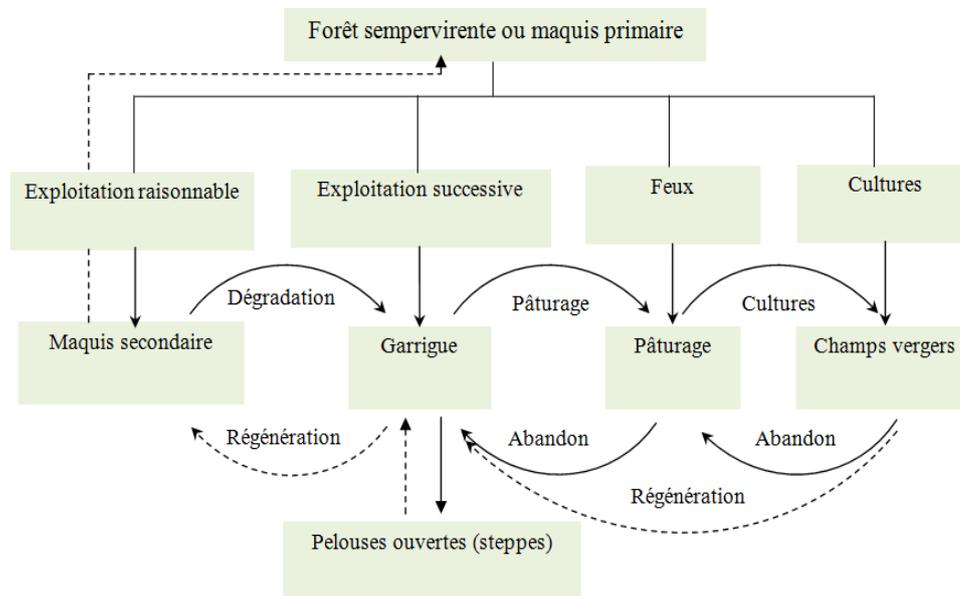
### *1.2 DESERTIFICATION DANS LE MONDE*

---

La désertification est synonyme de la détérioration des terres arables qui crée des zones mortes d'apparence désertique. Selon le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE, nd) :

- la désertification atteint 110 pays, dont la majorité n'ont pas les moyens de restaurer les zones dégradées ;
- un quart de la surface du globe est menacé et un sixième de la population mondiale, soit un milliard d'individus, précarisé par le phénomène ;
- la désertification représente une menace à quelque 70 % des terres arables au monde, et endommage près de 30 % de la surface totale des terres sur la planète ;
- chaque année, près de dix millions d'hectares de terres subissent une dégradation largement causée par la surexploitation et la mise en culture des terres des parcours, la déforestation et la mauvaise irrigation ;
- près de 70 % de l'Afrique est un désert ou une zone aride, et environ trois quarts des sols du continent sont déjà dégradés ;
- en Amérique du Nord, à peu près trois quarts des terres arides du continent sont touchés par la désertification ;
- la désertification cause des pertes de l'ordre de 45 milliards de dollars américains chaque année dans les pays touchés. Mais ce chiffre cache la vraie souffrance liée à la désertification : les carences de la nourriture et de l'eau, la malnutrition qui l'accompagne, la détérioration de la santé humaine, les conflits et les migrations de masse.

Néanmoins de point de vue théorique (Gaussen, 1952), à n'importe quel stade de dégradation, si la cause qui a provoqué celle-ci vient de disparaître, il peut se produire une reprise évolutive de la végétation vers le stade précédent (Figure 1). D'après le même auteur, la différence entre dégradation et évolution progressive consiste surtout dans le fait que, tandis que la première a lieu à brève échéance, la seconde est lente (Gaussen, 1952).



**Figure 1: Etapes de la dynamique des peuplements végétaux soumis à l'action de l'homme en région méditerranéenne (Polunin et Huxley, 1965 in Abdelbaki, 2012).**

### 1.3 DESERTIFICATION AU MAROC

Le problème de la désertification au Maroc est la résultante de plusieurs facteurs anthropiques aggravés par les sécheresses récurrentes de ces dernières décennies. Cette situation est illustrée par la dégradation des terres et du couvert végétal entraînant une diminution de leur productivité, celle-ci se traduit par une détérioration des conditions de vie des populations et une vulnérabilité accrue de ces dernières à la moindre crise climatique.

L'analyse réalisée à l'occasion de l'élaboration du programme d'action national de lutte contre la désertification a mis en évidence l'ampleur du phénomène de désertification (MADREF, 2001) :

- Amenuisement du patrimoine forestier de près de 33.000 ha chaque année ;
- Surpâturage des parcours naturels se traduisant par des prélèvements qui excèdent de 23 % leurs potentialités fourragères.
- Défrichement des terres de parcours qui touche chaque année 65 000 ha pris sur les meilleures terres de pâturage.
- Apparition du phénomène d'érosion hydrique et éolienne qui touche à des degrés divers près des 2/3 des terres de culture et provoque l'envasement et la réduction des

capacités de stockage des barrages de 50 millions de m<sup>3</sup> par an correspondant à une perte annuelle de possibilité d'irrigation de près de 5 000 ha.

- Salinisation des terres sur la majorité des périmètres irrigués du pays.
- Détérioration des infrastructures de base et des équipements d'irrigation par l'ensablement dans les zones sud du pays notamment.

#### 1.4 DEGRADATION DES PARCOURS AU MAROC

---

L'extension de la désertification dans les zones arides du Maroc est très remarquée. Les steppes qui font l'essentiel de la richesse de ces écosystèmes sont dégradées, du fait de la succession des années de sécheresse et surtout de la surexploitation de ses ressources naturelles (El koudrim *et al.*, 2020).

La surexploitation des terres et de la végétation naturelle est un facteur quasi-présent sur toutes ces zones. Elle devient de plus en plus accentuée eu égard à l'accroissement des besoins et à la prédominance de systèmes de production ne permettant pas la conservation et la régénération du potentiel biologique de cet écosystème (Acherkouk *et al.*, 2001, El koudrim, 2014).

Cette dégradation se traduit par une réduction qualitative et quantitative des potentialités végétales des faciès. Ainsi au niveau du Maroc Oriental, l'abondance de *Noaea mucronata* témoigne d'une dégradation irréversible de l'alfa. Alors que l'armoïse est substituée par des espèces de dégradation de type *Anabasis aphylla* ou *Peganum harmala*, de faibles valeurs pastorales (Acherkouk *et al.*, 2001, El koudrim *et al.*, 2006). Par ailleurs, la présence de certaines psamophytes indique un ensablement accru et une tendance vers la désertisation. D'autre part, de grandes superficies de parcours sont mises en culture (El koudrim *et al.*, 2001, El koudrim *et al.*, 2005, Dutilly-Diane, 2007, El koudrim *et al.*, 2008) et des étendues équivalentes sont envahies par des espèces post-culturelles (*Asphodelus microcarpus* et *Peganum harmala*).

Les espèces pérennes de bonne qualité pastorale, telles que l'armoïse blanche, *Salsola sp.*, les hélianthèmes,...sont en voie de disparition. En témoigne, la contribution spécifique de l'armoïse à la phytomasse totale qui n'excède guère 1 à 2 % (Mahyou *et al.* 2001 ; Acherkouk *et al.* 2002, Maâtougui *et al.*, 2006, El koudrim, 2014). Cette espèce de haute valeur pastorale, qui présentait à côté de l'alfa le capital floristique des steppes de l'Oriental, est anéantie par

un effectif d'animaux qui ne cesse de croître et surtout par le défrichement et la mise en culture des bas-fonds et des zones d'épandage.

La couverture végétale est très faible (El koudrim, 2014, El koudrim et al., 2020). Ceci laisse le sol abandonné à lui-même, surtout si le paysage est constitué de versants et replats vulnérables à l'érosion hydrique. Le résultat de ce déséquilibre écologique est à chercher en aval, au niveau des barrages de la région. En effet, au niveau de l'Oriental, les apports de sédiments ont réduit la capacité de rétention d'eau du barrage Mohamed V (700 millions de m<sup>3</sup>) de 200 millions de m<sup>3</sup> entre 1967 et 1997 (Hammoudi et Sebgui, 1997).

Par ailleurs, la phytomasse aérienne, qui n'est autre qu'une expression par excellence de l'état de vigueur d'une végétation steppique, reste en moyenne très modeste et très variable dans le temps et dans l'espace (Acherkouk et al., 2001, El koudrim et al., 2006, El koudrim et al., 2020). Cette valeur n'est dépassée généralement qu'en steppe à alfa (Maâtougui et al., 2006). Cette production est beaucoup plus faible en année sèche puisque les annuelles y contribuent largement en année pluvieuse. La production fourragère, qui est fonction de la phytomasse et surtout de la valeur énergétique de l'espèce en question, demeure faible quel que soit la formation et le faciès considéré. Il faut retenir que l'essentiel de cette valeur revient aux annuelles.

Le taux de litière est lui aussi très faible, et sachant qu'on est en présence de sol peu évolué sur de grandes surfaces, ce manque d'apport en matière organique aggrave le phénomène de dégradation des sols dont la structure reste instable (El koudrim et al., 2006).

### *1.5 FACTEURS DE DEGRADATION DU COUVERT VEGETAL AU MAROC*

---

Malheureusement et suite à une longue histoire d'occupation humaine, le Maroc ne renferme plus à l'heure actuelle, d'écosystème terrestre vierge d'action anthropique. L'action conjuguée de la hache, du feu et du pâturage en forêt a provoqué la transformation des forêts en formations végétales dégradées. Les steppes ont également été considérablement dégradées, par suite du surpâturage et même de mise en culture inadaptée (El koudrim et al. 2001, El koudrim et al. 2003, El koudrim, 2014, El koudrim et al., 2019, El koudrim et al., 2020). En conséquence, les communautés végétales propres à ces écosystèmes ou ce qu'il en reste, ne sont plus qu'un pâle reflet de ce qu'elles étaient dans leurs conditions primitives.

### 1.5.1 SURPATURAGE

---

Il est admis que les effectifs d'animaux utilisant les parcours forestier et hors forêt, sont en général largement supérieurs à la capacité de pâturage de ces terres. A titre d'exemple il a été reporté que les chargements animaux relevés dans les régions du Moyen Atlas et de l'Oriental sont 3 à 5 fois plus élevés que ceux permis par la capacité productive des parcours dans ces régions (Bechchari et al. ; 2006, Chergaoui et al., 2006). L'impact du surpâturage sur le couvert végétal se trouve davantage amplifié à l'occasion d'années pluviométriques déficitaires.

### 1.5.2 RECOLTE DE MATERIEL VEGETAL POUR D'AUTRES USAGERS

---

Il s'agit de la récolte de l'armoise, du romarin, du thym et d'autres plantes aromatique pour la distillation destinée à la production des huiles essentielles (Maatougui et al., 2008) et des espèces ligneuses pour le bois de chauffe (El koudrim, et al. 2006). En l'absence de données quantitatives sur la portée et l'impact de ses activités, l'observation occasionnelle confirme les conséquences néfastes de ses pratiques, qui sont en générale organisées dans le cadre de concessions accordées par l'administration forestière, mais sans exercices de contrôle sur son intensité.

### 1.5.3 DEFRICHEMENTS

---

Selon la FAO (2002), si le défrichement a existé depuis l'époque romaine, il s'est accéléré durant la colonisation et continu de se pratiquer à nos jours. Il a pour origine l'extension de la céréaliculture qui constitue l'activité la plus importante après l'élevage. Abdelguerfi et Ramdane (2003) ajoutent que ce phénomène est accentué par le développement de la mécanisation.

Au Maroc la mise en culture des terres de pâturage a été entamée depuis la période de la colonisation. Une estimation de l'étendue des surfaces concernées par ce phénomène a été rapportée par El koudrim et ses collaborateurs, en 2003 pour la zone d'Aïn Béni Mathar, en 2014 pour la zone des Hauts plateaux (Tendrara et Maatarka) et pour la zone de Rhamna en 2019.

Une tendance similaire est relevée dans les zones couvertes de domaines forestiers où les défrichements se font à un rythme annuel moyen de 6.000 ha. L'extension des terrains de

culture, aux dépens de la forêt, est particulièrement prononcée dans les régions du rif et dans le Haut Atlas Central

Les populations de la montagne, privées de surfaces agricoles et marginalisées procèdent à des labours à la lisière des forêts. Ces pratiques, outre qu'elles ont un effet désastreux sur les sols, provoquent des antagonismes permanents entre les riverains et l'administration forestière guidée par un souci de protection des forêts.

Abdelguerfi et Ramdane (2003), signalent que la culture des céréales se fait de façon anarchique, ne tenant compte ni du couvert végétal existant, ni des conditions de sols et de climats. Cette pratique est plutôt animée par le souci d'appropriation des terrains collectifs pour un usage individuel (El koudrim et al, 2003, El koudrim et al., 2010, El koudrim, 2014 et El koudrim et al., 2020). Il s'agit d'une agriculture épisodique et itinérante dont les rendements sont insignifiants.

---

### 1.6 CONCLUSION

---

Les facteurs climatiques précaires, les forces anthropozoïques, la déstructuration de l'organisation sociale tribale, la privatisation de certaines terres collectives et leur affectation à des usages individuels (mise en culture, Zniga<sup>1</sup>), ont engendré la dégradation souvent irréversible des écosystèmes pastoraux et la chute de leur productivité.

Cette forte pression exercée sur les écosystèmes agropastoraux exige des interventions basées sur une connaissance plus précise des processus et des causes de cette dégradation. Il est donc vital de développer des stratégies de surveillance et de suivi de l'environnement. Ces stratégies doivent reposer sur des connaissances et des approches scientifiques innovantes.

L'étude de la végétation est l'une des préoccupations essentielles à l'heure actuelle en raison de son intérêt en tant que ressource biologique. La surveillance de la dégradation des milieux naturels s'appuie inévitablement sur des études diachroniques afin de déceler les changements physiques et biologiques qui affectent les composantes de ces paysages. La dégradation, et inversement la restauration de ces derniers, se traduisent, sur le terrain, par des modifications des composantes de la surface du sol, y compris la végétation.

---

<sup>1</sup> Espace plus au moins étendu du parcours collectif délimité par un éleveur pour être exploité d'une façon individuelle. Les limites sont matérialisées par des ilots de culture, des citernes d'eau et par la tente.

L'apport des données satellitaires est très important dans la détection et dans la compréhension des changements de l'occupation des sols. En partant des spécificités que présentent les images satellites et les méthodes de traitement associées, il est possible d'identifier et de caractériser la dynamique de la végétation observée sur un milieu donné.

## *2. INTERET DE LA TELEDETECTION ET DU SIG DANS L'ETUDE DE L'OCCUPATION DU SOL DES ZONES ARIDES ET SEMI-ARIDE*

---

Actuellement, les zones arides et semi-arides sont soumises à des pressions anthropozoïques importantes dont dépendent fortement les phénomènes, parfois irréversibles, de désertification et de dégradation des terres steppiques. Ces zones, défavorisées, nécessitent des inventaires synchroniques et diachroniques de leur potentiel biologique qui s'appuient sur une bonne connaissance des ressources en place et des conditions éco-géographiques.

La gestion efficace de ce patrimoine nécessite, au préalable, la cartographie et l'inventaire des ressources disponibles caractérisant ce patrimoine.

En plus de ces données statiques il est indispensable d'assurer le suivi et la surveillance de la dynamique steppique due aux changements du couvert végétal s'opérant sous l'effet de plusieurs facteurs : dégradation du sol, surpâturage, évolution de la population, introduction de la culture mécanisée, exploitation industrielle et ménagère des ressources végétales, etc.

Cette forte pression exercée sur les ressources exige une planification des activités et des interventions sur le territoire basée sur une connaissance plus précise des processus de dégradation du couvert végétal.

Du point de vue méthodologie, les méthodes classiques utilisant les données de terrain et les photographies aériennes ne permettent pas d'avoir une vision synoptique du problème et de ses conséquences.

Dans ce type de réflexion, la télédétection spatiale par le nombre élevé de données, par l'homogénéité synoptique conférée aux informations transmises, par la répétitivité de l'acquisition de ces données, trouve une place privilégiée comme outil performant de suivi de la dynamique de transformation du couvert végétal.

De plus, les systèmes d'information géographique (SIG) représentent l'outil indispensable pour traiter et analyser un volume considérable de données de nature, de source et de formes différentes, pour cela le recours à la modélisation couplée avec les SIG est incontournable.

Il est donc vital de développer des stratégies de surveillance et de gestion de l'environnement et de l'agriculture. Ces stratégies doivent reposer sur des moyens et des approches performants en occurrence la télédétection et les systèmes d'information géographique.

En effet, plusieurs applications des méthodes de la télédétection satellitaire pour le suivi des changements du couvert végétal sont envisageables, elles concernent notamment :

- L'élaboration des cartes d'occupation du sol.
- Les analyses multi-dates des changements.

---

### *2.1 ELABORATION DES CARTES D'OCCUPATION DU SOL*

---

La cartographie de l'occupation des sols représente une information de base, utile pour les inventaires des cultures et du suivi des changements. Les données satellitaires sont devenues de plus en plus utilisées pour élaborer cette carte.

La génération de cette carte exige préalablement une série de traitements et de corrections que doit subir l'image satellitaire brute avant de passer au processus de classification. Les résultats de la classification dépendent largement de la date d'acquisition de l'image, du type d'occupation du sol, de la taille des parcelles et de la topographie du terrain. La précision de cette cartographie dépend fortement de la procédure d'échantillonnage du terrain et de la façon dont les données du terrain et celles de télédétection sont associées.

Cependant, le nombre d'images satellitaires et les dates d'acquisition, en plus de la procédure de traitement et de choix des échantillons du terrain représentent les éléments clés pour mieux cartographier une région, particulièrement les périmètres irrigués caractérisés par une grande diversité des cultures ou au contraire les zones arides où la végétation est très clairsemée

Nous présentons lors de cette section les procédures techniques qui permettent l'élaboration de la carte d'occupation du sol à partir de l'image satellitaire. Les informations qu'on peut tirer de cette carte sont largement essentielles pour la prise de décision envers les problèmes environnementaux et les usages multi temporelles qui visent l'illustration des changements des lieux.

## *2.2 ANALYSES MULTI-DATES DES CHANGEMENTS*

---

Cette technique s'articule autour de la mise en comparaison de deux ou plusieurs cartes thématiques (cartes d'occupation du sol, cartes de l'indice de végétation, ...) générées à partir des images satellitaires de dates différentes.

Selon la précision souhaitée, le thème étudié ou l'étendu du phénomène faisant l'objet de cette analyse, on peut faire appel à des données satellitaires de haute résolution, ou au contraire à l'imagerie satellitaire de basse résolution, dans le premier contexte, il peut s'agir par exemple du suivi de la dégradation d'un parcours, ou du suivi de la croissance d'un faciès végétal bien précis, au contraire pour le second contexte il peut s'agir par exemple du suivi de l'avancement du désert sur tout un pays.

L'objectif de cette comparaison est de mettre en évidence les changements qui avaient lieu dans le territoire étudié durant l'intervalle du temps qui sépare les dates d'établissement des documents cartographiques servies.

Tenant compte de l'objectif de l'étude, l'analyse multi-date peut se faire au sein de la même année pour suivre les changements de type de cultures par exemple, comme elle peut également se faire sur certaines décades pour suivre la dynamique de la dégradation du couvert végétal.

## *3. PRODUCTION FOURRAGERE*

---

L'amélioration des productions animales a toujours été considérée dans le cadre de la sécurité alimentaire, l'une des priorités des plans de développement agricoles. Cette amélioration dépend non seulement de l'amélioration génétique et de la maîtrise de la santé du bétail, mais aussi et surtout de l'alimentation des animaux, en effet l'alimentation représente 70% des dépenses de la production animale de l'exploitation (Boulanouar et Matthes-Guerrero, 1997). Dans ce sens, l'éleveur est appelé souvent à s'approvisionner en aliments complémentaires de qualité comme les fourrages (Amine, 1987), afin d'atténuer les déficits saisonniers.

Dans le domaine agricole, le terme fourrage désigne les plantes (herbacées ou ligneuses) ou ses parties destinées aux animaux domestiques. Généralement, le terme désigne des matières telles que le pâturage, le foin, l'ensilage (Franklin, 1993). Généralement, il existe deux types de fourrage :

- Fourrage vert : herbe broutée sur le terrain ou coupée pour être consommée fraîche par les animaux d'élevage. Ce type de fourrage est bien accepté par tous les animaux, il est encore plus apprécié comme fourrage ensilé. La technique utilisée pour la production de ce type de fourrage est appelée l'ensilage, elle permet de conserver les fourrages humides et de garder une qualité plus proche de celle du fourrage avant la fauche (Klein et al, 2014)
- Fourrage sec : Foin récolté, séché et conservé pour servir à l'alimentation du bétail dans les périodes de déficit alimentaire ou période de disette. la production de ce type de fourrage se fait par l'utilisation de la technique du fanage qui consiste à baisser rapidement la teneur en eau du fourrage en dessous de 15%, ce qui stoppe toute dégradation, elle se fait très souvent au champ et dans des conditions atmosphériques particulières, période chaude et sèche, soleil et vent léger pour éviter les pertes (Klein et al, 2014).

---

### 3.1 SYSTEMES FOURRAGERS

---

Dans le domaine agricole, le système fourrager a été utilisé pour la première fois pendant les années 1959-1960. Depuis, de nombreuses définitions de ce terme ont été émises par les spécialistes de la production fourragère (Duru et al, 1988). Toutefois, la définition de Attonaty en 1980 reste la définition la plus claire qui considère le système fourrager comme un ensemble des moyens de production, des techniques et des processus qui, sur un territoire (surface fourragère), ont pour fonction d'assurer la correspondance entre le ou les systèmes de culture et le ou les systèmes d'élevage (Duru et al, 1987). Il présente une longue chaîne de production qui met en œuvre les moyennes de l'exploitation des fourrages pour les apporter aux différents lots d'animaux d'un troupeau (Huyghe et Vignau-Loustau, 2008). Il permet également d'établir un calendrier fourrager et un programme d'affouragement des animaux par l'intégration des flux de matières végétales produits sur l'exploitation pour faire face aux besoins alimentaires du bétail (Duru et al, 1988). Le système fourrager assure donc la correspondance entre deux systèmes complémentaires (Huyghe et al, 2013) : le système de culture et le système d'élevage.

---

#### 3.1.1 SYSTEME DE CULTURE

---

Le système de culture renseigne sur les ressources fourragères et permet leur évaluation (Duru et al, 1988). Il est défini en faisant intervenir plusieurs aspects:

- les espèces utilisées dont le choix est conditionné par la qualité du sol et du climat auquel est ajoutée la disponibilité possible d'un système d'irrigation ;
- la longueur du cycle de production agricole ;
- la sécurité de l'approvisionnement en fourrage ;
- les conditions d'exploitation des ressources fourragères ;
- les variations de croissance ;
- la qualité (valeur nutritive) et le rendement en fourrage. Ces variations dépendent en grande partie des espèces fourragères cultivées et leur maturité ;
- la saison et les conditions météorologiques imprévisibles.

Les formes de cultures fourragères sont nombreuses, on peut semer :

- Une plante annuelle qui est intégralement récolte pour en faire du foin ou de l'ensilage ou pour produire des graines ;
- Des espèces pérennes que l'on fauche de temps en temps pour obtenir du fourrage vert et qui repousseront (Klein et al, 2014)

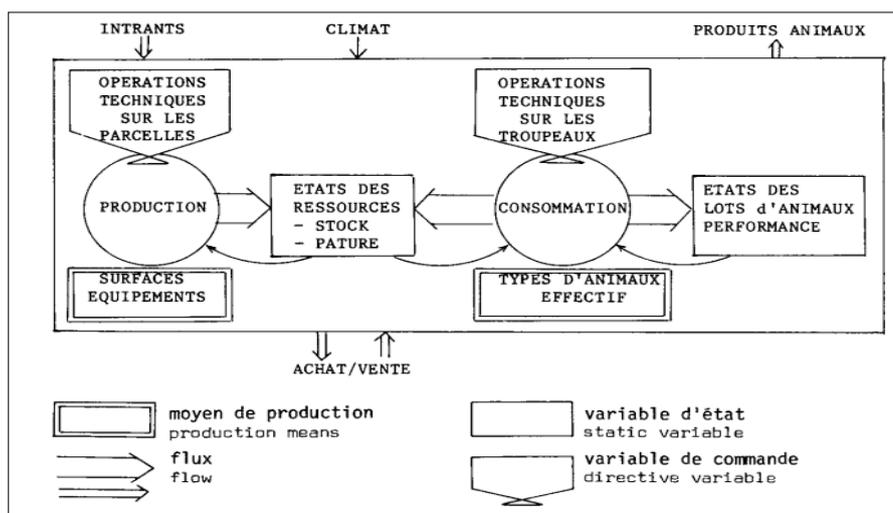


Figure 2 : Représentation du système fourrager: facteurs conditionnant les flux et les états

(Duru et al, 1988)

### 3.1.2 SYSTEME D'ELEVAGE

Un système d'élevage est un ensemble de techniques et de pratiques mises en œuvre par une communauté pour exploiter, dans un espace donné des ressources végétales par des animaux, dans des conditions compatibles avec ses objectifs et avec les contraintes du milieu (Lhoste, 1984). Il assure la transformation des produits végétaux en produits animaux. Il est doté de potentiels et de contraintes, car il est soumis aux influences d'une multitude de facteurs tels que les ressources alimentaires, les types génétiques, les équipements, les aspects sanitaires, l'environnement de marché, la perception de l'éleveur, sans oublier les problèmes environnementaux et d'éthique. Le flux de production et de consommation des fourrages dépendent d'éléments relativement invariants à court terme que sont les surfaces fourragères et leurs caractéristiques, l'état physiologique du bétail et leur aptitude génétique et les équipements de récoltes (Klein et al., 2014) .

Il existe une multitude de système fourrager, que l'on peut regrouper en trois grands ensembles, avec deux groupes extrêmes que sont les systèmes herbagers ou extensifs et les systèmes intensifs, et entre les deux un groupe intermédiaire qui renferme à son tour une multitude de combinaisons.

### *3.2 PRODUCTION FOURRAGERE DANS LE MONDE*

---

Les fourrages sont produits soit dans les pâturages, les prairies contrôlées utilisées pour nourrir les animaux au pâturage, soit dans les champs protégés à partir desquels le fourrage est acheminé vers les animaux. À l'aide des données et de la définition de la FAO (2000), il est possible d'estimer la superficie mondiale des pâturages et des cultures fourragères à 3,5 milliards d'hectares (35 000 000 km<sup>2</sup>) en 2000, représentant 26% de la superficie mondiale et 70% de la superficie agricole mondiale.

Selon la FAO, la production mondiale des cultures fourragères a atteint 964 millions de tonnes dont 40,7% de cette production est récolté dans l'Amérique du nord (FAO, 2000).

### *3.3 PROBLEMATIQUE DE LA PRODUCTION FOURRAGERE AU MAROC*

---

#### *3.3.1 CARACTERISTIQUES DES PRODUCTIONS FOURRAGERES*

---

L'alimentation des cheptels ruminants occupent une place important dans la politique agronomique du Maroc. Cette politique prend en considération la production fourragère dans tout programme d'amélioration de cette alimentation tant sur le plan nutritionnel qu'économique.

L'opération « Fourrages », lancée en 1964, constitue l'une des premières mesures prises pour la promotion des cultures fourragères. Cette opération est basée sur l'octroi de subvention, en vue d'encourager l'utilisation des semences sélectionné (Amine, 1987).

En 1986, le ministre de l'agriculture marocain a fait une étude approfondie en collaboration avec la FAO sur le secteur des cultures fourragères, cette étude a mis le point sur toute la chaîne de la production fourragère depuis la production des semences jusqu'à l'utilisation finale avec l'intervention d'un ensemble de composantes fourragères (parcours, jachère, sous-produits...) traitées en parallèle avec le développement de la production animale (Lahnaoui, 1996).

Au Maroc, la production fourragère est caractérisée par l'existence d'une période de soudure marquée par la faible disponibilité fourragère de septembre à décembre. La production fourragère nationale est de l'ordre de 16 868 000 TMV (Tonnes Matière verte) en 2015, la part de l'irrigue représente près de 71% en moyenne, par contre ne représente que 42% en terme superficie. D'autre, part la production fourragère de Bour ne représente que 29%. Cette

différence observée dans la productivité fourragère entre Bour et irrigué est expliqué par la continuité de la production fourragère en irriguée pendant une grande partie de l'année, par contre la production fourragère de Bour est mise en place seulement en période pluviale (MAPM, 2016).

La production fourragère est dominée essentiellement par les cinq principales espèces (MAPM, 2016) : l'orge (29%), luzerne (24%), avoine (19%) et maïs fourrager (8%).

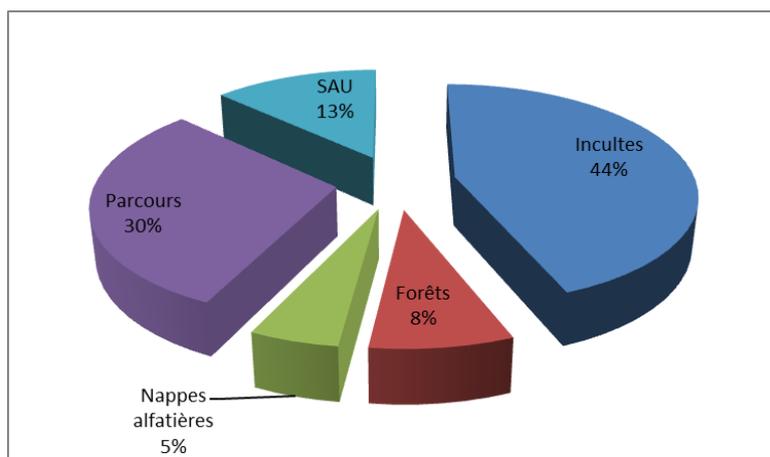


Figure 3 : Proportion des différentes occupations du sol du territoire marocain (MAPM, 2016)

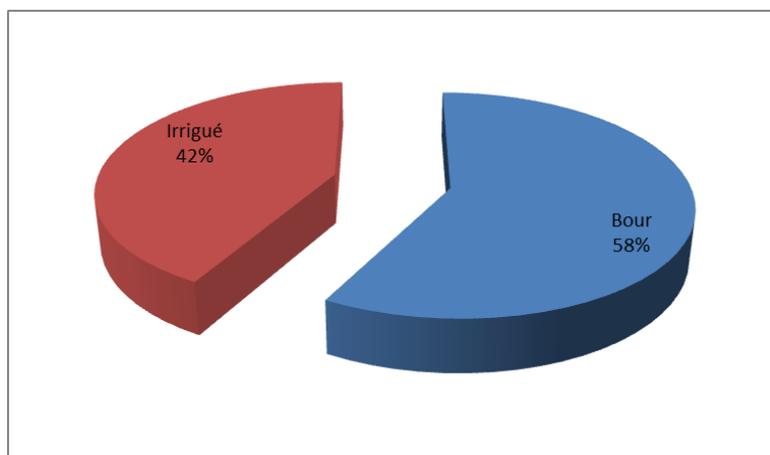
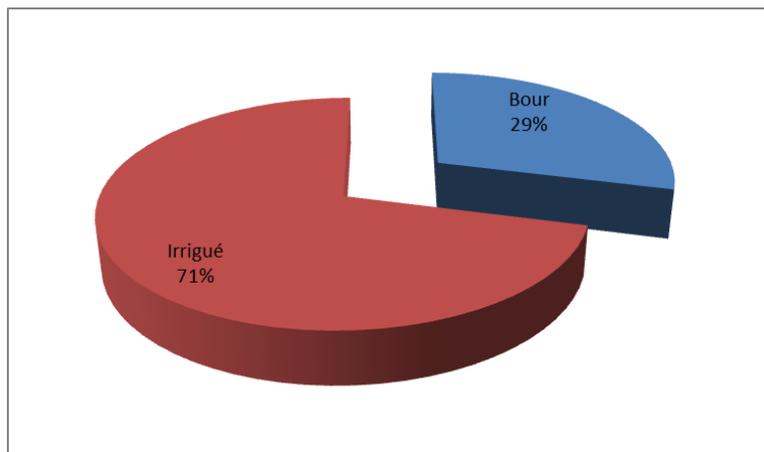
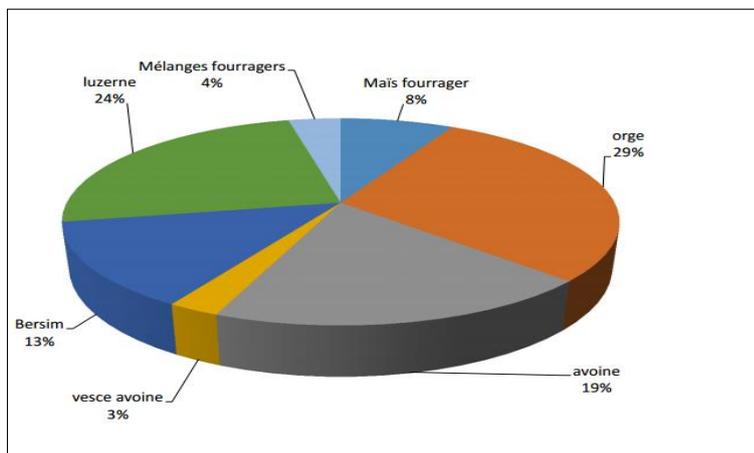


Figure 4 : Superficies des cultures fourragères au Maroc en 2015 (MAPM, 2016)



*Figure 5 : Production des cultures fourragères au Maroc en 2015 (MAPM, 2016)*



*Figure 6 : Diversification des cultures fourragères au Maroc (MAPM, 2016)*

En termes d'évolution, la production de la luzerne est passée de 6197 (1000 TMV) pendant la campagne 2008-2009 à 9685 (1000 MTV) pendant la campagne 2014-2015, soit un accroissement de l'ordre du 9,5% entre les deux périodes.

La production du bersim a enregistré une augmentation importante entre les deux périodes de l'ordre 39,4%. L'orge et le maïs fourrager ont accusé une diminution du niveau de production de l'ordre 20,3% et 11,1% respectivement (MAPM, 2016).

### 3.3.2 GENERALITES SUR LES CULTURES FOURRAGERES AU MAROC

Les cultures fourragères occupent uniquement 5% de la SAU et elles ne contribuent qu'à hauteur de 13% dans le total des apports alimentaires du cheptel et principalement la production laitière. La production moyenne entre 2009 et 2016 a été de 1788 millions UF, dont 1275 millions UF (71%) en irrigué et 513 millions UF (29%) en Bour concentrée dans cinq régions du moitié nord du royaume.

Le Plan Maroc Vert (PMV) a accordé une grande importance au développement des filières animales notamment les filières viandes rouges et lait. Ces filières ont bénéficié dans le cadre de l'approche contractuelle adoptée par cette stratégie de la signature de contrats programme entre le Gouvernement et les professionnels et qui fixent les objectifs de développement de ces filières et les engagements des parties signataires. Les cultures fourragères qui constituent l'une des composantes fondamentales pour atteindre ces objectifs, n'a pas reçu une importance particulière et de ce fait peu d'actions ont été entreprises pour une mise à niveau de ces cultures

Le diagnostic de la situation actuelle des cultures fourragères relève les contraintes suivantes:

➤ Climatiques et hydriques:

- Aléas climatiques caractérisés par la fréquence et la sévérité de la sécheresse, la variation interannuelle des pluies, caractéristique du climat méditerranéen
- Rareté des ressources hydriques pour une insignifiante production en irrigué

➤ Organisation des producteurs

Une absence d'organisation entre l'amont et l'aval de la filière due à une faible intégration cultures-élevage en particuliers dans les systèmes de production intensives

➤ Techniques culturales:

- Faible maîtrise des techniques culturales notamment en matière des dates et doses de semis, doses et fréquences d'irrigation, fertilisation, stade de coupe ou fauchage opportun ;

- Choix des espèces et variétés adaptées ainsi que leurs mélanges pour un fourrage de qualité ;
- Faible utilisation des semences sélectionnées (indisponibilité, prix élevés, non maîtrise de la multiplication,...);
- Faible utilisation de la mécanisation notamment à la récolte : matériel spécifique, accessibilité aux machines, exigüité des parcelles, insuffisances d'encadrement, niveau de technicité des agriculteurs ;
- Mode de conservation notamment les stades des coupes ainsi que les méthodes de conservation des différentes espèces ne sont pas maîtrisées

➤ Contraintes spécifiques :

- Insuffisance des mesures incitatives et actions visant la promotion de ces cultures;
- Faible actions d'encadrement et du conseil agricole;
- Insuffisance de la diffusion des acquis et résultats de recherche;
- Faible diversification de la sole fourragère dominée par les espèces traditionnellement pratiquées (orge fourragères en pluviale et luzerne en irrigué) au détriment des mélanges fourragères;
- Etroite Liaison avec la présence d'un cheptel sur l'exploitation et surtout le cheptel bovin. Le marché des fourrages est encore très restreint ;
- Vulnérabilité des agriculteurs face aux intermédiaires et la volatilité des prix.

### 3.3.3 QUELQUES MESURES POUR RELANCER LES CULTURES FOURRAGERES

---

Afin de pallier ces insuffisances, il faut entamer une relance et une mise à niveau de la filière en tenant en compte des atouts suivants :

- Un potentiel important existant et non exploité notamment en Bour ;
- Une demande importante sur les cultures fourragères;

- Des acquis importants en matière de recherche et développement;
- Une prise de conscience des risques liés à la durabilité des systèmes de culture à base de céréales
- Mise en place d'un contrat programme par la création et l'identification de partenaires au sein d'une interprofession capable de mettre en œuvre la vision du Plan Maroc Vert.
- Un cadre juridique renforçant le rôle de l'interprofession (loi 03-12)

Il est nécessaire de procéder à la modernisation et l'intensification des productions fourragères et de renforcer l'organisation de la filière. D'autant plus que les cultures fourragères intéressent aujourd'hui plusieurs acteurs économiques (autres qu'agriculteurs) qui contribuent déjà à leur développement. La multiplicité des acteurs autour des fourrages impose aujourd'hui une forme d'organisation pour pouvoir relever le défi du développement des fourrages d'amont en aval.

Il est, donc, nécessaire de fédérer les acteurs économiques des fourrages autour d'un programme inclusif de développement et d'intensification des cultures fourragères, élaboré sur la base d'une vision globale à moyen termes. Les principaux jalons de ce programme peuvent être structurés autour des actions suivantes :

- Mise en place d'une organisation professionnelle de la filière
- Extension des superficies, intensification et diversification et valorisation de la production ;
- Rendre disponible des variétés performantes et des semences certifiées à des prix à la portée des agriculteurs
- Renforcement des programmes de recherche en matière de la création variétale, des techniques, diversification, valorisation, mécanisation;
- Renforcement de l'encadrement technique et du conseil agricole des producteurs en matière de techniques de production, de conservation et de stockage.

### *3.4 ESPECES FOURRAGERES POUR LES ZONES ARIDES ET SEMI-ARIDES*

---

Les espèces fourragères sont caractérisées par une répartition vaste dans de nombreux milieux naturels combinée à une variété importante au niveau des espèces cultivés d'un milieu à l'autre. Cette variété observée peut être expliquée par :

- le type du sol et les conditions climatiques qui caractérisent chaque milieu (Klein et al, 2014). En milieu aride et semi-aride, le climat se caractérise par des manifestations météorologiques très contrastées : précipitations déficitaires, aléatoires et irrégulières dans l'espace et dans le temps. Les chaleurs excessives peuvent entraver la fécondation et arrêter la formation du grain. Ces conditions sont favorables à certaines espèces mais pas à d'autres (Benniou, 2008).
- l'intervention de l'homme qui agit par l'amélioration des espèces fourragères cultivées et par leur combinaison. L'amélioration est basé également sur la sélection génétique, elle porte sur leur adaptation à différents milieux (température, besoin en eau, sol...), leur résistance aux maladies ou à des ravageurs, leur productivité et leur production de semences (Klein et al., 2014).

Dans les zones arides et semi-arides, les plantes fourragères se présentent principalement sous deux catégories: les plantes herbacées et les plantes ligneuses.

#### 3.4.1 PLANTES HERBACEES FOURRAGERES

---

Une plante herbacée désigne toute plante vivace, annuelle ou bisannuelle qui n'a pas de tige ligneuse persistante au-dessus du sol. Les plantes herbacées fourragères appartiennent principalement à deux familles botaniques : les graminées et les légumineuses.

Malgré que les graminées sont moins diversifiées que les légumineuses, elles recouvrent des surfaces beaucoup plus importantes, ont des productions de biomasse plus élevées et sont plus largement cultivées (Klein et al, 2014).

## A. LES GRAMINEES

Les graminées (ou Poacée) sont une famille de plantes monocotylédones de l'ordre de Poales de sous embranchement des angiospermes. Cette famille tient une place importante dans l'alimentation humaine et animale.

Les graminées peuvent être annuelles ou vivaces, selon la durée du cycle de développement :

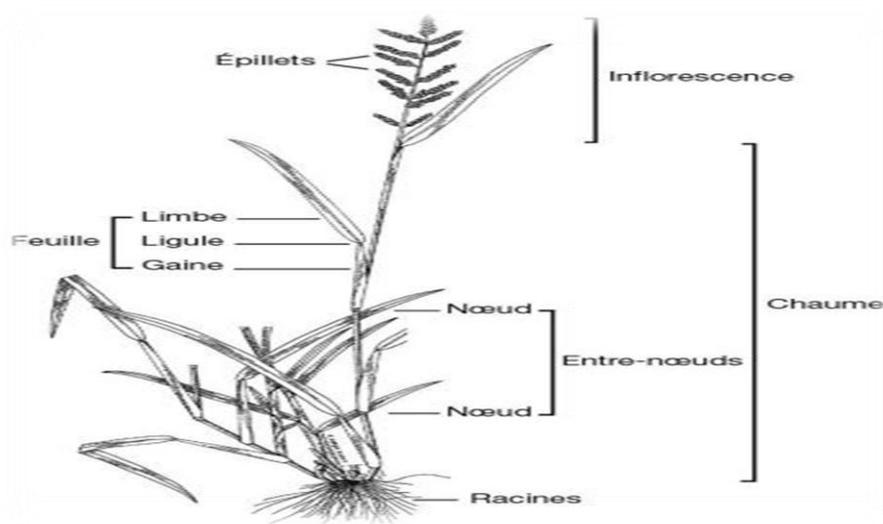
- Les graminées annuelles ne se développent qu'au cours de la saison des pluies et ensuite la plante se dessèche et meurt, le maintien de l'espèce d'une année à l'autre exige la formation de graines mures, processus qui peut être entravé par l'exploitation intense du végétal (Klein et al, 2014).
- Les graminées vivaces (ou pérennes) persistent plusieurs années consécutives grâce à leur racine et leurs bourgeons.

Les graminées fourragères sont dans la plupart héliophiles, c'est-à-dire qu'elles poussent en plein soleil, en terrain découvert ou peu ombragé. Leur grande production végétative et leur production de semences, leurs capacités régénératives et leur pouvoir couvrant en font de redoutables concurrentes pour d'autres plantes et leur confèrent une capacité importante de colonisation de terrain.

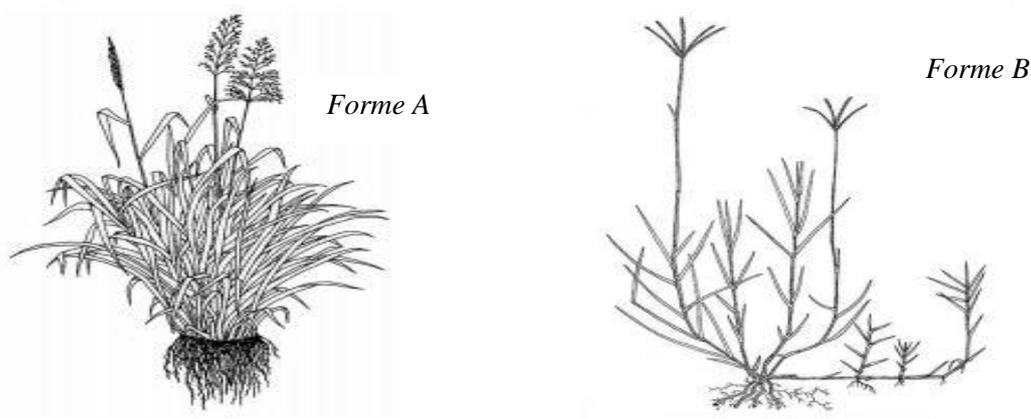
Les graminées se caractérisent par une croissance rapide, des capacités de production importantes et des rapports feuilles-tiges élevés, selon le type de cette croissance, on distingue trois catégories des graminées :

- les graminées unculaires : qui sont caractérisées par la formation d'un seul chaume qui peut se ramifier dans sa partie aérienne (figure n°15), tels que *Hordeum vulgare*.L
- les graminées cespitueuses : qui sont caractérisées par une croissance des talles en touffes très nombreuses, en taches, en plages ou en grandes étendues (figure n°16, forme A)
- Les graminées gazonnantes : sont caractérisées par une croissance de type prostré avec des stolons ou des rhizomes qui assurent la reproduction végétative, leur donnant un aspect étalé et leur permettant une colonisation horizontale par plaquette (figure n°16, forme B).

les graminées restent la base de l'alimentation des herbivores, elles se caractérisent par une appétence importante pour le bétail grâce à la texture relativement tendre de leurs tissus, leur goût discret et leur odeur non marquée par des substances désagréables ou répulsives, l'absence ou la faible teneur en substances toxiques ou en tanins, la richesse en glucides digestibles tels que les celluloses, les sucres solubles... , et en matières azotées, leur facilité à être pâturé et brouté et leur abondance (Klein et al, 2014) .



*Figure 7 : Anatomie macroscopique d'une graminée de type unculaire*



**Figure 8 : Graminée de type gazonnant (Forme A), graminée de type gazonnant à port étalé (Forme B)**

Parmi les graminées fourragères les plus cultivées en zones arides et semi-arides on peut citer:

- a. **L'orge** (*Hordeum vulgare*. L) : herbe annuelle ou vivace appartenant à la sous-famille des pooideae. *Hordeum vulgare*. L (2n= 14) est l'espèce la plus cultivée en Afrique du nord et saharienne, elle est une plante annuelle à tiges dressées, robustes poussant en touffes et pouvant atteindre de 60 à 120 cm de hauteur et un épi terminal pouvant atteindre 20 cm de long. Les *Hordeum* sont généralement de mauvais fourrages après épiaison en raison de leurs arêtes dangereuses pour le bétail (Jacques –Félix, 1962).

Le grain, le foin et la paille sont utilisés pour l'alimentation animale. L'intérêt de l'orge réside dans le fait qu'elle peut donner un bon fourrage d'hiver et en même temps produire du grain sur les repousses après écimage (Janati, 1990).

La profondeur de semis recommandée pour l'orge est comprise entre 3,5 et 5 cm. Des semis plus profonds résulteraient des plantes chétives, des taux de levée faibles, une grande sensibilité à la maladie de pourriture des racines, et des rendements faibles. Comme pour les autres céréales d'automne, le rendement de l'orge est considérablement influencé par la variabilité de la profondeur du semis et un manque de précision dans la mise en place des semences.

Pour la dose de semis, Il est recommandé de ne pas rechercher une densité élevée, vu que l'orge a une forte capacité de tallage. Le nombre de plantes par mètre carré visé doit être compris entre 300 et 400, et le nombre d'épis à la récolte entre 400 et 500 (Alaoui, 2005).

- b. **Le maïs** (*Zea mays L.*) : C'est une plante monoïque annuelle appartient à la tribu des Maydeae, elle peut s'adapter à toutes les conditions écologiques avec des températures moyennes de 24°C. le Maïs est une plante indicatrice de la fertilité du sol, elle peut croître sur nombreux types du sol, notamment sur les sols riches en matière organique et un ph entre 6 à 7, pour donner un bon rendement, le maïs requiert une pluviométrie de 600 à 700 mm bien repartis pendant sa phase végétative (Nyabyenda, 2005).

*Zea mays L.* est la seule espèce cultivée de genre *Zea* (Paliwal, 2002), sa tige est longue de 1,5 à 3,5 m et son diamètre de 5 à 6 cm et possède des feuilles de grande taille et des racines de type fasciculé qui sont superficielle et ne dépassent guère les 50 cm de profondeur (Escalante et al, 2012)

- c. **L'avoine** : l'avoine est une plante annuelle appartenant au genre *Avena*, elle est une plante monocotylédone de la famille des Poacées (graminées), sous-famille des pooideae (Salgado et al, 2008), C'est une monocotylédone à tige cylindrique (cauline) de 25 à 150 cm de haut, au port dressé. Les feuilles glabres font 2 à 10 mm de large et engainent les tiges. Elles présentent une ligule blanche de 2 à 5 mm au niveau de leur insertion sur la tige. Les inflorescences sont des panicules lâches. Elles mesurent 8 à 30 cm de long, portant des épillets de deux à trois fleurs, mesurant 20 à 25 mm de long. L'avoine peut produire des racines adventices au niveau des nœuds. Son système racinaire fasciculé est relativement puissant, pouvant s'enraciner jusqu'à plus de 1,5 m (Husson et al, 2012). Le genre *Avena* comprend une quinzaine d'espèces (Salgado et al, 2008) parmi lesquelles on peut citer deux espèces fourragères très importantes ; l'une est *Avena sativa* originaire de l'Afrique du nord et du Moyen-Orient et l'autre est *Avena strigosa* originaire de l'ouest de la Méditerranée (Espagne, Portugal) (Husson et al, 2012).

- d. **Le triticale** : Le triticale (*XTriticosecale Wittm.*) est une graminée (famille des Poaceae). Il s'agit d'un hybride naturel entre le blé (genre *Triticum*) et le seigle (genre *Secale*). Le triticale est cultivé pour la production de grain pour l'alimentation animale. Les variétés envisagées pour la production de biomasse (récolte de la plante entière) sont actuellement les mêmes que pour la production de grain.

Le triticale est une culture annuelle. Le semis s'effectue entre octobre et début novembre. La récolte pour la production de biomasse peut s'effectuer au stade grain laiteux ou pâteux (en vert) ou bien à maturité (sec).

Le triticale est une plante rustique qui, dans bon nombre de situations, donnera des résultats plus intéressants que du blé, grâce à sa bonne souplesse d'adaptation aux conditions du milieu. On lui attribue, en particulier, une bonne résistance au froid, qui peut toutefois varier selon la variété. Ce critère justifie souvent l'emploi du triticale au détriment de l'orge en zones froides ou d'altitude. Le triticale est également relativement tolérant à l'excès d'eau, et notamment aux fortes pluies en fin de montaison et en cours de maturation. Ceci peut s'expliquer par une moindre sensibilité aux maladies et une maturité moins sujette aux contraintes climatiques.

Sa rusticité et sa hauteur de paille en font une espèce appréciée des éleveurs. Ainsi, le rendement paille du triticale est supérieur de 50 % à celui du blé tendre pour un rendement grain équivalent en première paille et supérieur en deuxième paille. Il présente une très bonne résistance au froid courant tallage et s'adapte bien aux sols difficiles, sujets à l'hydromorphie. Il n'est pas sensible aux maladies du pied ce qui explique son bon comportement en deuxième paille. La force du triticale réside également dans sa plus grande souplesse que le blé dans l'élaboration du rendement. En cas de peuplement épi insuffisant, il a la capacité de compenser en produisant un nombre de grains par épi important, jusqu'à 80 grains par épi.

Cependant, le triticale n'est pas exempt de tout défaut. Si les travaux de sélection ont permis de réduire nettement sa sensibilité à la verse, le triticale présente un très fort risque de germination sur pied en cas de climat humide en fin de cycle. Le triticale est également très sensible à l'oïdium, qui peut apparaître brusquement et causer d'importants dégâts, et à la rouille jaune.

La conduite du triticale se rapproche de celle du blé. La densité de semis doit néanmoins être revue à la baisse. Il ne doit pas dépasser 85 % de la densité de semis préconisé pour le blé tendre. Le triticale est en effet une espèce très couvrante et une densité de semis élevée n'apporte aucun bénéfice sur le rendement. Pire, il favorise la verse. Les besoins en azote sont également plus faibles pour le triticale : 2,6 kg d'azote par quintal contre 3 kg/q pour le blé tendre. La stratégie de désherbage est semblable. Le même cortège d'adventices accompagne ces deux cultures. A noter toutefois que le triticale est une espèce plus étouffante et donc plus compétitive.

## **B. LES LEGUMINEUSES**

Les légumineuses sont, avec les graminées, les familles botaniques les plus utiles à l'alimentation humaine et animale. Parmi les 17 000 espèces connus, seules 3700 espèces environ ont été repérées pour leur qualité fourragère. Elles sont caractérisées par la présence d'un contenu élevé de protéines dans leurs tissus (Klein et al, 2014).

Les légumineuses sont capables de fixer l'azote atmosphérique grâce à leur capacité de former des associations symbiotiques avec des bactéries appartenant à la famille d'Azobacteriaceae (genre *Rhizobium*). Celles-ci infestent les poils radiculaires des racines de la plupart des légumineuses en produisant des nodules. Dans ces petites tubercules les bactéries, au cours de leurs activités métaboliques, convertissent l'azote atmosphérique en ammonium, qui est une source d'azote assimilable sous l'action de complexe enzymatique appelé nitrogénase. Cet ammonium est transloqué des nodules au système de transport des radicules et il est utilisé par la plante pour ces fonctions métaboliques et physiologiques (Voisin et al, 2015).

Par ailleurs, certaines espèces légumineuses constituent d'excellents fourrages tels que La luzerne et le trèfle. Particulièrement, les légumineuses fourragères ont trois grandes qualités (Cesar et Gourou, 2004) :

- Elles produisent un fourrage riche en protéines
- Elles n'ont pas de besoin en fertilisation azotée
- Elles ont un effet améliorateur sur la fertilité du sol.

Le fourrage des légumineuses est toujours plus riche en azote que celui des graminées. Tout au long de l'année, sa richesse en matières azotées digestibles reste élevée. Cette relative stabilité de la valeur nutritive lui procure une plus grande souplesse d'exploitation. Même en saison sèche, même sous forme de foin, elles gardent une valeur protéique correcte. La culture des légumineuses est facile. Leur pouvoir germinatif est élevé. Les semences sont relativement grosses, ce qui réduit les risques d'enfouissement trop profond (Cesar et Gouro, 2004).

Les légumineuses sont répandues sur tous les continents sauf sur les îles glacées de l'antarctique. Les étages bioclimatiques aride et semi-aride sont caractérisés par la présence

de nombreuses espèces de légumineuses qui ont une productivité fourragère importante telles que :

- a. **La luzerne cultivée** (*Medicago sativa*) : C'est une plante vivace de 30 à 80 cm de hauteur et des fleurs pourpres réunies en grappes allongées avec un fruit sous forme de gousse plus ou moins enroulée et spiralée de 1 à 4 spires. Elle est caractérisée par des racines pivotantes, pouvant aller jusqu'à 10 m de profondeur (Zanin, 1998) et des feuilles alternes et composées de trois folioles égales, glabres, obtuses, un peu échancrées et denticulées.

La luzerne constitue le fourrage le plus important dans le monde. Elle est consommée par toutes les catégories d'animaux. C'est une culture ordinaire chez les petits paysans dans les parties les plus arides d'Asie et d'Afrique du nord, elle est très adaptée au climat chaud (Suttie, 2004).

La culture de luzerne nécessite une teneur importante de calcium et un apport de potassium, par contre l'apport en azote est inutile. La croissance optimale se situe à des températures comprises entre 15 et 30°C et dans un sol argileux et non calcaire à pH variant de 6 à 7 (Zanin, 1998).

- b. **Le pois fourrager** (*Pisum sativum*) : Le pois est une légumineuse annuelle cultivée et consommée de manière intensive tant dans l'alimentation humaine que dans l'alimentation animale. Le pois fourrager est largement cultivé pour la production de foin, de pâturage ou d'ensilage, seul ou en mélange avec des céréales (McKenzie et Spaner, 1999).

Le pois fourrager produit un foin savoureux et nutritif pour le bétail. Le rapport des protéines brutes du foin de pois fourrager au stade de la floraison se situe autour de 17-21% (Turk et al, 2011; Timuragaoglu et al, 2004). Les taux élevés de protéines brutes proviennent principalement du feuillage élevé. Le rapport feuille/tige est de 2,4 au début de la floraison et de 1,4 à la fin de la floraison (Özyiğit et Bilgen, 2013).

La graine du pois protéagineux contient environ 25 % de protéines et 50 % d'amidon sur la base de la matière sèche, le reste étant essentiellement constitué de fibres (Abrás et al, 2016) (figure 17).

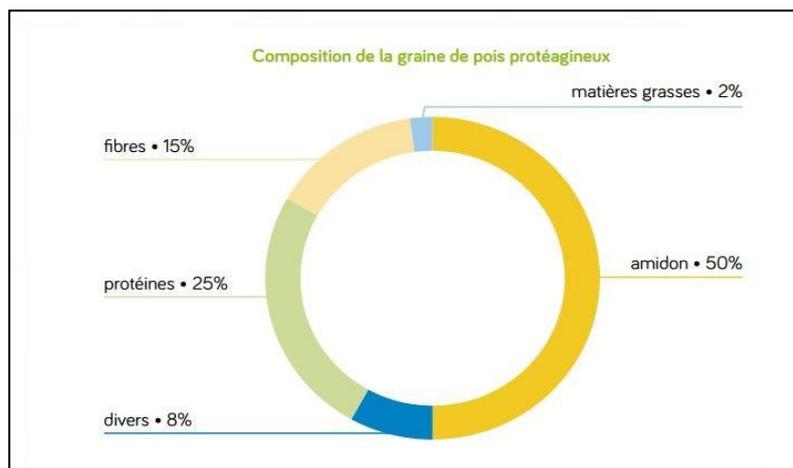


Figure 9 : Composition de la graine de pois protéagineux (Abrás et al, 2016).

- c. **La vesce** (*Vicia sativa L.*) : La vesce commune (*Vicia sativa L.*) est une légumineuse annuelle cultivée dans les conditions pluviales dans les régions semi-arides méditerranéennes (ICARDA, 1998).

Les vesces (*Vicia spp.*) sont des légumineuses bien adaptées à la croissance hivernale dans les environnements méditerranéens du monde entier. Elles tolèrent divers types de sols. Elles sont utilisées en Asie occidentale, en Afrique du Nord, en Australie et en Turquie à des fins diverses, comme foin, pour l'ensilage et comme engrais vert (Abd El-Moneim, 1993).

La graine de *Vicia sativa L.*, riche en protéines, est surtout utilisée comme aliment concentré, avec ou sans orge, pendant l'hiver. Son foin vert et séché est très apprécié et nutritif pour le bétail. De plus, sa paille est une source importante de fibres (Kendir, 1999).

- d. **Le sulla** (*Hedysarum coronarium L.*) : C'est une espèce bisannuelle, diploïde ( $2n=16$ ), originaire du bassin méditerranéen, largement cultivée comme plante fourragère de 2 ans pour le pâturage et/ou la production du foin ou l'ensilage. Elle joue un rôle essentiel dans les systèmes à base de céréales des régions semi-arides (Ruisi et al, 2010). Il a été démontré que le pâturage sur du fourrage d'*Hedysarum coronarium L.* avait un impact positif sur la productivité de la viande et du Lait chez les ovins et les caprins (Molle et al, 2009).

Les effets bénéfiques d'*Hedysarum coronarium L.* ont été attribués à sa forte teneur en protéines, à son rapport glucides dégradable/structural et à sa teneur modérée en tanins condensés (Burke et al, 2002).

Borreani et al, 2003 l'ont considéré comme une plante pouvant soutenir le pâturage des ruminants et prévenir les ballonnements grâce, notamment, à sa teneur en tanin condensé modérée. Elle est également jugée comme option possible pour réduire les émissions de méthane dans l'atmosphère provenant de l'élevage de vaches laitières (Woodward et al, 2002).

En Italie, le sulla est cultivé depuis 1860 et constitue la légumineuse fourragère la plus importante dans les environnements semi-arides avec des sols argileux et calcaires (Sulas, 2006).

#### 3.4.2 PLANTES LIGNEUSES FOURRAGERES

---

Les plantes ligneuses sont un groupe de végétaux incluant les arbres et les arbustes dont la tige est composée en grande quantité de lignines qui sont des macromolécules organiques donnant à la plante sa solidité.

Le fourrage ligneux fournit des matières azotées qui permettent une meilleure digestion microbienne des matières celluloseuses des pailles dans le rumen. Il fournit également des vitamines et souvent des éléments minéraux tels que phosphore, cuivre, zinc, sodium. Ces éléments font défaut dans les herbes sèches (Klein et al, 2014).

Dans les zones arides et semi-arides, même avec des reliquats de pailles sèches sur les parcours, les fourrages ligneux peuvent représenter jusqu'à 30% du régime alimentaire quotidien des bovins, 50% de celui des ovins et 80% de celui des caprins (Klein et al, 2014).

Généralement, la composition des arbustes en protéines est adéquate et les carences ne se manifestent pas chez les animaux qui pâturent les arbustes tels que les plantations d'Atriplex (Chriyaa et El Mzouri, 2004).

Les arbustes fourragers sont dotés de remarquables aptitudes de résistance et de tolérance aux contraintes du milieu rencontrées dans les zones arides. Ces aptitudes font de ces plantes un matériel de choix pour l'enrichissement de la flore et la réduction des phénomènes d'érosion hydrique et éolienne. Ils ont l'avantage de créer des microclimats qui favorisent le

rétablissement des espèces pastorales autochtones. Ils ont aussi une valeur nutritive adéquate qu'ils maintiennent à des niveaux acceptables même à des stades avancés de développement.

Les arbustes fourragers peuvent constituer une ressource fourragère pour les animaux quand d'autres sources ne sont pas disponibles ou lorsque la valeur nutritive des autres aliments est au-dessous des besoins d'entretien des animaux. En d'autres termes, les arbustes fourragers peuvent constituer des réserves alimentaires sur pieds pour être utilisées durant les périodes de sécheresse prolongée.

Le mélange d'arbustes fourragers et de végétation herbacée (cultivée ou spontanée) permet d'assurer une ration équilibrée pendant la saison sèche. En effet, les deux groupes de plantes se complètent du point de vue nutritionnel.

Aujourd'hui, dans la seule zone Méditerranéenne, environ un million d'hectares sont concernés par la culture d'arbres et d'arbustes fourragers, avec une forte tendance à la diversification des espèces et à l'augmentation des superficies, tandis que l'utilisation des espèces herbacées est toujours plus limitée dans ce type de milieux. Au Maroc, les superficies plantées par les arbustes fourragers sont très importantes.

Les avantages de l'utilisation d'espèces arborescentes et arbustives dans l'aménagement des terrains de parcours sont leur grande résistance à l'aridité et leur capacité de produire une biomasse dans des conditions marginales, constituant une ressource alimentaire pour le bétail.

Ces espèces peuvent être associées à des cultures de céréales dans les systèmes semi-extensifs ; elles permettent une amélioration des conditions écologiques et peuvent fournir des sous-produits utiles, comme le bois de chauffe et le gibier.

Les principaux problèmes manifestés par ces plantations sont liés aux coûts élevés de la plantation et de la protection contre l'utilisation incontrôlée de la part du bétail. Les cultures exigent des délais prolongés (18 à 24 mois) pour se développer, d'un matériel de propagation de qualité, de soins cultureux (surtout pour les plantations tardives), de temps et de modes d'utilisation.

Les espèces d'arbustes les plus utilisées dans la régénération des parcours dans la région méditerranéenne en général et au Maroc en particulier, incluent, entre autres, *Atriplex sp*, *Acacia sp*, *Opuntia ficus-indica*, *Medicago arborea* etc. Ces espèces sont adaptées à une large

gamme de sols, peuvent survivre dans des zones de moins de 300 mm de précipitation annuelle et produisent un fourrage de qualité. Elles sont plantées à des densités variables selon l'espèce, le sol et les conditions climatiques.

Néanmoins, une bonne espèce fourragère ligneuse ne peut être retenue sur le seul critère de production. A chaque situation coïncide, certainement, un choix optimal prenant en compte la nécessité de pondération entre plusieurs critères. Ceux-ci pourraient être résumés ainsi :

- Critères écologiques qui renseignent sur les exigences climatiques et édaphiques de l'espèce ;
- Critères liés à la multiplication : les modes de propagation diffèrent d'une espèce à l'autre (semis direct, multiplication en pépinière, transplantation, regarnis...). Il y a lieu de prendre en considération les difficultés éventuelles occasionnées par chacune de ces modalités;
- Critères liés à l'intérêt strictement fourrager, sont en fait les seuls pris en compte dans la majorité des situations. Il s'agit de l'appétence du fourrage fourni et de son ingestibilité par les animaux d'une part et sa valeur nutritive et sa digestibilité, d'autre part;
- Critères liés aux modalités d'utilisation et de gestion de la ressource fourragère: ils dépendent de la biologie de l'espèce et concernent la période et la durée de la disponibilité du fourrage, son accessibilité et la possibilité de pâturage direct des plants;
- Critères liés aux autres usages possibles: ce sont des critères très importants en particulier dans les zones arides et semi-arides. En effet, il est souhaité que les plantations puissent offrir plusieurs usages complémentaires (bois de chauffe, fruit, chasse,...);
- Critères liés à la production et au coût de production de la plantation.

La pondération entre ces différents critères est très délicate. Il n'en reste pas moins qu'il est tout de même intéressant, avant de proposer l'introduction d'une espèce donnée, de l'évaluer selon ces critères.

- a. *Atriplex halimus* : c'est une espèce autochtone qui se développe en touffe dense et qui peut atteindre une hauteur de 2 à 3 m. Elle est spontanée dans les bioclimats aride et saharien.

*Atriplex halimus* résiste très bien au froid ( $>-10^{\circ}\text{C}$ ) et pousse dans des environnements où les précipitations varient de 200 à 1000 mm. C'est une espèce halophyte et croît dans des sols gypso-salés dont la conductivité peut atteindre 60 mmhos/cm. Elle croît aussi sur les sols non salés et même sur les grès. Elle convient, de plus, aux sols sableux sur horizons salés. C'est, donc, une plante qui peut être introduire partout dans les zones dénudées et salines. Sur ces terrains il est préférable de l'associer à d'autres espèces de même genre afin de réduire l'intensité de pâturage observée dans les plantations mono-spécifiques.

L'appétibilité d'*Atriplex halimus* croît avec l'entrée en maturation des graines en juillet et devient forte dès mi-septembre pour s'annuler à la fin décembre. Cette espèce est généralement plus appréciée qu'*Atriplex nummularia*.

En règle générale, il est conseillé d'employer, pour sa multiplication, des écotypes locaux. La propagation peut se faire par semis direct et par bouturage en année pluvieuse. Un trempage des graines, durant 26 à 36 heures avec renouvellement de l'eau, accroît la faculté germinative de l'espèce. Mais, dans les conditions d'aridité semblables à celles de la zone d'étude, le mode de propagation le plus adéquat reste la transplantation des plants obtenus en pépinière.

La production totale d'*Atriplex halimus* est très importante. Mais, la phytomasse consommable reste généralement inférieure à celle d'*Atriplex nummularia*. C'est la raison pour laquelle cette dernière lui a pris place dans la majorité des actions d'aménagement pastoral. La valeur fourragère, quant à elle, est de l'ordre de 0.5 à 0.6 UF/kg de matière sèche.

Généralement, les *Atriplex* renferment des taux élevés de protéines brutes (15 à 20%) et peuvent compléter les fourrages pauvres utilisés pendant les périodes de soudure. Les rations contenant *Atriplex halimus* et *Opuntia ficus-indica* (cactus) ou *Acacia cyanophylla* permettent l'accroissement de l'ingestion volontaire et la prise de poids des animaux.

Il faut rappeler à ce niveau que lorsque l'*Atriplex* est pâturé au printemps en présence d'une végétation herbacée, sa contribution dans la ration ne dépasse pas les 15%. Le reste

étant constitué de la végétation herbacée. La période la plus appropriée pour son utilisation serait fin été-début hivers, lorsque la végétation herbacée aurait complètement disparu. Cette période coïncide avec la fin gestation et début agnelage, période où les besoins des brebis sont élevés. Cependant, cet arbuste est très fragile et risque d'être très endommagé en cas de pâturage intense et prolongé. De ce fait, la charge animale devra être contrôlée pour éviter le surpâturage. Mais, il faut garder à l'esprit que la longévité de feuillage d'*Atriplex* ne dépasse pas une année, donc il doit être utilisé au cours de l'année de sa production.

- b. *Atriplex nummularia* : Cette espèce a été introduite en Afrique du nord vers la fin de 19<sup>ème</sup> siècle. Les arbustes de cette espèce peuvent atteindre 1 à 3 m de hauteur.

*Atriplex nummularia* résiste bien au froid (jusqu'à  $-10$  °C) et peut être planté à des altitudes allant jusqu'à 900 m et avec une pluviosité de 200 à 600 mm. L'espèce prospère bien sur des sols limoneux ou limoneux-argileux, profonds et ne présentant qu'une salure faible à moyenne ( $< 30$  mmhos/cm). Elle peut aussi se développer dans des zones à pluviosité inférieure à 200 mm, mais à condition que la situation topographique soit favorable à un ruissellement concentré vers la plantation ou grâce à la présence d'une nappe phréatique à moins de 10 m de profondeur.

La croissance d'*Atriplex nummularia* est très active au printemps et subit un ralentissement en été. La chute des feuilles a lieu en août-septembre. Il est moins apprécié que *Atriplex halimus*. Il est apprécié surtout par les ovins en été et en automne. En mélange avec le cactus, cet arbuste donne de bonnes performances (Boulanouar et al. 2000). La densité optimale de transplantation (production adéquate et vigueur des plantes non affectée) est de 1000 arbustes/ha en monoculture.

La première exploitation d'*Atriplex nummularia* peut avoir lieu à partir de l'âge de 2 ans. La productivité en biomasse consommable (densité de 1000 plans/ha) varie de 0,5 à 3 kg de MS/arbuste. La valeur fourragère de feuillage d'*Atriplex nummularia* est en moyenne de 0,5 UF/kg MS. La productivité moyenne est alors de 625 UF/ha.

Une brebis de 50 kg de poids vif peut ingérer en moyenne 1.5 kg MS/jour. Sur cette base, la productivité d'un hectare d'*Atriplex*, planté à 625 arbustes/ha, et ayant une productivité

moyenne de 2 kg de MS/plant, assurera 833 jours de pâturage, ce qui est l'équivalent de 2.3 brebis/ha /an ou 28 brebis/ha durant un mois (Boulanouar et al. 2000).

Le point fort de cette espèce par rapport aux autres arbustes fourragers est la facilité de son exploitation par pâturage direct. Il est même indiqué que le maintien de la vigueur végétative et reproductive de l'espèce requiert que le pâturage entraîne la consommation de 30 à 50 % de la matière sèche de l'individu. De tels arguments sont en faveur d'une pression animale forte durant relativement une courte période, ainsi qu'un recépage sévère (20 à 40 cm de hauteur) tous les 4 à 5 ans (Boulanouar et al. 2000).

Concernant le mode de propagation de l'espèce, la transplantation reste la technique la plus courante.

Le coût de production de cette espèce, approché dans le cadre du PDPEO, est de 0.9 dh/UF pour une production de 100 à 150 UF/ha. Sans prendre en compte la possibilité que les branches, soit environ 1.5 tonnes de matière sèche par hectare tous les 3 ans, servent de combustible.

- c. *Medicago arborea* : L'espèce est originaire du Bassin Méditerranéen et est spontanée dans le Nord de l'Afrique, en Espagne, Italie, Grèce et Albanie. C'est un arbrisseau légumineux d'un à deux mètres. Sa croissance maximale se situe durant la période froide et pluvieuse. L'espèce est rencontrée dans des altitudes de 50 à 400 m et à des précipitations de 350 à 700 mm. Son environnement idéal semble être situé dans le semi-aride à hivers doux à chaud et sur des sols profonds et légers.

*Medicago arborea* est considérée comme étant appréciée du bétail, mais la chute de ses feuilles à la mi-juin implique la perte de son intérêt pastoral jusqu'à la feuillaison suivante (El koudrim et al, 2020). Sa digestibilité est très élevée par rapport aux Atriplex et aux Acacias, avoisinant les 70 %. La valeur énergétique de cette espèce est de l'ordre de 0,6 pour le fourrage, 0,8 pour les feuilles et 1,05 pour les graines.

**Tableau 1 : Espèces ligneuses fourragères de milieu aride (Le Houérou, 1980)**

Espèces	Précipitations en mm	Moyenne de température minimale en janvier en °C	Sols
<i>Acacia ligulata</i>	>150	3	Profond sablonneux
<i>Acacia salicina</i>	>150	3	Profond sablonneux
<i>Acacia victoriae</i>	>150	3	Limoneux à sablonneux
<i>Artemisia herba alba</i>	>150	-2	Limoneux peu profond
<i>Brachyhyton populneum</i>	>300	3	Divers
<i>Broussonetia papyrifera</i>	>400	-1	Divers
<i>Gassia sturtii</i>	>150	3	Limoneux sablonneux
<i>Chenopodium auricomum</i>	>200	3	Divers
<i>Morus alba</i>	> 350	-5	Divers
<i>Opuntia ficus indica inermis</i>	>200	2	Sable profond
<i>Opuntia fuscicaulis</i>	>200	1	Sable profond

#### 4. AGRICULTURE DE CONSERVATION

##### 4.1 SEMIS DIRECT

Les menaces liées à la variabilité climatique et à la dégradation de l'environnement au Maroc sont de plus en plus sérieuses. Plusieurs études menées par des institutions internationales (BM, FAO) ou marocaines (DMN, INRA) ont montré que l'agriculture au Maroc sera très affectée par les impacts des changements climatiques, du fait de la raréfaction attendue de l'eau (chute des précipitations et surexploitation des aquifères) ainsi que de la dégradation des terres et des écosystèmes.

Une des réponses techniques apportées à la dégradation des sols (essentiellement aux USA et au Brésil) et à la recherche d'une réduction des coûts de production en grandes cultures (essentiellement en Europe), a été la simplification du travail du sol, allant jusqu'à la suppression du labour et au semis direct sous couverture végétale ou mulch. Le semis direct est un système dont les objectifs essentiels sont la préservation des ressources (sol et eau) et leur utilisation efficiente. La réduction des coûts des intrants en particulier l'énergie, la main d'œuvre, les semences et les engrais sont des avantages motivant la conversion des agriculteurs vers ce système. D'autres avantages, notamment l'adaptation aux changements climatiques qui prédisent un rétrécissement de la période pluvieuse et une plus grande variabilité intra et inter annuelle, sont obtenus lorsqu'on adopte le semis direct.

Le semis direct est un système dans lequel la semence est placée directement dans le sol qui n'est pas travaillé. Dans le système de semis direct, les opérations se limitent à l'ensemencement de la culture. Le remaniement mécanique du sol est confiné à la seule implantation de la semence. L'élimination des mauvaises herbes, avant et après le semis et pendant la culture, est faite avec des herbicides, les moins polluants possibles pour le sol qui doit toujours rester couvert (Mrabet, 2008).

C'est un paquet technologique qui repose sur cinq principes:

- Supprimer les labours et les préparations des lits de semences;
- Couvrir en permanence le sol par une couverture morte constituée de résidus de récolte ou vivantes en inter-cultures;
- Semer directement à travers cette couverture protectrice à l'aide d'outils appropriés ;
- Contrôler les mauvaises herbes sans perturbation du sol ;
- Adopter un système de rotation culturale qui permet de concurrencer les adventices, limiter les traitements des herbicides, pour une meilleure gestion des polluants et une optimisation de l'énergie.

Le semis direct favorise un sol riche en humus superficiel, une structure stable en évitant le tassement et discontinuités d'un sol labouré. L'absence de travaux d'ameublissements répétés offre au sol une structure naturelle stable, exempte de discontinuités en profondeur. Cette structure est idéale pour les êtres vivant du sol. Les vers de terres se multiplient, en mélangeant la terre, prennent le relève de la charrue mais sans faire remonter les pierres en surface. D'autres organismes et microorganismes participent à la décomposition des restes végétaux et à leur transformation en humus.

Le semis direct offre une grande capacité d'infiltration et de rétention de l'eau des sols. Les vers de terres qui se développent dans un système de semis direct, au fil des ans, creusent un réseau de galeries stables jusqu'en profondeur, c'est un réseau biologique de drainage qui permet une bonne infiltration de l'eau, l'aération du sol et une croissance racinaire sans entrave, comme le sol est en permanence recouvert d'une couche de litière, l'humidité qui

remonte par capillarité s'évapore moins vite. L'eau emmagasinée dans le sol est à la disposition des plantes en cas de sécheresse.

Le système de semis direct permet de concurrencer les mauvaises herbes et limiter l'usage des herbicides. Les mélanges d'engrais verts qui croissent rapidement sur le sol grâce à la couche de paille qui est gardé sur le champ, possèdent des racines pivotantes et permettent de concurrencer efficacement les adventices. En outre, le système de semis direct ne demande pas des mesures spécifiques contre les maladies et ravageurs.

Le système de semis direct permet, à long termes une meilleur efficacité de l'azote, et des rendements plus élevée que ceux récolté en système conventionnel. Sous semis direct la minéralisation dure se fait de manière plus continu que dans un sol travaillé et demande plus de temps pendant la période de végétation, ceci peut induire un retard dans de croissance durant les premières années d'emploi du système, par la suite, l'épandage d'engrais est réduit et les rendements augmentent progressivement.

Le système de semis direct exige une rotation qui alterne cultures à forte productivité avec celles peu exigences en engrais. Renoncer au labour permet également une diminution de la consommation de carburant et donc des émissions de CO<sub>2</sub> et de particules fines dans le sol, le bilan écologique des cultures est plus équilibré.

L'apparition du système de semis direct au Maroc s'est fait dans le cadre d'un accord de coopération entre l'USAID (Agence Américaine pour le Développement International) et l'INRA (Institut National de Recherche Agronomique). Le Centre d'Aridoculture de Settât relevant de l'INRA a initié les premières recherches sur les systèmes de semis direct. Depuis plusieurs essais de recherches ont été menées par les différentes institutions de recherches au Maroc (INRA, IAV Hassan II, ENA de Meknès, Organismes internationaux), Ces travaux de recherches ont touché aux différents aspects liés à l'introduction et au développement du système semis direct au Maroc. Ces aspects sont d'ordres techniques, mécaniques, environnementales, socio-économiques et agronomiques.

Si le processus de recherche sur le semis direct au Maroc a fait ses débuts depuis 1982, la diffusion de ce système auprès des agriculteurs demeure récente et ne date que de quelques dizaines d'années. Les premiers essais chez les agriculteurs à grande échelle, rentrent dans le cadre du projet du CRRA de Settât en collaboration avec l'AAID.

Bien que les résultats de ces essais ont été remarquables sur le plan agronomique (amélioration de la structure du sol et élimination des opérations de labours) et économiques (réduction des charges de consommation de carburant et celles liés à l'usage des outils mécaniques), quelques contraintes remontent en surface, notamment celle liée à la mécanisation, en effet, l'usage du semoir de semis direct demande une forte puissance de traction qui ne peut être possible avec de petits tracteurs. En outre, et par rapport au semoir conventionnel, le semoir de semis direct est marqué par sa cherté et son indisponibilité ce qui pose des problèmes pour l'introduction et l'adoption du semis direct par les agriculteurs et bloque également l'extension des superficies chez ceux qui le pratiquent. Aussi faut-il noter que la majorité des petits agriculteurs se sont habitués à exercer du pâturage sur les champs de blés, ce qui compromet une des composantes du système de semis direct qui consiste à laisser sur le sol une partie des résidus de la récolte précédente.

La promotion du semis direct au Maroc est donc tributaire de plusieurs mesures qui doivent palier à ces contraintes : assurer une offre importante en semoirs de semis direct à des prix à la portée des petits agriculteurs, mettre en place des mesures incitatives à la conduite des cultures en SD (subvention sur le matériel agricole, notamment le semoir de semis direct) et renforcer le dispositif de vulgarisation pour une meilleure adoption de ce système auprès des agriculteurs.

---

## *4.2 AGROFORESTERIE*

---

L'homme a connu l'agroforesterie comme des pratiques agricoles depuis des siècles dans de nombreuses régions du monde (Simard, 2012), mais comme un terme scientifique et technique n'apparaît qu'en 1982 dans le rapport «Sustained Agroforestry » de Lundgren et Raintree, puis repris par l'ICRAF devenu par la suite le Centre Agroforestier Mondial (World Agroforestry Center) (Morinay, 2012).

---

### 4.2.1 AGROFORESTERIE : CONCEPT ET DEFINITIONS

---

L'agroforesterie est un mode de production agricole associant sur une même parcelle des plantes ligneuses vivaces à d'autres cultures de la production agricole et dans laquelle existe des interactions à la fois écologiques et économiques entre les ligneux et les autres composantes (Young , 1995). Selon la définition de l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture : l'agroforesterie est un terme générique servant à désigner les systèmes d'utilisation des terres et les pratiques dans lesquelles les plantes ligneuses vivaces

sont délibérément intégrées aux cultures agricoles et/ou à l'élevage pour une variété de bénéfices et de services. L'intégration peut être faite soit selon une association spatiale (par exemple, les cultures agricoles avec les arbres) soit selon une séquence temporelle (par exemple, les jachères améliorées, les rotations) (Linigar et al, 2011).

#### 4.2.2 INTERETS DE L'AGROFORESTERIE

---

La parcelle d'agroforesterie n'est pas une simple juxtaposition d'arbres et de cultures, c'est un système complexe d'interactions échangées entre les arbres et les cultures. Les arbres plantés dans des parcelles cultivées bouleversent les conditions locales, microclimatiques, édaphiques, biotiques, lumière, eau, azote, plantes adventives, faune sauvage, communautés bactériennes des sols. Autant de paramètres qui vont fortement modifier l'environnement immédiat de la parcelle, l'exploitant va jouer sur ces relations pour produire différemment. Généralement la parcelle agroforestière a une double vocation de production ; l'une annuelle comme la culture ou la pâture et l'autre à long terme tels que la production du bois et autres produits de l'arbre (Dupraz et Liagre, 2008) .

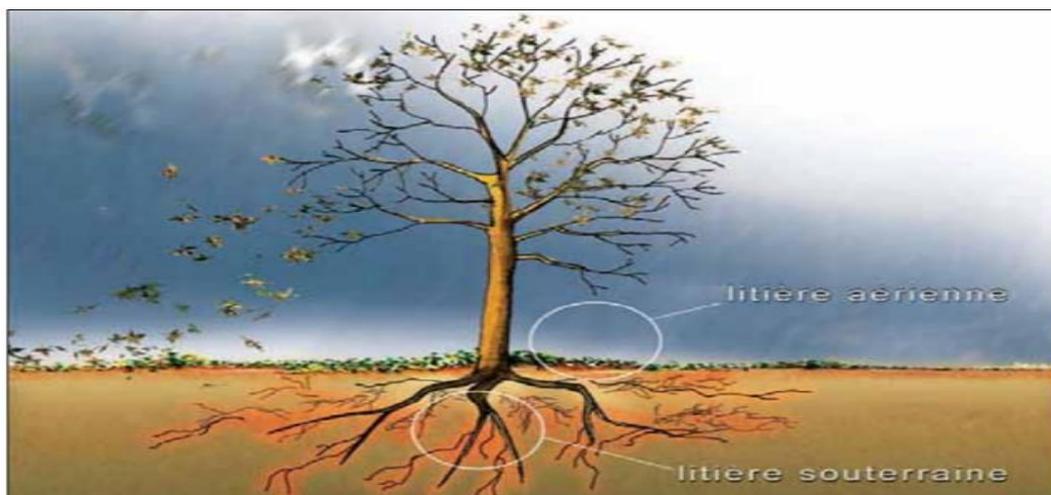
L'agroforesterie se base donc sur la diversité des espèces qui tend à augmenter la productivité d'une parcelle agroforestière par des interactions bénéfiques entre les composants du système agroforestier. De plus les systèmes agroforestiers bien conçus exploitent au maximum ces interactions tout en réduisant au minimum les interactions défavorables telles que la compétition (Franklin et scott, 1992). L'augmentation de la productivité est largement dépendante de la dominance des interactions bénéfiques (Le Graët et al, 2017).

Ainsi, les systèmes agroforestiers permettent de garantir la qualité et la quantité de l'eau par la capacité de dépollution des arbres. Véritables filtres, ils limitent une partie de la lixiviation des nitrates réduisant ainsi la pollution des nappes phréatiques. Cette fonction est particulièrement intéressante pour la gestion des zones de captage en eau potable. De plus, les systèmes racinaires des arbres augmentent la réserve utile en eau des sols, améliorent l'infiltration du ruissellement et limitent l'évaporation du sol (Canet et Schreiber, 2015).

Le système agroforestier augmente également la fertilité du sol. En effet, les arbres contribuent à l'enrichissement du sol par la matière organique issue de la litière des feuilles et par la décomposition des racines fines (figure n°10), (Dupraz et Liagre, 2008).

Par ailleurs, les arbres agissent sur la faune et la flore microbienne du sol et en particulier sur les organismes détritivores ou saprophytiques qui sont essentiels dans les processus d'évolution de la fertilité du sol (Dupraz et Liagre, 2008).

Sur le plan économique, les parcelles d'agroforesterie ont une rentabilité comparable à celle des parcelles agricoles. Elles permettent à la fois de maintenir un revenu annuel grâce aux cultures intercalaires, et de constituer un capital de valeur, avec les arbres. Les densités optimales d'arbres adultes seraient situées entre 50 et 100 arbres/ha selon les essences et la fertilité des parcelles (Dupraz et Capillon, 2005), l'agroforesterie permet également de diversifier les revenus agricoles par la production de bois et de produits forestiers non ligneux. En somme l'agroforesterie constitue un fournisseur important de biens et de services pour l'environnement en s'inscrivant dans un contexte de gestion intégrée des terres agricoles et de l'espace rural (De Baets et al, 2007).



**Figure 10: Litières produites par l'arbre dans un système agroforestier (Dupraz et Liagre, 2008)**

#### 4.2.3 SYSTEMES AGROFORESTIERS

Un système agroforestier est une association de trois composantes principales (la strate arboré, les cultures et les animaux d'élevage) liée entre eux par des interactions écologiques et économiques significatives. La structure des composantes s'appuie sur deux dimensions : l'une est l'arrangement spatial qui se réfère aux dispositions entre les différents éléments dans l'espace et l'autre c'est la séquence temporelle qui est basé sur la structuration dans le temps (Dussault, 2008).

Le système agroforestier se définit par la détermination des trois critères de base de l'agroforesterie, le premier critère est une condition essentielle qui exige la présence au moins d'une espèce ligneuse et pérenne, le deuxième nécessite au moins deux espèces végétales qui ont des interactions biologiques significatives. Finalement le troisième critère requiert l'utilisation au moins d'une des espèces pour produire du fourrage (Somarriba, 1992).

Les critères les plus évidents et les plus faciles à utiliser pour classer les systèmes agroforestiers sont la disposition spatiale et temporelle des composantes, l'importance et le rôle des composantes, les objectifs de production ou les outputs du système, et les caractéristiques sociales et économiques (Nair, 1993).

Selon ces critères on constate différents modes de classifications parmi lesquels on peut citer :

- 1) Mode de classification selon la structure des composantes du système agroforestier et on y distingue quatre catégories (Tableau n° 2) :
  - Les systèmes de parcs agroforestiers : sont principalement des zones cultivées avec des arbres dispersés (souvent autochtones), ce type de systèmes est caractérisé par la diversité des espèces d'arbres, la variété des produits selon leurs utilisations (comprenant les fruits, le fourrage, etc.) ;
  - Les systèmes multi-étagés : sont des groupes d'arbres ou d'arbustes plantés ou existants, gérés comme un étage supérieur de plantes ligneuses avec un à plusieurs étages inférieures de cultures ;
  - Banques fourragères : Les arbres et arbustes à feuilles et/ou à gousses sont utilisés par les agriculteurs en tant que compléments alimentaires pour le bétail ;
  - Les jachères améliorées : sont composées d'espèces d'arbres ligneux plantées afin de restaurer la fertilité à court terme (Linigar et al ,2011).

**Tableau 2 : Arbres ou grands arbustes utilisés dans les systèmes agroforestiers (Franklin et Scott, 1992).**

Espèce	Nom commun	Partie comestible	Usages principaux
<i>Anacardium occidentale</i>	Anacardium occidentale	graine, fruit	clôture, pâturage
<i>Annona muricata</i>	Corossolier	fleur, fruit	jardin, clôture, pâturage
<i>Borassus aethiopum</i>	Rônier jardin,	usages multiples	Pâturage
<i>Cajanus cajan</i>	Pois cajan	graine, feuille	fixation d'azote, combustible, haie
<i>Carica papaya</i>	Papayer	fleur, fruit	jardin, ombre rapide
<i>Psidium guajava</i>	Goyavier	fleur, fruit	pâturage, combustible
<i>Coffea arabica</i>	Caféier	Graines	haie, colline, combustible

2) Mode de classification basé sur la nature des composants du système agroforestier et dans lequel on retrouve quatre systèmes agroforestiers principaux (figure 11)

- L'agrosylviculture, il s'agit de la combinaison des plantes ligneuses (arbres et arbustes) avec des cultures, elle est caractérisée par l'arrangement spatiale des composants et utilisée dans la production alimentaire et fourragère ;
- Le sylvo-pastoralisme : la combinaison des plantes ligneuses et d'élevages ;
- L'agro-sylvo-pastoralisme : la combinaison d'arbres, de cultures et d'élevages (Nair, 1993) ;
- Les systèmes agroforestiers moins fréquents tels que l'apisylviculture, mais aussi des systèmes plus simples comme les haies brise-vent utilisées pour réduire l'érosion et la vitesse du vent (Dussault, 2008).

#### 4.2.4 AGROFORESTERIE A L'ECHELLE MONDIALE

Actuellement, l'agroforesterie est devenue une pratique indispensable dans le choix d'utilisation durable des terres dans le monde entier. Elle est pratiquée dans de nombreux pays tels que l'Inde et la France (Tableau 3), dont 43% des cultures agricoles sont recouvertes par une couverture forestière et selon certaines approches agroforestières.

**Tableau 3 : Exemples de systèmes agroforestiers comprenant arbres, cultures et animaux (Franklin et Scott, 1992).**

Lieu	Système	Espèce	Avantages	Autres plantes
<b>Amérique centrale</b>	Clôture vivante	<i>Erythrina, Yucca, Gliricidia</i>	aliments, fourrage	
<b>Afrique centrale</b>	Arbres dispersés	<i>Faidherbia albida</i>	combustible, fourrage, contrôle de l'érosion	
<b>Niger</b>	Jachère améliorée	<i>Leucaena, Sesbania</i>	rétablissement de la fertilité du sol	Graminées
<b>Inde</b>	Conservation du sol,	<i>Dalbergia, Pongamia, Prosopis</i>	Aliment, conservation du sol	graminées (herbe éléphant, mondo)
<b>Afrique tropicale</b>	Protection contre les ravins	<i>Tamarix</i>	aliment, conservation du sol	Graminées
<b>Costa Rica</b>	arbres disséminés	<i>Cordia alliodora</i>	bois d'œuvre, ombre, nutriments	Café
<b>El Salvador</b>	arbres disséminés	<i>Inga spp.</i>	combustible, azote, ombre	café, cacao
<b>Malaisie</b>	arbres disséminés	cocotier nain	aliments, bois d'œuvre	Cacao
<b>Rwanda</b>	Bande de végétation	<i>Grevillea, Albizia</i> et	bois d'œuvre, combustible, fourrage	
<b>Mexique</b>	arbres disséminés	<i>Leucaena spp</i> <i>Brosimum spp.</i>	aliments, bois d'œuvre	nombreuses cultures, pâturage
<b>Nigeria</b>	culture en bandes	<i>Gliricidia sepium</i>	contrôle de l'érosion, combustible, azote, nutriments	tubercules, céréales

#### 4.2.5 AGROFORESTERIE A L'ECHELLE NATIONALE

Au Maroc, l'agroforesterie est pratiquée dans des conditions climatiques différentes mais la pratique reste dominante en zones de montagne et dans les oasis où les agriculteurs cherchent à maximiser au mieux la rentabilité de leurs terrains agricoles. Les systèmes agroforestiers sont basés sur l'olivier et les cultures annuelles depuis plusieurs siècles. Des études diagnostiques faites au Maroc ont révélé qu'environ 75% des plantations d'oliviers sont associées à des cultures annuelles, en particulier, les légumineuses alimentaires comme la fève, le pois chiche, le pois et la lentille (Daoui, 2012).

Dans les zones arides et semi-arides, l'Atriplex a été associée au système d'alley cropping avec de l'orge, de l'avoine ou de la luzerne, elle a joué un rôle important comme brise-vent, pour la protection du sol et la création d'un microclimat favorable, permettant aux autres espèces fourragères, d'augmenter leur productivité (Chriyaa et El Mzouri, 2004).

La solution qui a donné les meilleurs résultats jusqu'à présent est la possibilité d'associer les cultures de céréales dominantes, comme l'orge, à des arbustes fourragers qui, grâce à leur grande capacité de résister à la sécheresse, à l'action d'amélioration du sol exercée par l'apport d'une substance organique et à la capacité des racines de s'enfoncer dans le sol, ont eu des effets bénéfiques sur l'environnement et le rétablissement de la fertilité de

l'écosystème. Les arbustes fourragers qui ont donné les meilleurs résultats sont ceux du genre *Atriplex*, en particulier *Atriplex halimus* et *Atriplex nummularia* (Arif et al., 1994).

De nombreuses études ont mis en évidence le fait qu'en associant la culture de l'orge aux arbustes fourragers appartenant au genre *Atriplex*, la production de la céréale augmente (Chriyaa et El Mzouri, 2004) ; de plus, le bétail peut éventuellement brouter les chaumes d'orge et les arbustes d'*Atriplex* en été et en automne. Les mêmes auteurs ont montré que le ratio équivalent terre de la production de l'orge et de la jachère en alley-cropping augmente respectivement de 54% et 39% en comparaison avec une conduite sans arbustes (Chriyaa et El Mzouri, 2004).

De point de vue nutritionnel, les recherches ont démontré que l'intégration de l'alimentation du bétail avec des arbustes fourragers et des raquettes de Figuier de Barbarie fournit d'excellents résultats (Chriyaa, 2007). En effet, l'*Atriplex* possède un taux élevé d'azote et fournit de faibles apports d'énergie, tandis que l'*Opuntia* est particulièrement riche en énergie et en eau. L'*Atriplex* constitue un excellent supplément à la paille, *Opuntia* augmente l'ingestion de paille (Chriyaa, 2006); les deux espèces représentent une bonne source de protéines et peuvent remplacer le soja dans l'alimentation des animaux, favorisant la baisse des coûts d'élevage (Nefzaoui et Ben Salem, 2002).

La combinaison de ces deux ressources de fourrage est sans doute une solution possible pour satisfaire les besoins alimentaires du bétail, réduire la pression sur les terres de pâturages et prévenir le sur-broutage ainsi que la désertification.

---

## MATERIEL ET METHODES

---

### *1. CONTEXTE DE LA RECHERCHE*

---

A l'exception de la région nord-ouest du Maroc qui est relativement bien arrosée et jouit d'un climat tempéré, le reste des régions sont semi-arides à arides, avec l'aridité croissante vers les faibles latitudes (le sud du pays). Le climat des régions arides est de type continental sec, avec des précipitations annuelles faibles dépassant rarement la hauteur des 250 mm, concentrés essentiellement sur la période novembre-février, et permettant une période de croissance restreinte (4 à 5 mois). En plus de cette faible pluviosité, les températures sont relativement élevées en printemps et très élevées en été pouvant dépasser les 40°C et entraînant la perte rapide d'humidité du sol à travers la transpiration par les plantes et l'évaporation directe. A cause du changement climatique, on s'attend à plus de réduction de cette pluviosité et à plus de chaleur durant ce 21<sup>ème</sup> siècle (Mrabet, 2012).

Les sols de ces régions sont généralement, de faible profondeur, et pauvres en matière organique, deux caractéristiques qui ne permettent pas le stockage de l'eau dans le sol. Ils supportent un couvert végétal faible et précaire, accentuant davantage le phénomène de désertification. A cause de cette faible pluviosité, de la forte évapotranspiration et de la faible rétention de l'humidité des sols, l'aridité se manifeste, avec encore plus d'intensité à mesure que les ressources pédologiques et hydriques continuent à se dégrader.

Les régions arides du Maroc qui incluent les plaines et plateaux nord atlasiques constitués des régions d'Essaouira, El Youssoufia, Khouribga, Rhamna, Sraghna, Haouz, abritent une frange importante de la population et une activité agricole basée essentiellement sur l'intégration de l'élevage ovin associé aux cultures céréalières souvent en continue. C'est l'orge qui est communément pratiquée pour sa valeur énergétique.

La pression de l'élevage ovin sur les parcours et les sols cultivés ne laissent aucune chance au sol de reconstituer sa matière organique. D'autant plus que le mode de minimum input qui est la pratique commune de la céréaliculture dans ces régions ne permet pas de restituer les éléments minéraux du sol exportés et restaurer sa fertilité chimique.

Devant cette situation de dégradation des ressources naturelles et la forte pression du cheptel sur la maigre végétation en perte de productivité, d'une part et la faible contribution des

cultures dans l'alimentation du bétail au sein de l'exploitation, d'autre part, la durabilité de tel système est en risque.

## *2. APERÇU SYNTHETIQUE SUR LA ZONE DES PLAINES ET PLATEAUX NORD ATLASIQUES*

### *2.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE ET CARACTERISTIQUES DE LA ZONE*

---

#### *2.1.1 ENSEMBLE GEOGRAPHIQUE*

---

La zone des Plateaux et Plaines Nord Atlantiques (PPNA), jadis dominée par l'activité pastorale, est devenue actuellement agropastorale où l'agriculture pluviale est prépondérante. Elle couvre les provinces de Khouribga, Settat, El Kelâa des Sraghna, Rhamna, Chichaoua, Safi et Youssoufia.

Dans cette zone, les ressources naturelles en général et les ressources pastorales en particulier connaissent une dégradation très prononcée à cause des usages irraisonnés et de l'hostilité des conditions climatiques. Les potentialités de production de ces zones se voient ainsi diminuées progressivement affectant la rentabilité économique des exploitations ; ce qui s'est traduit, entre autre, par un exode rural principalement vers les grandes agglomérations.

La région est constituée de plateaux et plaines renfermant de bonnes terres agricoles, des massifs et des piémonts, couvrant une superficie de l'ordre de 1 300 000 hectares (Narjiss et al.1994).

Plusieurs sous régions composent la zone. Il s'agit de :

- Plateaux des phosphates : c'est une zone composée d'une partie des plateaux de Settat (Ben Ahmed), de ceux d'Oued Zem, Khouribga, Guissère et El Brouj. Elle est limitée au nord par le plateau central et la plaine de Berrechid ; au sud par l'Oum Rbia et la plaine du Tadla ;
- Le Massif des Rehamna : il est limitée par la Bahira au sud, la plaine des Abda-Doukkala à l'ouest, le plateau des phosphates à l'est puis la Chaouïa au nord ;
- Le massif des Jbilet : il est bordé au nord par la plaine de la Bahira, au sud par le Haouz, se termine à l'est en biseau face au Haut Atlas, et s'amenuisant à l'ouest sous le plateau des Mouissate ;

- La plaine de la Bahira : c'est une dépression qui s'étend d'est en ouest entre les Rhamna et Jbilet ;
- Chichaoua : c'est une zone limitée au nord par Blad Mouissat, au sud par le versant du Haut Atlas Occidental à l'est par le bassin de Mejjate, qui lui-même limite la partie occidentale du Haouz, et à l'ouest par la zone littorale du bas Tensift.

---

### 2.1.2 CLIMAT

Les caractères les plus marquants du climat sont :

- la faiblesse générale des précipitations (la plus grande partie de la zone reçoit moins de 250 mm/an) ;
- la sécheresse estivale dont la durée est variable dans l'espace et peut aller de 4 à 6 mois ;
- une forte variabilité interannuelle de la pluviométrie (succession de cycle sec-humide très fréquent) ;
- une mauvaise répartition annuelle des précipitations (une forte concentration saisonnière).

Ces caractéristiques climatiques impriment à la région un bioclimat aride à semi-aride, marqué par des étés très chauds et des hivers froids, avec en général une amplitude thermique très grande.

Ces contraintes climatiques ont des incidences directes sur la production des pâturages et de leur utilisation. Ceci se répercute directement sur les performances animales et sur le niveau de vie des éleveurs.

---

### 2.1.3 SOLS

La zone d'étude est constituée d'un large éventail de types de sol selon les formes de relief. Cette diversité se présente comme suit :

- plateaux des phosphates : la nature des roches est calcaires, dures et compactes avec argile rouge triasique ;

- massif des Rhamna : géologiquement, cette région est constituée essentiellement de formations sédimentaires paléozoïques fortement plissées au cours de la phase hercynienne ;
- massif des Jbilet : les formations sont presque paléozoïques avec des schistes et des grès Cambriens et Ordoviciens à l'ouest, avec la singularité de Jbel Ighoud qui est calcaire ;
- plaine de la Bahira : c'est une dépression allongée d'est en ouest entre les Rhamna et Jbilet. C'est une cuvette quasi fermée qui constitue, avec Sed Mesjoun un exemple de bassin endoréique. Elle a connu un épais remplissage au plio-quadernaire encroûté dans les parties culminantes ;
- Chichaoua : c'est une région formée de plateaux s'abaissant doucement du sud-est vers le nord-ouest. Le paysage est varié grâce aux multiples alternances de couches gréseuses, dolomitiques calcaires ou marneuses ;

Généralement, les principales classes du sol rencontrées au niveau de la zone de PPNA sont le calcimagnésique, l'isohumique, les brunifiés et les sesquioxydes de fer.

#### 2.1.4 POPULATION

---

Exception faite de la commune rurale d'Ould Dlim où la population a décliné de -0,7% entre les deux recensements de 1994 et 2004, celles des autres provinces de la zone ont enregistré des taux d'accroissement allant de 0,4% à Khouribga à 2,7% à Settat. Il est à remarquer que la population rurale s'est accrue moins vite que la population urbaine, à cause de l'exode rural et probablement suite aux programmes de planning familial. La pression sur le foncier agricole n'a pas pour autant diminué. La demande sur les terres cultivables demeure toujours élevée, et se fait au détriment des terres de parcours. Ce qui aggrave davantage leur dégradation.

#### 2.1.5. CARACTERISTIQUES PHYTOECOLOGIQUES ET RESSOURCES PASTORALES

---

La zone du PPNA a été connue anciennement par sa vocation purement pastorale ; aujourd'hui, environ la moitié de la terre est utilisée pour les cultures pluviales, et le reste consiste en des parcours très dégradés. Le système de cultures s'appuie sur les céréales, de l'orge surtout, mais aussi du blé. On trouve surtout des exploitations de type familial (plus de la moitié font moins de 5 hectares), qui associent les céréales et l'élevage ovin en extensif.

Ces dernières décennies, avec le développement de périmètres de petites et moyennes hydrauliques, on assiste à un développement d'un élevage bovin destiné essentiellement à la production laitière.

L'étendue des parcours fait ressortir une diversité de milieux écologiques caractérisés par des variantes climatiques qui peuvent aller de l'aride au semi-aride, et des types de végétation franchement pastorale à des types de végétation à base d'espèces annuelles. Dans la zone de Chichaoua, Rhamna, Kalâat Sraghna, Safi et Youssoufia la végétation est du type steppiques très dégradée caractérisée par des formations sous forme de mosaïque à base de *Hammada scoparia*, *Anabasis aphylla*, *Atriplex halimus*, *Salsola vermiculata*, *Peganum harmala*, *Ziziphus lotus*, *Lycium intricatum*.... toujours accompagnées d'espèces annuelles ou d'autres espèces indicatrices de dégradation ou post-culturelles comme *Stipa capensis*, *Ferula communis*, *Asphodelus microcarpus*, *Eruca vesicaria* et plusieurs crucifères.

Dans la zone des provinces de Chaouia et de Khouribga, la végétation est constituée principalement de cultures. Elle est pour une grande part couverte de végétation annuelle, qui est utilisée comme pâturage en automne, en hiver et au début du printemps. L'été, les animaux se déplacent vers les terrains de culture pour le pâturage des chaumes.

La végétation est composée essentiellement d'espèces herbacées telles que *Asphodelus microcarpus*, *Rumex bucephalophorus*, *Plantago coronopus*, *Spergularia fimbriata*, *Lotus maroccanus*, *Vulpia myuros*, *Bromus rigidus* et *Paronychia argentea*. Cependant, certaines espèces pérennes recherchées, ligneuses notamment, pourraient se rétablir si elles étaient protégées de la pâture: *Chamaecytisus albidus*, *Retama monosperma*, *Sanguisorba minor*, *Dactylis glomerata* et *Piptatherum miliaceum*.

Le caractère aride à semi-aride de la zone de l'étude montre une dominance des terrains de parcours et des terres incultes. Sous les effets de l'explosion démographique et de l'augmentation des besoins des populations, la mise en culture de ces terrains a conduit à un fort rétrécissement de l'espace pastoral et par conséquent à sa dégradation par l'augmentation de la charge animale et du prolongement du séjour des animaux sur ces terrains.

Les niveaux de production sur ces terrains de parcours restent faibles et hautement saisonniers. Ils varient selon les conditions climatiques et la pression exercée par le cheptel. Ils sont estimés en année normale à environ 500 kg MS/ha. Cette production varie selon les

faciès pastoraux et le degré d'utilisation. Le bilan fourrager reste déficitaire puisque les besoins des troupeaux ne sont satisfaits qu'à un taux d'environ 48%.

## *2.2 SYSTEMES DE PRODUCTION*

---

Dans ces zones presque la totalité des ovins et caprins est concentrée sur les parcours. La productivité des parcours varie dans ces zones entre 100 et 240 UF/ha/an du fait d'une pluviométrie faible (autour de 250 mm) et irrégulière.

La charge ovine est en moyenne de 1,53 têtes/ha/an. Cette dernière varie selon les régions de la zone et peut atteindre 2,52 têtes/ha/an ; ce qui est très lourd pour le potentiel de production des parcours et des jachères.

L'élevage extensif sur les pâturages concerne des races locales résistantes de petits ruminants (ovins et caprins). Les bovins et les camelins, quant à eux, sont peu présents sur les parcours.

L'élevage sur parcours prend différentes formes, selon l'importance relative des terroirs agricole, pastoral et forestier. L'élevage des petits ruminants est très largement lié aux ressources alimentaires provenant des parcours, des jachères et des sous-produits de la céréaliculture. Le caractère extensif de l'élevage sur parcours se manifeste aussi au niveau de la conduite de la reproduction. Cette dernière n'est pas contrôlée, traduisant l'attitude opportuniste de l'éleveur dont la stratégie est basée sur le souci d'exploiter au maximum les unités fourragères (UF) pastorales gratuites.

La sous-alimentation des troupeaux est responsable de la forte mortalité des jeunes et des performances de croissance et de reproduction, largement en-deçà du potentiel génétique des races ovines nationales.

Avec l'extension des cultures aux dépens des pâturages, le développement de l'irrigation et la rapide croissance démographique, les systèmes de production associant les cultures et l'élevage se répandent de plus en plus dans la zone. Cette extension a engendré une diversité des systèmes d'élevage. Dans ce sens on peut relever :

- Le système pastoral, où le calendrier alimentaire est dominé par la pâture, qui dure huit mois, voire l'année entière. On rencontre des différences selon les zones agro-écologiques. Ainsi, dans les plaines et plateaux centraux et occidentaux, où la saison

végétative s'achève tôt, les parcours et les jachères sont utilisés jusqu'en avril-mai ; puis les animaux se nourrissent de chaumes de céréales jusqu'aux pluies d'automne.

- Le système agropastoral : ce système est très présent dans les régions où l'on pratique la culture pluviale et dans les périmètres irrigués. Sa caractéristique principale réside dans la contribution relativement importante de l'exploitation à l'alimentation du bétail ; celle-ci peut atteindre 50 pour cents des besoins du cheptel. Le calendrier alimentaire est le suivant: i) pâture sur les parcours et les jachères de janvier à mai; ii) pâture des chaumes de juin à octobre; iii) consommation de paille de céréales de septembre à mars et supplémentation par la production fourragère sur exploitation.
- Le système agro-sylvo-pastoral : c'est un système qui est présent dans moins de 10% de la zone. Il est représenté essentiellement dans la province de Khouribga. Sa caractéristique principale est la contribution relativement importante de la forêt dans l'alimentation du cheptel.

Notre recherche tente de couvrir les trois systèmes d'élevage, dans un premier temps par une caractérisation socio-environnementale et puis par la suite par la proposition d'alternatives qui peuvent être typiques ou atypiques pour les différents systèmes.

---

### *3. PROBLEMATIQUE DE RECHERCHE*

---

Dans les régions arides et semi-arides du Maroc, la céréaliculture est pratiquée souvent en association avec l'élevage. Les labours excessifs avec des outils inappropriés qui retournent le sol et remontent la matière organique qui se minéralise à la surface, sont à l'origine de la diminution continue de la matière organique, de l'augmentation de l'érosion éolienne et hydrique, et de la perte de l'eau par évaporation et ruissèlement. Par conséquent, l'efficacité de l'eau est réduite, ne permettant pas la diversification des cultures, surtout des fourrages légumineuses dans l'assolement, et poussant à l'exploitation des chaumes et résidus des céréales. Cette vulnérabilité devient de plus en plus importante à cause de la dépendance vis-à-vis du régime pluviométrique et des changements climatiques. De ce fait, les rendements des cultures sont aléatoires et fluctuent énormément, les productions animales restent modestes et en deçà de leur potentiel à cause de la faible disponibilité de fourrage et d'alternatives à la paille au niveau de l'exploitation, la fertilité de sol est affaiblie à cause de

l'érosion et la perte de la partie fertile du sol, et la compaction du sol qui favorise les pertes d'eau par ruissellement et évaporation.

Dans ces régions, le système de production agricole est basé sur la culture des céréales intégrée à l'élevage ovin. Les céréales sont souvent cultivées sans entretien spécifique. Ces cultures visent en priorité la production du grain pour l'alimentation humaine et animale. La biomasse, nécessaire pour l'alimentation du cheptel, reste le dernier souci des agriculteurs, sa prise en charge est confiée aux terrains de parcours collectifs dégradés et en réduction continue et/ou aux quelques ilots de jachère laissés pour cette fin.

Le système de production actuel du minimum input a permis dans ces régions le maintien de cette agriculture de subsistance. Mais sa durabilité est menacée par la dégradation constante des sols, et par le changement climatique. Tant qu'un nouveau système alternatif permettant plus de biomasse ne soit introduit, la durabilité du système actuel est mise en cause. Le système que nous voulons tester est l'introduction du semis direct dans ces zones avec ses composantes rotation des cultures et maintien des résidus, en intercalaire avec les arbustes fourragers. L'idée est de produire plus de biomasse pour l'animal durant la saison agricole et de la biomasse verte en été, tout en conservant et en valorisant les ressources hydriques et pédologiques.

---

#### *4. HYPOTHESES DE RECHERCHE*

---

Les recherches durant les trente dernières années au Maroc dans les zones arides et semi-arides ont démontré l'intérêt du semis direct (ou non-labour) dans l'amélioration de la production et la qualité du sol. Dans notre recherche, nous voulons montrer que le semis direct est davantage plus performant avec l'augmentation de l'aridité pourvu que la rotation des cultures et la restitution des résidus soient pratiquées. L'introduction des cultures fourragères diversifiées, en rotation avec les céréales en semis direct en zones arides et semi-arides avec l'introduction des arbustes fourragers en système alley cropping, est susceptible d'améliorer la qualité de sol et la production et la qualité des cultures et de l'élevage à travers notamment :

- La conservation et l'efficacité d'utilisation de l'eau par une gestion appropriée des cultures et des résidus de récolte de céréales ;

- La disponibilité des fourrages de meilleure qualité (plus de protéines) et la diminution de la pression sur les terrains de pâturage, avec une meilleure production de l'élevage ;
- L'amélioration de la fertilité azotée du sol par la fixation biologique des légumineuses;
- La réduction de l'érosion par les rangées d'arbustes, par la non perturbation du sol par semis direct, et par le maintien des résidus à la surface du sol servant comme mulch.

### *5. OBJECTIFS DE L'ETUDE*

---

L'objectif principal de notre recherche est de renforcer et promouvoir davantage l'intégration entre l'agriculture et l'élevage dans un contexte caractérisé par l'aridité du climat et la précarité des systèmes de production en se basant sur les principes de l'agriculture de conservation.

Les objectifs spécifiques de notre travail consistent à :

- Caractériser la zone d'étude et sa dynamique en tenant compte des changements climatiques survenues ces dernières décennies ;
- Trouver un compromis entre la nécessité de couverture du sol pour la réussite du semis direct et l'utilisation adéquate des résidus de cultures pour l'alimentation du cheptel ;
- Proposer et tester des alternatives alimentaires pour le cheptel dans le but de réduire la pression sur les résidus et d'assurer la production d'une partie ou de la totalité de l'alimentation du cheptel sur l'exploitation et par la suite réduire la facture de la supplémentation.

En vue d'atteindre les objectifs assignés à l'étude spécifiés en haut, celle-ci se déroulera en deux phases : i) le diagnostic de la situation actuelle à travers une caractérisation de l'état des lieux et de l'évolution des parcours et des terrains cultivés et la détermination et la caractérisation des systèmes de production; ii) le test d'alternatives appropriées pour l'amélioration des productions des cultures et de l'élevage et la préservation des ressources naturelles (sol, eau, biodiversité).

## 6. APPROCHES METHODOLOGIQUES

### 6.1 DYNAMIQUE D'ÉVOLUTION DES OCCUPATIONS DU SOL

#### 6.1.1 ÉVOLUTION DU CLIMAT

Pour des stratégies à long terme, les études d'évolution des occupations du sol doivent être principalement basées sur l'analyse des variables météorologiques et des systèmes de production agricole. En particulier, l'étude de la sécheresse météorologique joue un rôle déterminant dans un programme de lutte contre les effets du changement climatique sur l'agriculture (Rojas-Downing, 2017). Pour aborder notre travail, nous avons opté pour une étude fréquentielle du climat afin de déterminer le profil climatique de la zone d'étude pour les trente dernières années.

Pour ce faire, nous avons procédé, tout d'abord, à la constitution de bases de données climatique de la zone. Ainsi, nous avons procédé au téléchargement des données climatiques de différentes sous-zones de notre zone d'étude à partir du site TerraClimate (<http://www.climatologylab.org/terraclimate.html>). Les bases de données contiennent les paramètres climatiques les plus pertinents, à savoir les précipitations, la température et l'évapotranspiration. Ces données sont organisées sur une échelle mensuelle et annuelle. Ensuite, les différents paramètres de la statistique descriptive sont déterminés pour connaître la tendance centrale et la variabilité des différents paramètres. L'analyse de la variabilité climatique est réalisée, ensuite, sur les variables climatiques pertinentes disponibles.

Les indicateurs potentiels utilisés dans l'étude sur le climat visent à établir un système global de changement climatique à long terme. Cependant, compte tenu de la spécificité de la zone d'étude, un nombre limité d'indicateurs peut être proposé. Pour ce travail, nous avons utilisé l'indice de précipitation normalisé (SPI). Cet indice a été développé par Mckee et al. (1993). Il prend en considération l'importance du temps dans l'analyse de la disponibilité des ressources en eau. Ainsi, il peut être calculé à différentes échelles de temps (1,3, 6, 12, 24 et 48 mois). Ces échelles de temps reflètent l'impact de la sécheresse sur les différentes ressources en eau (Hayes et al 1999). D'après Guttman (1999), la procédure de détermination du SPI passe par les étapes suivantes :

- Détermination de la fonction de probabilité d'une longue série ;
- Calcul de la probabilité cumulée de la série considérée ;

- Normalisation de la série climatique pour que les valeurs du SPI suivent une loi normale centrée réduite avec une moyenne de 0 et un écart type de 1.

De ce fait, les valeurs du SPI positives correspondent aux précipitations supérieures à la médiane, alors que les précipitations inférieures à la médiane ont des valeurs négatives du SPI. Les valeurs du SPI sont calculées à l'aide du programme SPI (SPI\_SL\_6.exe).

La formule mathématique de l'SPI est la suivante :

$$\text{SPI} = (\text{pi} - \text{pm}) / \sigma$$

Où : Pi : Précipitation de l'année i    Pm : Précipitation moyenne     $\sigma$  : Déviation standard ou écart type

Le SPI permet de détecter le début et la fin de la sécheresse, sa durée, sa sévérité et sa magnitude. Les classes de sévérité sont définies par Mckee comme l'illustre le tableau 4 :

**Tableau 4 : Sévérité de la sécheresse selon le SPI de Mckee et al (1993)**

Valeur du SPI	Classes
Plus de 2,0	Extrêmement humide
1,5 à 1,99	Très humide
1,0 à 1,49	Modérément humide
-0,99 à 0,99	Proche de la normale
-1,0 à -1,49	Modérément sèche
-1,5 à -1,99	Sévèrement sèche
Moins de -2,0	Extrêmement sèche

## 6.1.2 ETUDE DE LA VEGETATION

La particularité des études menées sur les ressources fourragères dans les systèmes pastoraux tient à ce que la végétation est à la fois une des ressources alimentaires principales de l'élevage qu'il faut quantifier; et un paramètre majeur de l'environnement qui, à travers sa structure physique et floristique, peut être utilisé pour l'identification et la caractérisation de l'environnement. Aussi les objectifs de cette partie de travail sont-ils:

- la stratification de l'environnement dans lequel évolue le système pastoral de la zone d'étude à travers une étude phytoécologique;

- la caractérisation de la production fourragère de chaque ensemble écologique rencontré ;
- La détermination de la dynamique du couvert végétal.

#### 6.1.2.1 ETUDE PHYTOÉCOLOGIQUE

---

##### **a. Reconnaissance des types physiologiques de végétation**

La reconnaissance et la définition des types de végétation sont faites au cours d'une première phase de prospection, aidée par un zonage préalable en fonction de l'altitude, des conditions bioclimatiques et du substrat. Cette première étape donne une approximation intuitive des groupements végétaux qui est complétée par des relevés phytoécologiques.

##### **b. Relevés phytoécologiques**

L'inventaire des ressources fourragères est réalisé sur le terrain par des relevés de la végétation et du milieu. Un relevé consiste à noter systématiquement pour un site-échantillon les valeurs prises par une série de paramètres de la structure de la végétation et de l'environnement. Les paramètres notés pour la végétation sont: la structure des peuplements herbacés et ligneux (recouvrement, densité, fréquence, présence/absence, abondance /dominance), la composition floristique et la biomasse aérienne. Les paramètres de l'environnement ont trait aux caractéristiques géomorphologiques et édaphiques du site, mais aussi aux indications sur l'occupation du sol.

Il convient cependant de préciser que les relevés ne sont pas faits au hasard, mais dans des stations à végétation et sols présumés homogènes, compte tenu des conditions situationnelles de la composition floristique et de la nature du sol.

##### **c. Echantillonnage des relevés**

Les relevés sont choisis sur des cartes préliminaires issues des traitements des images satellitaires; ce qui permis d'étudier les variations corrélatives du sol et de la végétation en fonction de la topographie. La méthode d'échantillonnage adoptée est celle du dispositif aléatoire stratifié, étant donné qu'elle présente l'avantage d'adapter la densité d'échantillonnage (nombre de placettes par strate) aux conditions d'homogénéité des unités phytoécologiques.

### **e. Etude des types de végétation**

L'étude des types de végétation consiste à analyser les communautés végétales afin de ressortir les groupements végétaux définitifs.

L'analyse phytoécologique comporte des observations simultanées de deux ordres :

- Relevés des conditions stationnelles : ces observations consistent à placer le relevé phytoécologique dans son cadre géographique, géomorphologique, climatique, géologique et humain;
- Relevés floristiques.

La méthode employée pour la comparaison des relevés est l'analyse factorielle de correspondance (AFC). Il s'agit en fait de représenter dans un espace à trois ou quatre dimensions un ensemble d'observations et de variables (les relevés et les espèces) de telle manière que les ressemblances des objets analysés soient clairement mises en évidence.

A la suite de cette analyse, des sous-ensembles de relevés s'individualisent, plus ou moins aisément, constituant ainsi des sous-groupes de relevés floristiquement homogènes. Et grâce à la parfaite réversibilité de l'analyse, il est possible d'identifier les espèces caractéristiques de chaque sous-ensemble de relevés.

#### **6.1.2.2 QUANTIFICATION DES PARAMETRES DE LA VEGETATION**

---

La stratification de l'environnement écologique et la détermination des groupes phytoécologiques homogènes est une étape primordiale pour la détermination des profils spatiaux d'un écosystème. Cette étape permet de décrire qualitativement les éléments d'un système écologique. Cependant, elle ne saurait suffire sans une quantification des ressources végétales rencontrées. Cette étape permet de diagnostiquer en détail les différents paramètres de l'écosystème; ce qui est indispensable à la formulation de toute recommandation pour l'aménagement. De plus, la quantification de la végétation donne les éléments de réponse sur la productivité actuelle des parcours et renseigne sur le potentiel de production des systèmes écologiques.

La quantification a trait aux paramètres suivants :

- La composition floristique :
- Le recouvrement global aérien (RGA) ou spécifique (RSA) :
- La phytomasse des espèces des groupements végétaux :

### 6.1.2.3 CARTOGRAPHIE DES FORMATIONS ET FACIES PASTORAUX

---

#### **a. Choix des images**

L'étude de la végétation, en l'occurrence l'identification des principales formations et faciès de végétation, nécessite des images de haute résolution surtout que la zone est caractérisée par une végétation pastorale très dispersée et dont les réflectances spectrales de certaines espèces sont délicates à cerner.

Ainsi, et afin de réaliser une analyse plus fine à une plus grande résolution aussi bien spatiale que spectrale, nous avons opté pour l'usage d'imagerie satellitaire de type Landsat. L'acquisition des images, à des dates bien précises et pour l'étendue voulue, a été faite gratuitement sur le site USGS (United State Geological Survey, <http://glovis.usgs.gov/>). Le choix est porté sur des images coïncidant avec la période de l'étude, indemnes d'artéfacts et dont les dates d'acquisition correspondent aux périodes permettant de mieux classifier la végétation. Et vu que l'étude est intéressée aussi bien par les espèces pérennes qu'annuelles, le choix a été porté sur la période de printemps, préférablement les mois de Mars et Avril.

Or, étant donné que la zone est couverte par 3 scènes (figure 11), on s'est heurté aux contraintes suivantes :

- Les images disponibles correspondent à des dates d'acquisition qui ne coïncident pas toutes sur une même année à la période souhaitée (surtout les deux dernières années). Il a fallu donc opter pour des images prises sur les années 2017 et 2018, toujours sur les mois de mars et Avril.
- Pour certaines scènes, si la période est valable, la qualité d'un point de vue couverture par les nuages ne l'ai pas nécessairement. Ceci oblige à faire des choix pour d'autres dates. Le choix a été fait finalement sur des scènes qui ont moins de dix pourcent de couverture nuageuse.

- En termes de qualité, les scènes à dates valables, mais dont l'aspect est flou ou présentant d'autres problèmes de qualité ont été ignorées.
- Les scènes ETM+ présentent des artefacts ; seules les scènes TM ont été utilisées. Ainsi, les sélections faites ont abouties à 3 scènes Landsat\_8 pour les images récentes et 3 scènes TM pour les images de 1987 et 1988 utilisées pour l'étude de la dynamique d'évolution de l'occupation des sols. Ces scènes se présentent comme suit:
  - Landsat\_8 Benguerir : 29 mars 2017
  - Landsat\_8 Settat : 29 mars 2018
  - Landsat\_8 Khourbga : 14 Avril 2017
  - Landsat\_5 Benguerir : 27 mars 1987
  - Landsat\_5 Settat : 07 février 1988
  - Landsat\_5 Khouribga : 05 Avril 1987

La figure ci-après illustre la disposition de ces scènes par rapport à la zone d'étude en sa globalité.



*Figure 11 : Scènes Landsat retenues pour la classification de la végétation*

Les scènes Landsat\_8 permettent de capter des images couvrant un champ d'observation de 185x185 km en mode multispectral. Il permet d'obtenir sept bandes avec une résolution de 30x30 m, une bande à 60x60m et une bande à 15x15m. Les domaines spectraux explorés concernent le visible, le proche infrarouge et le moyen infrarouge ainsi que l'infrarouge thermique.

Les gammes spectrales des différentes bandes sont illustrées dans le tableau ci-après.

**Tableau 5 : Caractéristique des bandes des images Landsat utilisées (Source : USGS)**

Satellite	Radiomètre	Bandes spectrales (µm)	Domaine spectral	Résolution spatiale
Landsat-8 OLI	OLI et TIRS	1. [0,45-0,51]	Bleu	30m
		2. [0,52-0,60]	Vert	
		3. [0,63-0,69]	Rouge	
		4. [0,75-0,90]	Proche infrarouge	
		5. [1,55-1,75]	Infrarouge moyen	
		6. [2,09-2,35]	Infrarouge lointain	
		7. [10,40-12,50]	Infrarouge Thermique	60m
		P. [0,52-0,90]	Panchromatique	15m
Landsat-4-5	MSS et TM	1. [0,45-0,51]	Bleu	30m
		2. [0,52-0,60]	Vert	
		3. [0,63-0,69]	Rouge	
		4. [0,75-0,90]	Proche infrarouge	
		5. [1,55-1,75]	Infrarouge moyen	
		6. [2,09-2,35]	Infrarouge lointain	
		7. [10,40-12,50]	Infrarouge Thermique	120m

Les images ont été constituées par l'intégration des bandes 1 à 5. Ces bandes permettent chacune de contribuer à la discrimination entre les différents types d'occupation et aux différenciations entre les types de végétation.

L'ensemble des traitements d'image, de classification et d'analyse a été fait par les logiciels ERDAS Imagine et ARCGIS.

## **b. Prétraitement et mosaïcage des scènes**

Les scènes obtenues présentaient de légères nuances (luminosité et contraste) qui faisaient que leur mosaïcage en tant que telles engendrait des superpositions avec des limites relativement abruptes. Ainsi afin d'obtenir un mosaïcage aussi régulier que possible, les scènes ont subi un traitement d'harmonisation. L'image obtenue a été découpée par un mask de la zone d'étude.

## **c. Indices de végétation**

L'indice de végétation a été déterminé afin d'offrir une appréciation sur la spatialisation de la végétation à travers la zone d'étude.

L'indice SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) a été adopté car il est plus recommandé dans les zones à faible couverture végétale et où l'effet du sol nu est à prendre en considération. Il ressemble à NDVI mais en incluant un facteur de correction pour la brillance du sol.

$$NDVI = \frac{PIR - R}{(PIR + R)}$$

$$SAVI = \frac{PIR - R}{(PIR + R + L)} * (1 + L)$$

Où PIR est la valeur de la réflectance de la bande du proche infrarouge, R la valeur de la réflectance de la bande du rouge, L est le facteur de brillance du sol ; dans les zones à forte couverture de végétation, L = 0 (SAVI = NDVI); dans les zones sans végétation verte, L=1. Dans le cas de la présente étude, le SAVI a été calculé avec L = 0,5, valeur adoptée le plus souvent dans les zones à faible végétation.

Les couches NDVI et SAVI ont été incluses dans l'image en tant que bandes supplémentaires afin d'être pris en considération dans le processus de traitement de classification en vue d'améliorer la discrimination de la végétation et du sol.

## **d. Classification supervisée et identification des principaux faciès et occupations du sol**

Une fois les images mosaïquées, les principales formations et occupations des sols ont été générées en adoptant une classification supervisée. Ce type de classification se base sur le choix au niveau du terrain d'un ensemble de sites pour lesquels la végétation ou le type d'occupation sont connus, appelés « sites de vérités-terrain ». Ces sites sont utilisés pour

identifier les signatures spectrales pour les différentes classes d'occupation et permettent, ainsi, de classer automatiquement l'image.

La zone étant très vaste ; tout transect ne peut prétendre couvrir l'ensemble des formations existants dans la zone. Pour cela, une première interprétation basée sur la connaissance de la région et appuyée par un examen visuelle de l'image satellitaire, et prenant en considération l'accessibilité au terrain, a permis de raisonner des itinéraires qui permettraient de couvrir la majeure partie du territoire et recueillir un nombre de sites de « vérité-terrain » approprié et suffisant.

Des sorties de terrain ont été organisées à cet effet. Les sites de vérités de terrain ont été collectés pour les principales couvertures ayant des signatures spectrales différentes. Les sites en question ont été localisés par GPS et décrits à l'aide d'une fiche de description comprenant les informations pertinentes à la classification.

Les informations collectées au niveau des points visités ont été d'abord traitées et analysées par ACP pour aboutir à des regroupements en formations végétales.

Les classes retenues ont été réaffectées aux sites d'entraînement pour générer les données de signature spectrales qui ont été utilisées dans le processus de classification supervisée. Le traitement de ces signatures pour l'évaluation de la séparabilité des classes a été réalisé moyennant la matrice de convergence en considérant l'ensemble des six bandes composant l'image, y compris la couche du SAVI.

Pour chacune des classes d'occupation du sol une estimation de la superficie en hectare est donnée en se basant sur le nombre et la taille des pixels. La formule utilisée est la suivante :

$$\text{Superficie (ha)} = (\text{Nombre de pixels} \times \text{Surface de pixel}) / 10000$$

Les cartes élaborées représentent l'aspect physiologique des parcours à un moment donné et ne prétendent pas renseigner sur leur évolution future en termes quantitatifs, en particulier. Ceci demeure tributaire des conditions, climatiques et d'utilisation, ultérieures. Cependant, la tendance vers la dégradation du milieu naturel que dégage cette étude ne peut aucunement être remise en question et a été approchée par l'étude de la dynamique de l'occupation du sol.

#### 6.1.2.4 DYNAMIQUE DE LA VEGETATION

---

Ce travail consiste à faire, d'une part, une comparaison entre les différentes occupations du sol et donc d'en tirer les conclusions concernant leur évolution ou leur régression et d'autre part, de dégager l'ampleur de ces changements.

La dynamique de la végétation est approchée par une étude de télédétection diachronique sur une période de trente ans et utilisant deux images satellites pour chacune des trois zones retenues pour l'étude ; à savoir Rhamna, Settat et Khouribga.

Pour l'interprétation de l'occupation du sol, nous avons utilisé les données disponibles les plus proches des années de prise des images. Les études utilisées sont :

- L'étude de synthèse cartographique des parcours (ECAP), réalisée par l'Institut Agronomique et vétérinaire Hassan II (Berkat et Hammoumi, 1989), pour les images de 1987 et 1988;
- Les études phytoécologiques faisant partie de ce travail, pour les images des années 2017 et 2018.

##### **a. Stratification des images**

La stratification des images : cette partie du travail a pour but de délimiter grossièrement les différentes classes d'occupation du sol et de mettre en évidence leur composition. La procédure de traitement des images consiste à effectuer une interprétation de « premier niveau » en se basant sur les données cartographiques et thématiques existantes et raffiner le produit de la photo-interprétation par des sorties sur le terrain (vérité terrain).

##### **b. Indicateurs méso-géographiques**

Cette étape correspond à l'exploitation des résultats des traitements des images satellites ; à savoir les cartes d'occupation du sol. Le croisement de ces cartes avec les données exogènes permet de mettre en évidence les changements parvenus au niveau des principales classes d'occupation du sol (indicateurs méso-géographiques).

### **c. Détection des changements**

A partir de la combinaison des deux cartes d'occupation du sol sous format matriciel, nous avons pu obtenir la matrice d'évolution montrant les changements parvenus entre les différentes classes. Il est à signaler, dans ce sens, que cette méthode est recommandée plus pour les zones de culture, les forêts et généralement pour les zones à végétation dense et homogène. L'exploitation de cette matrice permet d'extraire les principales classes de changement en tenant compte des indicateurs méso-géographiques choisis. Elle permet également de calculer les surfaces de ces différentes classes.

---

## *6.2 CARACTERISATION DES SYSTEMES DE PRODUCTION*

---

### 6.2.1 DELIMITATION DES ZONES HOMOGENES

---

La délimitation de zones homogènes existantes dans la région d'étude est une étape nécessaire pour raisonner l'échantillonnage et distinguer les systèmes d'élevage ovin recherchés.

Trois sources d'informations ont été sollicitées pour rassembler les caractéristiques de la zone: les données monographiques et les informations disponibles sur la zone, les études antérieures, les résultats des micro-ateliers et les enquêtes structurées organisées avec les agriculteurs.

#### 6.2.1.1 EXPLOITATION DES DONNEES DISPONIBLES

---

Les données collectées lors des ateliers ont été complétées par les informations disponibles afin de les combiner pour ressortir avec des zones homogènes pour les critères étudiés. Les différents résultats de recherche sur les systèmes d'élevage de la zone, principalement les plus récents, ont été pris en considération.

#### 6.2.1.2 ATELIERS AUPRES DES AGRICULTEURS

---

Plusieurs ateliers ont été organisés avec les éleveurs de la région. Différents critères, jugés essentiels pour faire cette délimitation ou zonage, ont été retenus. Il s'agit essentiellement de :

- L'importance des précipitations ;
- Les types de parcours et leur degré de dégradation ;
- La mise en culture des parcours et l'importance des espaces agricoles ;

- L'importance des effectifs élevés d'ovins, de caprins et de bovins ;
- Les types d'élevages (naisseur, engraisseur, multiplicateur) ;
- La présence d'organisations de base (coopératives, associations).

Bien que les données recueillies dans ces ateliers ne soient pas complètes pour toutes les communes et pour tous les critères préétablis ; ils nous ont permis, néanmoins, de faire une délimitation préliminaire de la zone pour les principaux critères précités.

#### 6.2.1.3 DEFINITION DES ZONES HOMOGENES

---

L'analyse des informations recueillies au niveau des micro-ateliers et des données monographiques disponibles, ainsi que les résultats des études antérieures nous ont amenés à retenir trois critères importants pour la distinction entre zones homogènes. Il s'agit de :

- Importance de l'espace pastoral : Il va de soi que la présence des parcours est très liée à l'existence des systèmes pastoraux, mais c'est leur étendu qui reste l'un des facteurs qui influence le mode de gestion et de conduite de ces systèmes de production notamment quant à l'alimentation des animaux.
- Etat et type de parcours : Il est évident que les stratégies adoptées par les éleveurs pour le mode de conduite de leurs troupeaux sont très liées à l'état et au type de parcours exploités. Le raisonnement de la mobilité (déplacement) ainsi que le recours à la supplémentation en sont très dépendants.
- Pluviométrie: Elle a un effet direct sur l'évolution et les changements opérés au niveau des systèmes de production animale et des systèmes d'élevage. Le raisonnement de la mobilité, le recours à la supplémentation, le défrichement des terres de parcours, l'émigration, le recours à des activités extra-agricoles, etc., sont autant d'actions dictées et/ou influencées par le facteur pluviométrique.

#### 6.2.1.4 ENQUETES SUR LES SYSTEMES DE PRODUCTION

---

Une typologie n'est rien d'autre qu'un outil servant à classer les objectifs d'étude selon nos priorités et nos besoins. Elle dépend de nos préconceptions et des conditions existantes à un moment donné dans un lieu donné. Il n'en demeure pas moins qu'une typologie doit révéler et

expliquer les conditions qui existent au moment de la réalisation de l'étude. Les données sont exploitées pour identifier les caractéristiques systématiques des systèmes de production en ce qui concerne chaque zone et les rendre homogènes.

Pour élaborer une typologie des systèmes de production, il est nécessaire de reconstituer le caractère imbriqué des composantes du système tout en tenant compte des limitations qu'impose l'environnement agro-écologique. Les analyses effectuées ont été appliquées de manière à garantir ce résultat. Ces analyses sont faites en trois étapes :

- Identification et élaboration d'indicateurs « clés » permettant de refléter les composantes des systèmes;
- Classification des exploitations d'élevage selon des variables systématiques de ces composantes;
- Validation des typologies qui en découlent avec les populations concernées.

L'analyse exploratoire des données a permis d'identifier un certain nombre d'indicateurs clés à même de refléter une variabilité notoire entre systèmes. Ces indicateurs ont été regroupés en trois grands pôles (animal, terroir, homme). Une partie de ces variables ont été retenues finalement pour procéder à la caractérisation des systèmes d'élevage.

#### 6.2.2 METHODE D'ANALYSE DES DONNEES

---

Les données obtenues à partir de ce travail sont de deux types ; des données qualitatives issues des entretiens semi-structurés et d'autres quantitatives obtenues par enquêtes formelles.

Les données qualitatives sont dépouillées, analysées et interprétées directement pour la stratification de l'environnement de l'étude, dégager les indicateurs clés pour préparer les enquêtes et pour la description sommaire des systèmes de production. Alors que les données quantitatives issues des enquêtes aient été traitées à l'aide du logiciel SPSS. Elles ont servi, par la suite, pour la caractérisation des principales composantes des systèmes de production.

## 6.3 DIVERSIFICATION ET AMELIORATION DES APPORTS FOURRAGERS

### 6.3.1 OPTIMISATION DE LA GESTION DES RESIDUS DE CULTURE

La mise en œuvre des pratiques d'agriculture de conservation nécessite une quantité minimale de biomasse pour maintenir et améliorer les propriétés chimiques, physiques et biologiques du sol; et lutter contre la dégradation du sol. L'accumulation de paillis sur un sol non perturbé apporte protection et nourriture à une vie intense du sol, ce qui donne au sol une structure stable et favorable et une quantité toujours suffisante de macropores facilitant l'infiltration de l'eau.

Dans plusieurs régions, l'agriculture et l'élevage sont en compétition sur cette ressource, qui doit être gérée de façon appropriée pour être compatibles avec l'Agriculture de Conservation (AC).

Au niveau de la zone, chez un agriculteur qui pratique le semis direct, une évaluation des résidus a montré qu'en absence de pâturage de chaume le taux de couverture du sol était en moyenne de 60 %. Ce taux de couverture, fort important pour l'activité biologique du sol, a posé, néanmoins, des problèmes lors de semis de la parcelle en question. En effet, l'accumulation de résidus au niveau des 'socs' de semoir a perturbé l'avancée de celui-ci d'une part, et a affecté la levée des plants dans les endroits d'accumulation des résidus, d'autre part.

L'objectif de cette partie de travail étant donc de trouver un compromis entre le besoin en couverture du sol pour la bonne réussite du semis direct et les conditions adéquates pour un bon travail au niveau du champs, tout en préservant une ressource fourragère fort importante dans le calendrier fourrager au niveau de la zone ; le chaume. Il s'agit, en fait, de trouver un compromis entre la nécessité de couverture du sol pour la réussite du semis direct et l'utilisation adéquate des résidus de cultures pour l'alimentation du cheptel.

Deux essais ont été conduits pour répondre à cet objectif :

- Essai sur le niveau de résidus laissé après récolte, il a été conduit en deux années ; sèche (2015-2016) et normale (2016-2017)
- Essai sur les effets des résidus sur les cultures de l'année suivantes, il a été conduit en une année (2017-2018). En principe, cet essai devait être lui aussi suivi en deux

années, mais les niveaux très bas de résidus laissés pendant l'année sèche (2015-2016) ne permettaient pas de mener à bien ce travail.

### Choix des parcelles

L'essai sur les résidus de cultures est conduit en station. Quatre parcelles sont clôturées après la moisson. Les quantités de résidus par parcelle sont estimées au début et à la fin de la pâture. Des capacités de charge des animaux (charge animale par unité de temps) différentes sont appliquées de telle façon que les quantités de résidus restantes soient respectivement de 100, 50 et 25%.

L'essai est suivi pendant deux années pour couvrir le cycle de la rotation (mélange fourrager, céréale), tout en ajustant la proportion de résidus de culture afin d'arriver à un optimum adaptable au niveau de la région sous un système d'agriculture de conservation. Les deux années de l'essai étaient très contrastées, en effet, la campagne 2015-2016 était une année sèche alors que celle de 2016-2017 était relativement normale.

### Choix des cultures

Des céréales (Blé, Triticale et avoine) et des mélanges fourragers (Pois fourrager-Orge et Vesce-Avoine) en rotation sont établies pendant deux années successives.

### Choix des traitements

Les traitements adoptés pour l'essai sur le niveau de résidus sont issus d'une combinaison entre le niveau de coupe de la récolte pendant la moisson et l'intensité de pâturage des chaumes. Le premier facteur comporte deux niveaux ; coupe juste au-dessous de l'épis et coupe normale (10 à 20 cm du sol). Le deuxième facteur comporte trois niveaux ; aucun pâturage, la moitié des résidus prélevés et 3/4 des résidus prélevés. Les combinaisons retenues pour l'essai sont :

- P1: Coupe au niveau des épis et pas de pâturage ;
- P2: Coupe normale, paille enlevée et pas de pâturages
- P3: Coupe normale, paille enlevée et 50% de pâturage (la moitié des résidus prélevés)
- P4: Coupe normale, paille enlevée et 75% de pâturage (3/4 des résidus prélevés)

Il est à signaler que la logique derrière ces traitements est d'avoir des niveaux de résidus contrastés et suffisamment distincts pour pouvoir trancher sur le niveau optimal à préconiser

pour notre zone d'étude. Partant de cette dernière hypothèse, il paraît évident que le premier traitement (P1) ne sera pris qu'à titre indicatif d'une situation idéale, qui en aucun cas ne correspond à la réalité de notre zone. Tandis que le deuxième traitement (P2) représente la situation témoin.

### Observations

Pendant les deux années de l'essai et juste après la récolte, les mesures des quantités de résidus sont réalisées sur des quadrats de 50 x 50 cm posé à la surface du sol au niveau des différentes parcelles. Sur chaque parcelle, 10 sites sont sélectionnés d'une manière aléatoire pour la mesure des quantités des résidus de culture avant et après le pâturage.

Le deuxième essai a été conduit pendant la campagne 2017-2018 qui était relativement favorable, mais avec une variation intra-annuelle très marquée. Cet essai vient en continuité de l'essai sur les résidus de la campagne normale (2016-2017) pour répondre au deuxième objectif de cette activité qui consiste à déterminer l'effet des niveaux de résidus sur la culture de la campagne suivante.

Pendant cette campagne, un suivi de l'évolution des cultures au niveau de chaque parcelle expérimentale a été effectué. Les mesures sont faites sur des quadrats de 50 x 50 cm choisis d'une manière aléatoire. Pour chaque parcelle, 10 prélèvements ont été effectués concernant la densité de la culture et la production de biomasse verte et sèche.

La production en matière sèche du mélange fourrager Vesce/Avoine (Parcelles P1, P2 et P3) et du triticale (P4) a été suivie le long du cycle de croissance des cultures. Pour les parcelles P1, P2 et P3, la biomasse a été calculée pour l'avoine (A), la vesce (V) et les adventices graminoides (G) et non graminoides (ANG) et pour la parcelle P4, la biomasse a été calculée pour le triticale et les deux groupes d'adventices (G et ANG). Les données ont été prélevées pour toutes les parcelles correspondantes aux quatre traitements pendant quatre périodes (janvier, février, mars et avril).

Les données recueillies pour cet essai sont les suivantes:

- Les quantités des résidus de culture avant et après le pâturage et leur valeur nutritive pour les deux premières campagnes (2015-2016 et 2016-2017) ;

- La production des cultures (densité, biomasse fraîche et biomasse sèche) pour la campagne (2017-2018).

### 6.3.2 DEVELOPPENT ET TESTE D'OPTIONS ALTERNATIVES D'ALIMENTATION POUR LE CHEPTEL

#### 6.2.3.1 DIVERSIFICATION DES CULTURES FOURRAGERES ANNUELLES

---

Au niveau de la zone des PPNA, l'agriculture pluviale est dominée par les céréales. De point de vue occupation du sol, l'orge vient en première suivi par le blé tendre, puis le blé dur et vient ensuite les autres espèces (maïs, avoine, triticale,...).

La technique de la jachère enherbée est une pratique très ancienne dans la région. Elle connaît une réduction suite à la pression accrue sur les terrains agricoles. Le rôle principal de la jachère est la fourniture des unités fourragères gratuites le long des cycles des cultures pour répondre aux besoins de l'élevage.

Par ailleurs, malgré l'importance de l'élevage dans la région, la sole fourragère reste très limitée et dominée par l'orge en Bour et la luzerne au niveau des ilots irrigués (MAPM, 2016).

Le grand challenge pour l'élevage au niveau de la région est la diversification des ressources alimentaires du bétail. Actuellement les principales ressources pour l'alimentation du cheptel sont les parcours, les sous-produits des cultures céréalières, les sous-produits de l'agro-industrie et dans une moindre part les cultures fourragères. Les parcours et la jachère contribuent en moyenne par 36% à l'alimentation animale. Les grains de céréales, principalement l'orge, fournissent 11% des besoins alimentaires du bétail. La paille et les chaumes offrent 30% des besoins totaux de l'alimentation du bétail et sont disponibles principalement au cours de l'été, l'automne et début d'hiver.

Les essais réalisés dans cette partie de travail, visent à introduire des cultures fourragères de bonne qualité au niveau de la région pour substituer les chaumes et augmenter la disponibilité des ressources alimentaires pour le bétail.

L'objectif est de fournir une alimentation alternative pour les animaux pour compenser une partie des chaumes à restituer au sol, d'une part et d'autre part, réduire les dépenses alimentaire du cheptel au niveau de l'exploitation.

### **a. Essai en station**

Des parcelles expérimentales conduites en semis direct ont été utilisées pour ces essais. Dans chaque parcelle, une rotation biennale à base de céréales et de mélanges fourragers a été installée.

Les fourrages testés sont à base d'orge, d'avoine, de Triticale et des mélanges pois fourrager/orge et vesce/avoine. La quantité de semences et d'engrais appliquée est de 100 kg/ha chacun et la proportion de la semence dans les mélanges est de 75 % pour la légumineuse et 25% pour la céréale.

Les essais ont été semés en novembre-décembre 2017 et récoltés en mai 2018. Le long du cycle, les échantillons ont été prélevés pour estimer la densité des plants et le poids frais du fourrage. Les prélèvements ont été faits sur des quadras de 1m x 1m placés au hasard dans chaque parcelle.

Après la récolte, le rendement en foin, protéines brutes, matières minérales et de matières sèches ont été estimés pour tous les traitements.

### **b. Essai en milieu réel**

Des parcelles ont été retenues pour le suivi des essais dans deux zones contrastées (Oued Zeem et Rhamna). Les parcelles suivies ont été choisies de manière à représenter la diversité de la zone correspondante. Ces parcelles pilotes sont prises comme plateforme de veille technique et scientifique (Research Managed Trials : RMT).

Quatre hectares par plateforme ont été semés par des cultures fourragères en monoculture; l'orge, l'avoine et le triticale et par le mélange fourrager orge/pois fourrager et/ou vesce/avoine. Le tout a été installé par semis direct. La dose de semis était de 100 kg/ha avec la combinaison 1/3 pour la céréale et 2/3 pour la légumineuse pour les mélanges fourragers.

L'estimation des productions ont été faites au niveau de chaque parcelle par échantillonnage de quadras d'un m<sup>2</sup>. Les paramètres estimés sont la densité et le poids de la matière verte, au niveau de la parcelle et puis le poids de la matière sèche, la matière minérale, les constituants pariétaux et la matière azoté totale, au niveau du laboratoire.

### 6.2.3.2 ETUDE COMPARATIVE DES DIFFERENTES RESSOURCES FOURRAGERES

La région est caractérisée dans sa globalité par un climat aride et semi-aride (ADA, 2012). Ce climat se distingue par une saison sèche qui s'étend sur la plus grande partie de l'année et une saison humide, avec de faibles précipitations (100 à 400 mm/an). Dans ces conditions, il est clair de rencontrer un déséquilibre des disponibilités fourragères entre la période sèche (Juin à Novembre) et la période pluvieuse. Durant la période sèche, l'alimentation du cheptel est constituée principalement d'aliments à faible valeur nutritive (chaumes, paille). De ce fait, le gain réalisé par les animaux durant la période pluvieuse est perdu durant la période sèche.

Dans le but d'assurer la disponibilité fourragère toute l'année et avec une qualité meilleur, l'introduction de ressources fourragères diverses s'avère une stratégie probante. C'est dans cet esprit que nous avons travaillé sur de nombreuses combinaisons du fourrage, allant de monoculture à base de céréales (orge, triticale, avoine) jusqu'à des combinaisons de cultures qui englobent plusieurs espèces de graminées et légumineuses en mélange. De même, nous avons largement testé les plantations d'arbustes fourragers qui tout en se couvrant de feuilles nouvelles ou fructifiant abondamment en fin de saison sèche, ils apportent donc au bétail un complément alimentaire important, au moment où le fourrage herbacé ce fait rare et de faible valeur nutritive.

En outre, la pratique des mélanges fourragers (graminées-légumineuses) est l'une des pratiques utilisées pour obtenir une production fourragère à biomasse élevée avec une bonne valeur nutritive. Ce choix peut être justifié par la production importante de biomasse herbacée par les graminées, d'une part et d'autre part, par la richesse en azote des légumineuses.

Cette étude a pour objectifs d'évaluer la production des ressources fourragères dans les zones arides et semi-arides sous différents systèmes de cultures et déterminer le rôle que pourrait jouer les arbustes dans l'amélioration de la production fourragère et ses effets sur la biomasse herbacée.

#### **a. Description du site d'étude**

L'étude a été conduite au sein du centre régional de la recherche agricole (INRA) à Settat dans une zone caractérisé par un climat semi-aride et un sol de type calcimagnésique. Les

conditions climatiques sont caractérisées par des pluviométries variables depuis le mois novembre 2017 jusqu'au mois avril 2018, date de dernier prélèvement.

#### **b. Matériel végétal**

Les espèces végétales testées dans ce travail restent casées dans les espèces adaptées et/ou adaptables aux conditions agro-écologiques et socioéconomique de la zone d'étude, ces espèces sont :

- L'orge (*Hordum vulgare*)
- Pois fourrager (*Pisum sativum*)
- *Atriplex nummularia*
- *Médicago arborea*

#### **c. Méthodologie du travail**

Ce travail a été conduit sur sept parcelles d'un hectare chacune. Deux parcelles sont plantées en intercalaire par des arbustes fourragers, l'une planté par l'*Atriplex nummularia* et l'autre par *Medicago Arborera* et *Atriplex nummularia*. Les deux parcelles sont semées par l'orge entre les lignes. Les cinq autres parcelles sont cultivées sans arbustes ; quatre semées par l'orge et la cinquième semée par le mélange orge et pois fourrager.

Le semis a eu lieu fin novembre 2017 et au début du moi mai 2018, nous avons procédé à la récolte du fourrage.

Les parcelles se présentent, avec leur numéro d'identification et les cultures qu'elles abritent, comme suit :

- Parcelle n°3 : orge
- Parcelle n°4 : orge en interligne avec *Atriplex nummularia* et *Medicago arborera*
- Parcelle n°5 : orge en interligne avec *Atriplex nummularia*
- Parcelle n°6 : orge

- Parcelle n°7 : orge
- Parcelle n°8 : orge
- Parcelle n°12 : orge et pois fourrager

Les arbustes fourragers ont été plantés depuis la campagne 2013-2014, dans des sillons de 30 à 40 cm de profondeur aménagés suivant les lignes de contours. Deux espèces arbustives (*Altriplex nummularia* et *Medicago Arborea*) ont été planté d'une manière alterné sur les lignes dans la parcelle 4.

Dans chaque parcelle et pour chaque période de prélèvement, nous choisissons aléatoirement dix placettes d'un mètre carré. Au sein de chaque placette, nous procédons au comptage des plants par espèce pour les cultures principales (orge et petit pois) et globale pour les plants des adventices.

Le prélèvement est suivi immédiatement par la mesure du poids vert, puis le poids sèche après passage à l'étuve.

Les observations retenues pour cette étude sont la densité et la biomasse de végétation en matière verte et en matière sèche. Les traitements que nous avons étudiés sont :

- Comparaison entre les parcelles en monoculture (espèces annuelles)
- Comparaison entre parcelles en monoculture et celles en polyculture (espèces annuelles)
- Comparaison entre les parcelles en alley-cropping
- Comparaison entre les parcelles en monoculture et les parcelles en alley-cropping

#### 6.2.3.3 INTRODUCTION DES ARBUSTES FOURRAGERS EN ALLEY CROPPING

---

Dans les zones arides et semi-arides méditerranéennes la production fourragère est limitée par l'aridité, une réalité qui est à la fois inévitable et imprévisible. En effet, à cause des sécheresses de plus en plus fréquentes, la population animale connaît des pertes considérables en termes de productivité, principalement à cause du manque de disponibilités alimentaires durant des périodes critiques de l'année, surtout en aliments riches en protéines.

Ainsi, combler le déficit fourrager dépend en grande partie de la diversification des ressources alimentaires et de la disponibilité d'espèces de meilleure tolérance aux stress hydrique en particulier. L'exploitation rationnelle de ces zones devra être axée sur la restitution d'un couvert végétal apte à produire même au cours des saisons critiques de sécheresse ou de froid.

Dans ce cadre, la plantation d'arbustes fourragers constitue un élément de stabilité et un moyen efficace pour mitiger les effets de la sécheresse sur les systèmes de production animale (Le Houérou, 2002). Dans le but de diversifier le matériel végétal arbustif, la luzerne arborescente (*Medicago arborea*), spontanée dans le Bassin Méditerranéen (Villax, 1963), et qui est une espèce de haute appétibilité (Otal et al, 1991) et avec un contenu protéique élevé (environ 20 % MAT) (Saadani et al, 1989 ; De Koning and Duncan, 2000), serait une possible alternative. De plus, l'introduction d'arbustes fourragers légumineux de type *Medicago arborea* dans le système de cultures en association avec de l'orge ou des espèces fourragères, réduira l'impact de telles périodes en améliorant les disponibilités fourragères. Ceci améliorera aussi la stabilité de l'écosystème en améliorant la fertilité du sol et en réduisant le potentiel d'érosion hydrique et éolienne.

L'objectif de cette partie de travail consiste en :

- Evaluation du potentiel de *Medicago arborea* (luzerne arborescente) dans un système d'alley cropping avec des cultures fourragères intercalaires ;
- Evaluation de la productivité du feuillage de la luzerne arborescente ;
- Suivi de l'évolution de la valeur nutritionnelle du feuillage de la luzerne arborescente ;
- Détermination de la fréquence et de la hauteur optimale de coupe de cet arbuste.

#### **a. Matériel utilisé**

Afin de répondre aux objectifs fixés, nous avons utilisé une parcelle de 1 ha plantée en 2012. Les plants sont installés à une densité de 4m x10m. L'espèce fourragère intercalaire semée est l'orge.

**b. Mesures effectuées**

Les mesures effectuées ont concerné l'évolution mensuelle de la hauteur des plants de *Medicago arborea*, l'évolution de la floraison et de la formation des gousses, l'estimation de la biomasse totale et de la culture fourragère intercalaire, ainsi que l'analyse de la composition chimique du feuillage de l'arbuste.

---

## RESULTATS ET DISCUSSION

---

### *1. DYNAMIQUE D'EVOLUTION DE L'OCCUPATION DU SOL*

#### *1.1 INTRODUCTION*

---

Le Maroc, pays de transition bioclimatique et écologique, possède des ressources fragiles menacées de dégradation rapide en cas de surexploitation. Les sols sont très vulnérables et largement soumis à l'érosion, la forêt est en recul rapide, les espaces steppiques sont menacés par la désertification et les biotopes précieux sont constamment et irrémédiablement perdus.

Les parcours sont particulièrement importants (53 millions d'hectares), en particulier dans les zones arides où prédominent les terres collectives (MADR, 2003). Ils constituent le déterminant de l'équilibre écosystémique aux niveaux social, économique et environnemental. Ils représentent un patrimoine naturel riche et impressionnant qui contribue de manière substantielle au développement économique de ces régions grâce à l'élevage.

Dans ces zones, la croissance démographique a entraîné une forte pression anthropique sur les ressources naturelles. Les conséquences sont la régression de la couverture végétale, la diminution de la productivité et la diminution de l'aptitude du sol à stocker de l'eau.

La baisse de la production fourragère et la réduction des espèces pastorales sont la principale illustration des perturbations écologiques. Ils sont donc confrontés à divers problèmes qui peuvent être classés en deux grandes catégories: technico-institutionnels et écologiques.

En ce qui concerne les problèmes techniques et institutionnels, l'exploitation anarchique des parcours est due d'une part à l'insuffisance des modèles d'amélioration pastorales simples et faciles à mettre en œuvre et impliquant les communautés pastorales (El Koudrim et al. 2014), Et d'autre part, le statut foncier collectif. Ce dernier fait en sorte que l'éleveur, ayant un troupeau privé, cherche un profit à moindre coût et au détriment des ressources pastorales, c'est ce qu'a été qualifié de « Tragédie du commun » par Hardin, déjà en 1968. Les parcours sont alors exploités abusivement sans aucun investissement consenti par les utilisateurs.

D'un point de vue écologique, les pâturages sont le théâtre d'un déséquilibre écologique négatif et continu, accompagné d'une dégradation inexorable résultant du surpâturage, du défrichage et de la mise en culture (Berkat et Hammoudi. 1989, El Koudrim et al., 2003, El

Koudrim et al., 2014). Le résultat est une faible production et une baisse de la qualité du fourrage de ces espaces.

L'occupation des terres est une variable fondamentale pour la compréhension de l'environnement. Cette thématique est devenue incontournable dans la plupart des inventaires cartographiques et de suivi des phénomènes environnementaux. Le suivi des espaces végétaux dans les zones arides et semi-arides du territoire marocain est désormais indispensable pour les décideurs politiques comme pour les scientifiques. A travers ce chapitre, nous essayons de caractériser l'environnement agropastoral de notre zone d'étude et de déterminer sa dynamique d'évolution à travers des analyses climatiques et agro-écologiques.

---

## *1.2 DYNAMIQUE D'EVOLUTION DES PARCOURS AU NIVEAU DE RHAMNA*

---

### 1.2.1 INTRODUCTION

---

Rhamna est une zone agro-pastorale caractérisée par un climat aride. Il fait partie des écosystèmes pastoraux classés comme moyennement dégradés à dégradés (Berkat et al., 1992). Mais actuellement, ces pâturages connaissent une dégradation accrue qui les place plutôt parmi les écosystèmes les plus dégradés. Malheureusement, il manque beaucoup d'informations sur le niveau de dégradation et la résilience des pâturages.

Or, il existe un intérêt croissant pour comprendre l'interaction du changement climatique et de la production agricole, ce qui motive de nombreuses recherches (Aydinalp et Cresser, 2008). Cependant, les recherches concernant l'impact du changement climatique sur les ressources pastorales et la production animale sur parcours sont encore limitées (IPCC, 2014). Pourtant, le diagnostic et l'analyse de l'état des terres de parcours, en relation avec les activités humaines et le changement climatique, est une condition préalable à toute tentative de réhabilitation adaptée aux contextes social, économique et géographique.

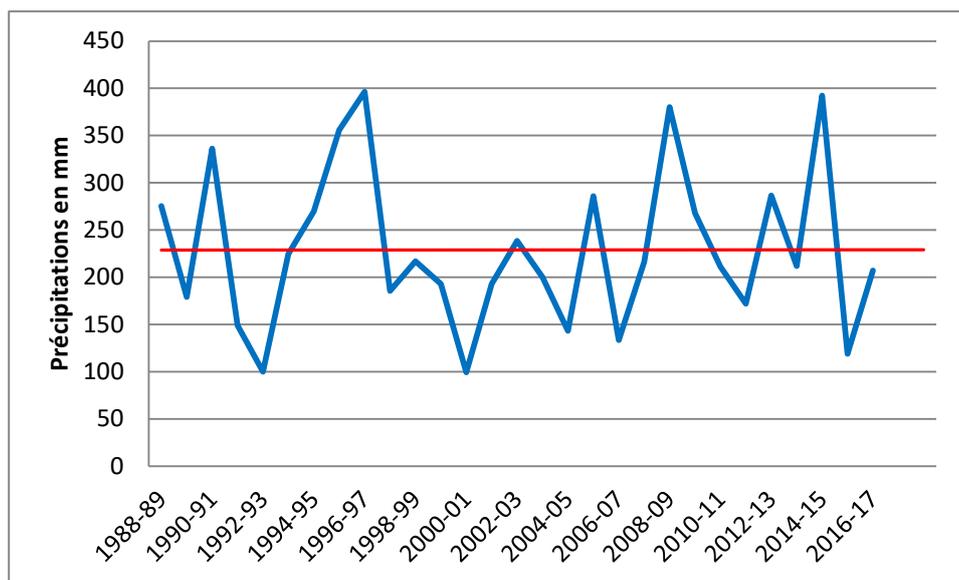
### 1.2.2 ETUDE CLIMATIQUE

---

Au niveau de Rhamna, la sécheresse contribue à la réduction de la couverture du sol et à la détérioration des terres et, partant, à la vulnérabilité accrue des sols à l'érosion. Dans cette région, la sécheresse conduit à la dégradation des plantes autochtones protectrices du sol et de haute valeur pastorale et l'apparition d'autres plantes indicatrices de dégradation, souvent éphémères et non consommées par les animaux. De même, le déficit hydrique et la hausse des températures réduisent considérablement la capacité de production des terres agricoles.

### 1.2.2.1 ANALYSE DES PRECIPITATIONS

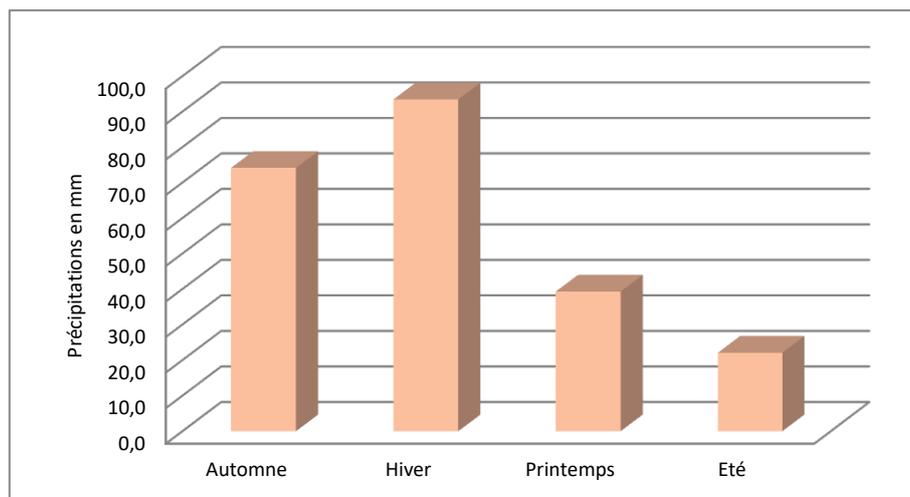
Les résultats de l'analyse de la variabilité climatique montrent que sur les trois dernières décennies, les précipitations annuelles moyennes sont d'environ 230 mm/an. Le minimum est de 99,4 mm enregistré au cours de la campagne 2000/2001 et le maximum est de 396,4 mm au cours de 1996/97. Nous pouvons également noter, à l'instar de la plupart des zones arides (Benzarti et al., 2001), une distribution très variable des précipitations annuelles (Figure 12) avec un coefficient de variation de 34%.



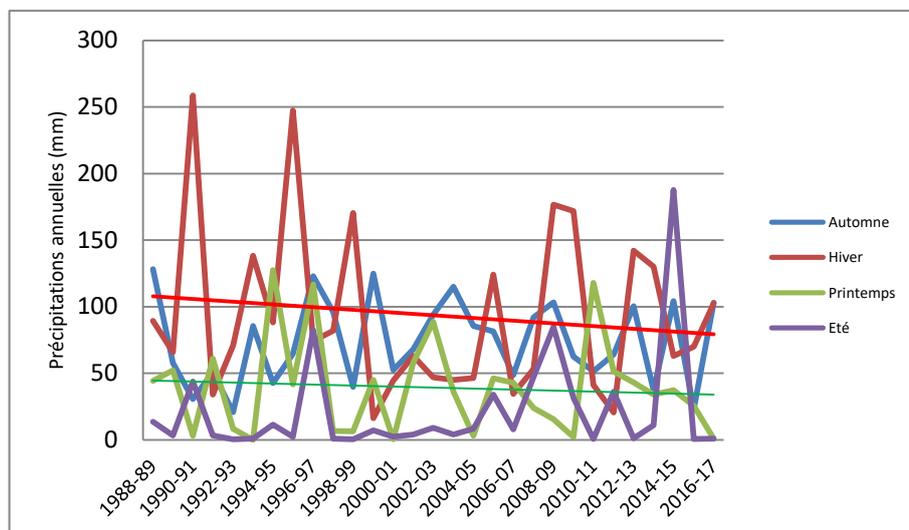
*Figure 12: Variation des précipitations moyennes annuelles (Province Rhamna)*

L'analyse des précipitations saisonnières montre que le mode de précipitation dans cette région est automne-hivers (Figure 13). De plus, les analyses de tendance indiquent qu'une réduction des précipitations a été enregistrée en hiver et au printemps respectivement de 24% et 6.5% au cours des trois dernières décennies (Figure 14).

La conséquence importante de la diminution des précipitations au printemps est une réduction de la production des pâturages. En effet, le printemps correspond, pour la plupart des plantes vivaces, à la période de remplissage des graines. Un déficit en eau pendant cette période aurait pour conséquence une réduction de la production de semences et une diminution du stock semencier du sol. Cela affecte négativement la production des parcours, même si les conditions climatiques seraient favorables les années ultérieures. De la même manière, la croissance végétative est fortement affectée à cause du déficit hydrique pendant ces deux saisons critiques.



**Figure 13 : Précipitations saisonnières moyennes (Province Rhamna)**



**Figure 14 : Tendence des précipitations saisonnières (Province Rhamna)**

Pour les plantes annuelles, qui participent également à l'offre fourrager, le printemps est aussi la période la plus critique. Un déficit en eau pendant cette période, correspondant à la fin du cycle végétatif, entraînerait par conséquent une diminution de la croissance et une réduction de la biomasse fourragère. En effet, une relation linéaire a été établie entre les précipitations, en particulier la pluie effective, et la biomasse herbacée (Grouzis et Albergel, 1989). De même, la germination des graines de la plupart des plantes de cette catégorie est limitée par un déficit en précipitations hivernales.

En conséquence, une réduction de la disponibilité des plantes annuelles provoque une surcharge des plantes pérennes, ce qui induit une réduction et une destruction de ces plantes, entraînant ainsi la dégradation observée dans ces pâturages.

Pour les céréales, la période printanière correspond à la phase de remplissage des graines et tout déficit en eau pendant cette période aurait pour conséquence une réduction très importante de la production céréalière. La culture des céréales dans cette région ne se justifie donc pas du point de vue agronomique et économique.

Paradoxalement, malgré la réduction des précipitations, la mise en culture des pâturages s'est considérablement accrue au cours des dernières décennies, à l'instar des autres zones pastorales du Maroc (El koudrim et al, 2003). Cela confirme que la véritable raison de cette pratique est l'appropriation des terres collectives (El koudrim et al, 2006, El koudrim, 2014).

### 1.2.2.2 ANALYSE DE LA SECHERESSE

L'analyse des données relatives à l'Indice de Précipitation Standardisé (SPI) pour trois mois, qui caractérise la sécheresse agronomique (Barakat et Handoufe 1998), montre que durant les trois dernières décennies, la moitié des années ont été sèches (Figure 15). De plus, la valeur de l'indice de sécheresse indique que 1992/1993 et 2015/2016 sont les années les plus sèches de cette période.

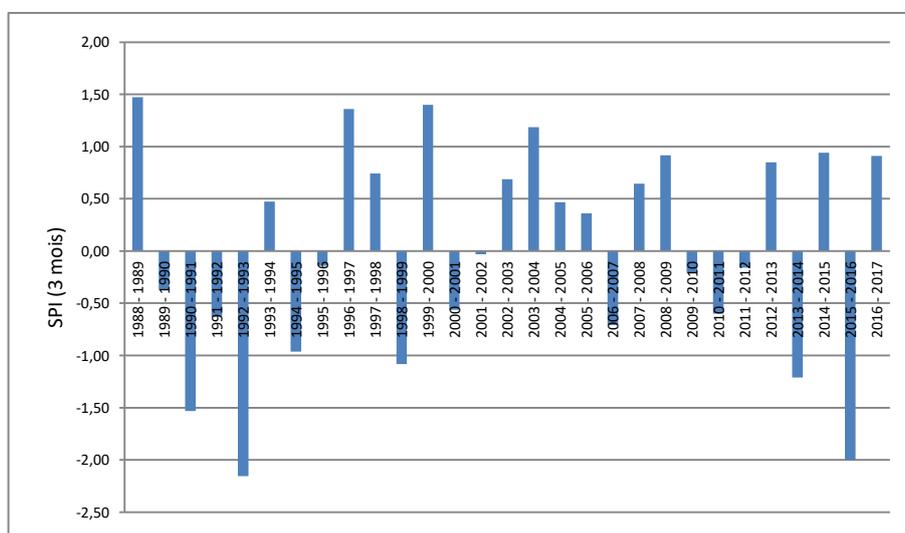
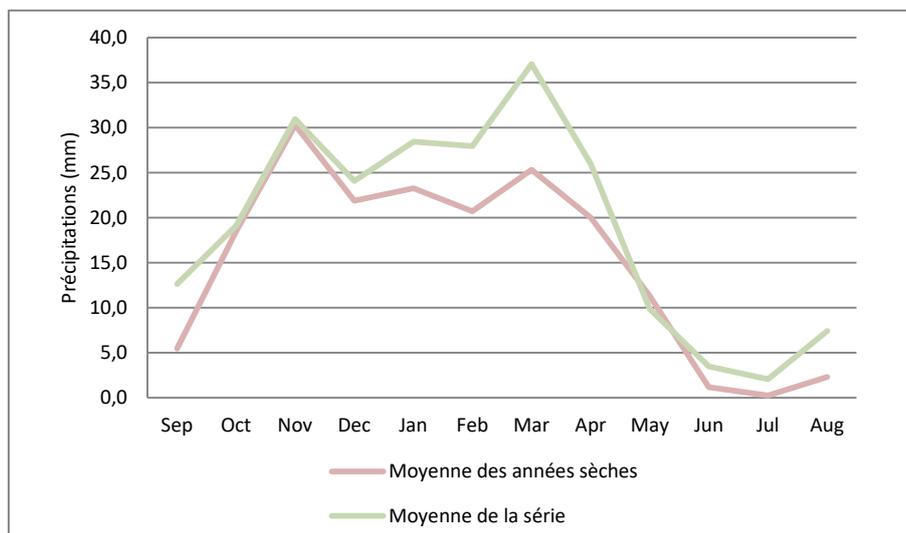


Figure 15 : Caractérisation de la sécheresse agronomique (Province Rhamna)

La comparaison mensuelle des précipitations des années de sécheresse avec la moyenne de la série montre que la réduction des précipitations intervient au milieu de la campagne et s'aggrave en janvier, février et mars. De même, on note une réduction très significative des précipitations en septembre (Figure 16).



**Figure 16: Comparaison des précipitations des années sèches à celles de la série (Province Rhamna)**

Il est clair que les déficits de précipitations pendant la sécheresse auront un effet négatif sur la couverture du sol. La section suivante tente de déterminer la dynamique d'évolution et de transformation des parcours au cours des trois dernières décennies.

### 1.2.3 ETUDE DE L'OCCUPATION DU SOL

#### 1.2.3.1 COMPOSITION DE LA VEGETATION DES PATURAGES EN 2017

Les résultats montrent que la végétation est très dégradée, elle est principalement à base de plantes annuelles. L'étude phytoécologique a montré que la couverture végétale est composée essentiellement de quatre types de végétation. Deux types basés respectivement sur *Peganum harmala* et *Schismus bulbosa*, qui sont généralement liés aux zones de culture, un autre basé sur *Stipa retorta*, présent dans les zones montagneuses et les reliefs rocheux, et le quatrième situé au centre de la Bahira (lac salé de Sed El Masjoune), il est à base des espèces halophytes.

En général, le couvert végétal est faible. La composition floristique est dominée par les annuelles, tandis que les vivaces sont composées par des espèces de dégradation

(*Arthrophytum scoparium*, *Zizyphus lotus*, *Thaemylea microphylla*, *Peganum harmala*, *Asphodelus sp.*, *Eryngium sp.*). Les plantes annuelles et herbacées correspondent à environ 75% de la superficie totale de Rhamna.

Le recouvrement aérien global de la végétation est de 20 à 30% pendant la période de croissance de la végétation. Ce taux varie selon les types de végétation et de sol et le type d'exploitation. Ainsi, le recouvrement des annuelles est de 30 à 40%, tandis que celui des espèces pérennes, lorsqu'elles existent, ne dépasse guère les 20%. De même, la couverture végétale globale est plus importante sur les sols lourds et moins pierreux et approche les 50%, sans dépasser 10 à 15% sur les sols calcaires et pierreux.

Le recouvrement de la végétation est également affecté par l'exploitation, elle est de 35 à 40% dans les endroits les moins exploités et de 10 à 20% ailleurs.

La densité de plantes est élevée (environ 50.000 plantes par hectare), composée principalement de plantes annuelles. Cependant, il est nécessaire de noter également la présence remarquable de jeunes individus de certaines espèces pérennes telles que *Thaemylea microphylla* et certains *Helianthemum sp.*; ce qui atteste de la possibilité de résilience de ces pâturages pourvu que les conditions soient favorables.

La biomasse est très variable selon le substrat. Ainsi, sur les sols lourds et moins pierreux, elle présente 700 à 1000 kg de matière sèche (MS) par hectare essentiellement constituée de plantes annuelles à base de légumineuses (médics et vesses), de graminées (*Stipes*), de crucifères et d'espèces post-culturelles telles que *Asphodelus microcarpus* et *Peganum harmala*. Sur les sols calcaires et pierreux, la production est moins importante, 350 à 500 kg de MS par hectare et elle est composée d'espèces de qualité pastorale moyenne à médiocre ; *Thaemylea microphylla*, *Zizyphus lotus* et annuelles.

#### 1.2.3.2 COMPOSITION DE LA VEGETATION DES PATURAGES EN 1987

---

En 1987, les principaux types de parcours rencontrés dans la région de la Rhamna étaient (Berkat et al., 1992):

- Végétation herbacée dégradée sur des lithosols, composée d'*Asphodelus microcarpus*, *Chamaerops humilis*, *Stipa capensis*, *Macolmia patula*, *Medicago spp.*, *Zizyphus lotus*.

- Steppes dégradées composées de *Stipa capensis*, *Calendula bicolor*, *Medicago spp.*, *Bicorn notoceras*, *Eruca vesicaria*. Ils sont intercalés avec des terres cultivées;
- Steppes dégradées dans les parties les plus sèches et les sols peu profonds, composées de *Hammada scoparia*, *Eruca vesicaria*, *Notoceras bicornis*.
- Steppes dégradées composées de *Salsola vermiculata* associé à *Aizoon hispanicum* ou *Atriplex halimus*, *Anacyclus radiatus*, *Diploaxis tenuisiliqua*. Ils couvrent une très grande surface à Sed El Masjoun (lac salé).
- Steppes dégradées des reliefs de Rhamna et Jbilet, avec lithosols, composées de *Stipa capensis*, *Asphodelus tenuifolius*, *Notoceras bicornis*, *Diploaxis spp.*, *Peganum harmala*. Les espèces appétibles, telles que *Hyparrhenia hirta*, *Cenchrus ciliaris* et *Lavandula dentata*, sont mineures ou n'apparaissent qu'à l'état de traces, comme *Artemisia herba-alba*.
- Steppes dégradées composées de *Lycium intricatum*, *Plantago ovata*, *Peganum harmala*, et *Ferula communis*, situées dans des zones défrichées et abandonnées.

La comparaison des données phytoécologiques de 1987 à 2017 montre que la dynamique de l'évolution des pâturages suit une tendance régressive qui a commencée bien avant les années 80. Et vu le niveau de dégradation que connaît la végétation de cette zone, l'étude de la dynamique de l'évolution de l'occupation du sol ne pourrait plus être effectuée sur la base de sa composition ou de sa richesse floristique, mais uniquement sur l'importance des différentes strates d'occupation du sol des espaces agropastoraux de la zone. Les principales strates d'occupation du sol retenues sont :

- Parcours et jachères : terrains produisant du fourrage gratuit, leur réduction renseigne sur une dynamique régressive de ces espaces et une transformation des systèmes de production pastoraux.
- Les cultures : leur évolution renseigne sur le défrichement des parcours, la disparition des espèces autochtones et la vulnérabilité des sols en vers l'érosion.
- Le sol nu et inculte: c'est un indicateur qui renseigne sur la vulnérabilité du site en question et sa prédisposition à la désertification.

- Forêt, matorrals et arbustes : donne une idée sur le niveau de transformation des formations primaires, leur réduction renseigne sur une évolution régressive de l'écosystème.

### 1.2.3.3 DYNAMIQUES DE CHANGEMENT DE L'OCCUPATION DU SOL

---

Pour l'évaluation du changement entre 1987 et 2017, l'étude s'est appuyée sur les principales strates d'utilisation des sols, à savoir: forêts, matorral et arbustes, parcours et jachère, terres cultivées et sol nu et inculte.

Les résultats du traitement des images satellitaires ont mis en évidence des changements dans les principales classes de couverture du sol. Il est à noter que l'évolution de l'environnement est généralement régressive. En conséquence, les parcours ont été réduits de 26%, le matorral et les arbustes de 17% et les forêts de 5%. En revanche, les terres cultivées ont augmenté de 20% et les sols nus et incultes de 30%.

Ces différents changements dans l'utilisation des terres peuvent s'expliquer par de simples changements d'une strate à une autre. Par exemple, les terrains de parcours et les jachères, les forêts et le matorral et arbustes sont transformés en terrains cultivés et sols nus. Néanmoins, l'analyse de la matrice des changements (Tableau 6) montre que la contribution au changement peut se produire simultanément à partir de plusieurs strates. Ainsi, les principaux changements observés dans l'occupation du sol entre 1987 et 2017 se résument comme suit:

- Forêt: les espaces cédés à ce niveau sont répartis entre toutes les autres strates. Ainsi, seul 6% de la superficie de cette classe est resté stable, 38% est convertis en terres cultivées, 13% en arbustes et broussailles, 6% en terres de parcours et 37% ont complètement disparu, laissant place au sol nu.
- Matorral et arbustes: moins de 1% de la superficie de cette strate est demeurée inchangée. Le reste est converti en terres de parcours (57%), en sol nu (37%) et en cultures (6%).
- Parcours et jachère: cette classe a conservé 40% de sa superficie. La majeure partie a disparu pour donner du sol nu (29%) et des terres cultivées (26%). Seulement 5% sont régénérés par le reboisement et la plantation;

- Terres cultivées: En général, cette strate a augmenté de 20% et 39% de sa superficie est restée stable. L'amplification de ces espaces se fait au détriment des parcours (40%) et des forêts à 5%. Nous notons également que 15% ont été récupérés du sol nu.
- Sol nu et inculte: cette classe représente actuellement la majeure partie de l'espace de Rhamna. Il représente respectivement 7% et 33% de cet espace en 1987 et 2017. Ces espaces ont augmenté de 30% entre ces deux dates. La majeure partie est restée inchangée (65%), 16 % provient des pâturages et 13% des terres cultivées.

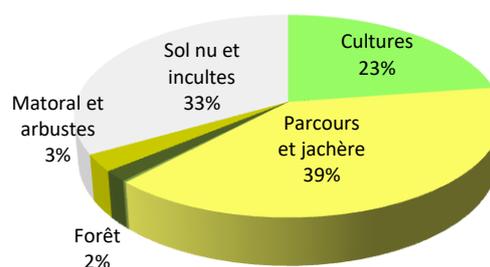
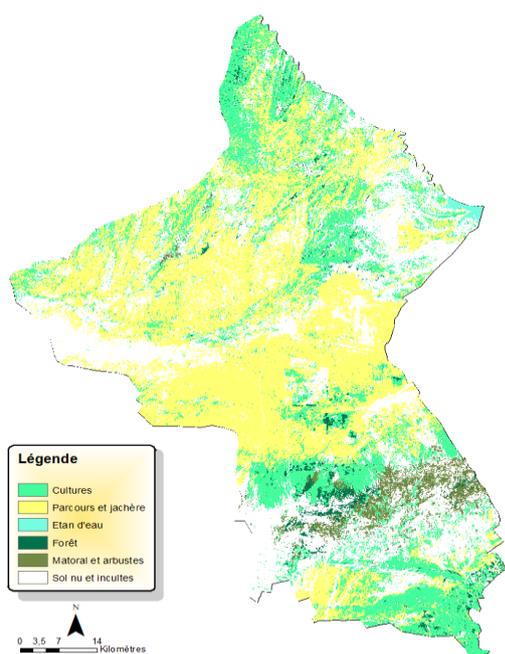


Figure 17 : Occupation du sol de 2017

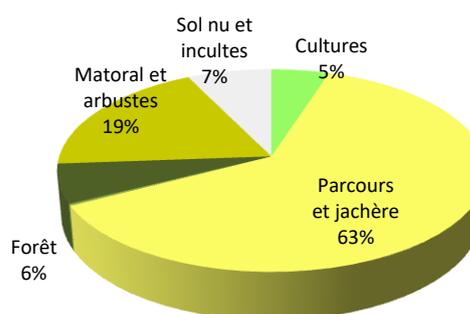
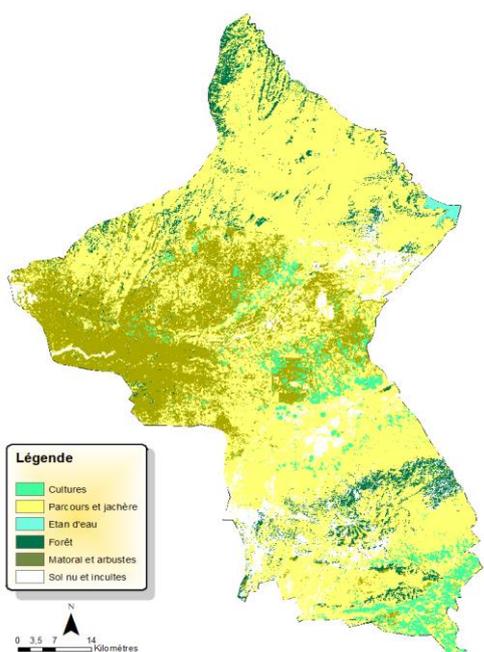


Figure 18 : Occupation du sol 1987

**Tableau 6 : Matrice de changement de l'occupation du sol entre 1987 et 2017**

Classe (2017/1987)	Superficie	Cultures	Parcours & Jachère	Eau	Forêt	Arbustes & Buissants	Sol nu & Inculte	Total
<b>Cultures</b>	Ha	10811	90115	3	13033	5882	5230	125076
	%	39	26	0	38	6	13	23
<b>Parcours &amp; Jachère</b>	Ha	11041	139212	0	2076	59030	6251	217611
	%	40	40	0	6	57	16	39
<b>Eau</b>	Ha	0	3	1391	19	0	0	1413
	%	0	0	88	0	0	0	0
<b>Forêt</b>	Ha	1289	5358	9	2051	79	833	9620
	%	5	2	1	6	0	2	2
<b>Arbustes &amp; Buissants</b>	Ha	104	8485	1	4511	109	1802	15012
	%	0	3	0	13	0	4	3
<b>Sol nu &amp; Inculte</b>	Ha	4257	101064	179	12836	39014	26125	183475
	%	15	29	11	37	37	65	33
<b>Total</b>	Ha	27502	344239	1582	34527	104115	40242	552207

#### 1.2.4 CONCLUSION

La régression critique de la couverture végétale au niveau de Rhamna est due en premier lieu à la pression croissante exercée sur cette ressource. L'anthropisation est en place depuis longtemps, mais le changement climatique a aggravé la situation au cours des dernières décennies.

L'analyse de l'état actuel de la végétation et de l'environnement révèle une tendance générale à la dégradation de la zone. Ces dernières années, tous les intervenants au niveau de la zone (pasteurs, agents d'autorité, agents de développement) ont été de plus en plus convaincus que le problème dans ces zones pastorales réside dans la mauvaise gestion de l'aridité, qui ne doit pas être considérée comme un phénomène cyclique mais en tant que composante structurelle de l'environnement. En fait, l'analyse à long terme des données climatiques montre qu'une année sur deux est considérée comme sèche sur le plan agronomique. Nous aurions donc du mal à soutenir l'hypothèse d'une sécheresse cyclique pour expliquer le niveau avancé de dégradation de l'environnement pastoral et qui constitue plutôt la phase finale d'un processus de longue date dans lequel la sécheresse se produit, uniquement en tant qu'élément catalyseur.

De nombreux facteurs de dégradation, essentiellement anthropiques, peuvent être énumérés. Ils s'enregistrent soit en série, soit en juxtaposition agissant en synergie. D'autres facteurs de dégradation de l'environnement tirent leur nature des mutations actuelles de la société pastorale. En effet, la dernière séquence d'années sèches a conduit à une utilisation massive d'aliments concentrés. Ainsi, la culture de céréales, sans être un nouveau phénomène dans la région, a pris des proportions alarmantes. Les terres épuisées et non productives sont

abandonnées et deviennent le prélude du sol nu donnant lieu à un paysage désolant, comme l'a qualifié Célérier déjà en 1924.

### *1.3 DYNAMIQUE D'EVOLUTION DE L'OCCUPATION DES SOLS AU NIVEAU DE LA PROVINCE DE SETTAT*

---

#### 1.3.1 INTRODUCTION

---

La province de Settat fait partie de la grande plaine de la Chaouia, elle est caractérisée par une prédominance d'espace agricole associant cultures intensives et extensives, une vocation pastorale en recule et une faible présence des espaces forestiers.

Les principales activités agricoles de la zone sont la céréaliculture et l'élevage. L'étendu et l'importance de ces activités sont en perpétuelle transformation à cause des effets des changements climatiques et des actions humaines ainsi qu'aux différentes politiques et stratégies menées au niveau de la zone.

Ainsi, les agriculteurs s'adonne à la céréaliculture, à l'arboriculture, à la production fourragères, au maraîchage et aux légumineuses alimentaires sur des terres Bour et irriguées ainsi qu'à l'élevage.

L'activité agricole de la province se caractérise par :

- de vastes terrains agricoles d'une superficie de 423 800 Ha ;
- une vocation céréalière qui représente 73% de la production agricole de la zone ;
- des atouts naturels et un savoir-faire pastoral ancestral qui font de cette province une terre propice à l'élevage du bétail et particulièrement des ovins.

#### 1.3.2 ETUDE CLIMATIQUE

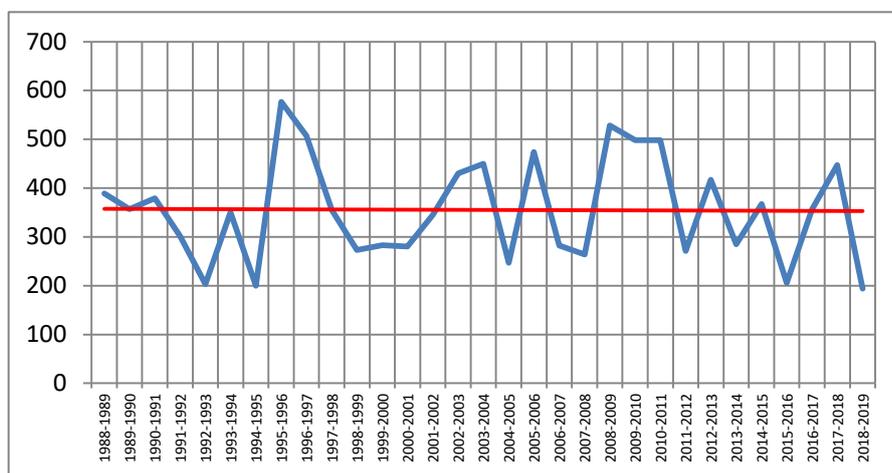
##### 1.3.2.1 ETUDE DES PRECIPITATIONS

---

La région se caractérise par un climat de type continental semi-aride. Ses étés sont chauds avec des températures qui oscillent entre 35° et 45° et ses hivers sont froids entre 5° à 15°.

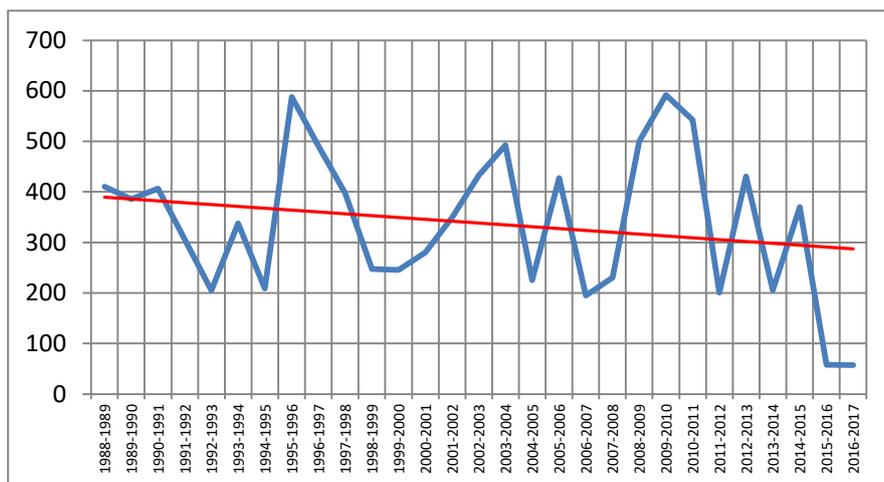
Fluctuantes d'une année à l'autre, les précipitations sont moyennes à faibles. Elles sont en moyenne de 350 mm, durant une année normale et peuvent descendre en dessous des 200 mm en année sèche, comme c'est le cas de ces dernières compagnes (2018-2019, 2019-2020).

Sur les trois dernières décennies, les résultats de l'analyse de la variabilité climatique montrent que, les précipitations annuelles moyennes suivent une distribution variable (Figure 19) avec un coefficient de variation de 29.9%. Cependant, la tendance générale reste constante autour d'une moyenne de 350 mm.



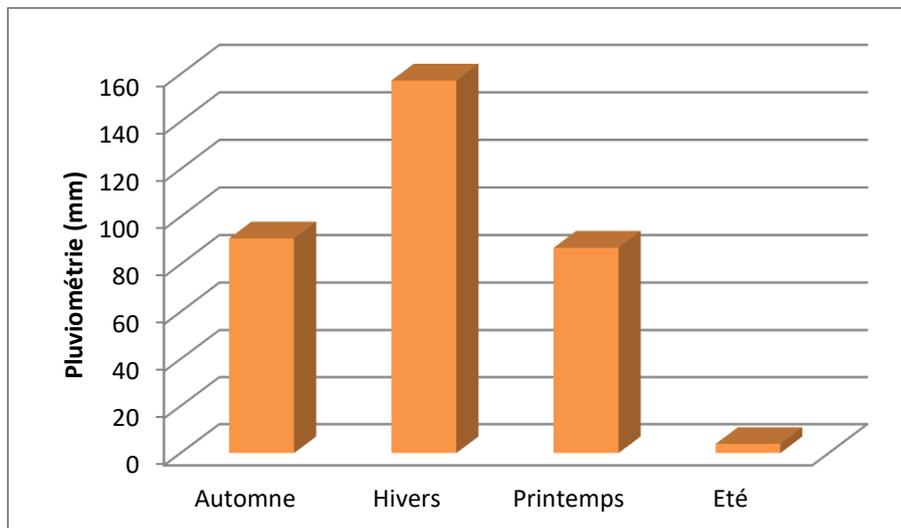
**Figure 19: Variation des précipitations moyennes annuelles (Province de Settât)**

Par ailleurs, il est à noter que le gradient d'aridité de la zone de la Chaouia, et en particulier celui de la province de Settât, est décroissant en allant du nord (basse Chaouia) vers la sud (haute Chaouia). Aussi, l'analyse des données des précipitations de la zone d'El Brouj, qui abrite le plus d'activité d'élevage, montre-t-elle une tendance baissière des précipitations ces trente dernières années (Figure 20). Cette baisse est en moyenne de 100 mm entre 1988 et 2017.



**Figure 20: Variation des précipitations moyennes annuelles (Cercle El Brouj)**

D'une façon générale, la province de Settât connaît un régime pluviométrique qui s'étend de l'automne jusqu'au printemps, avec un pic pluviométrique important en hivers et deux pics d'amplitudes identiques en automne et en printemps (Figure 21).



**Figure 21 : Précipitations saisonnières moyennes (Province de Settât)**

### 1.3.2.2 ANALYSE DE LA SECHERESSE

L'analyse de l'Indice de Précipitation Standardisé (SPI) montre que durant les trois dernières décennies, plus que la moitié des années ont été sèches (Figure 22). De plus, la valeur de l'indice de sécheresse indique que sur les trois dernières décennies, une campagne était sévèrement sèche, quatre campagnes étaient modérément sèches, six autres sont modérément humides et le reste était proche de la normale. La campagne qui a connu la sécheresse la plus sévère est celle de 2018-2019.

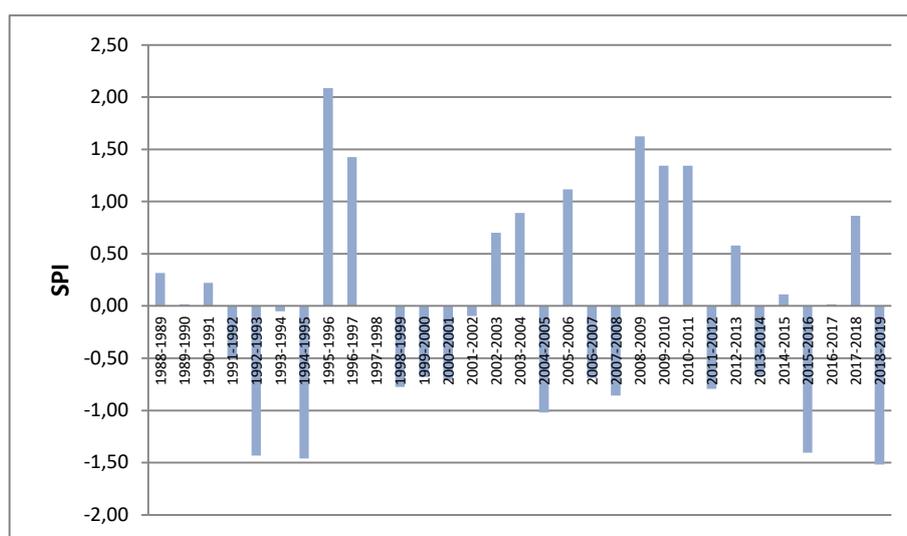


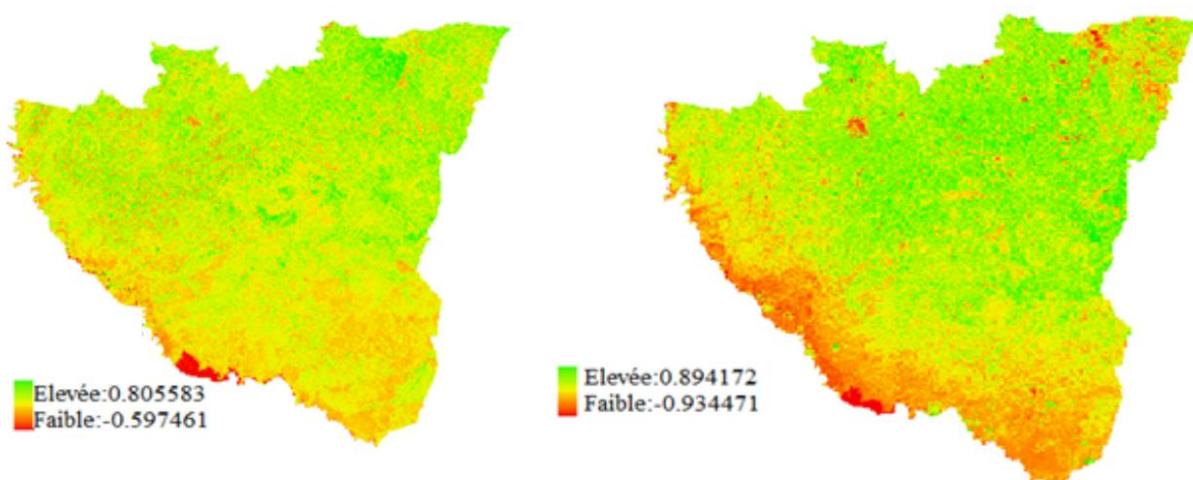
Figure 22 : Caractérisation de la sécheresse agronomique (province de Settat)

### 1.3.3 ETUDE DE L'OCCUPATION DU SOL

#### 1.3.3.1 INDICE DE VEGETATION (NDVI)

Le NDVI intervient, entre autres, comme une aide à la classification d'une image lors du choix de zones d'échantillonnage.

Nous avons calculé le NDVI des deux images par l'utilisation du transformateur NDVI du logiciel ENVI. Deux images ont été produites pour l'année 1988 et l'année 2018 (Figure 23).



*Figure 23 : Indice NDVI des images 1988 et 2018 (Province Settat).*

Les valeurs de NDVI apparaissent nettement différentes entre les deux années de l'étude (1988 et 2018). Ainsi, 78% des valeurs de NDVI de l'année 1988 sont réparties dans l'intervalle de -1 à 0.05, alors que 83% des valeurs de NDVI de l'année 2018 sont réparties dans l'intervalle 0 à 0.15.

Ceci permet de dire que les valeurs de NDVI de l'année 1988 sont plus faibles que celles observé pour l'année 2018. Donc, à priori et contrairement à ce qu'on s'attendait, le couvert végétal de l'année 2018 est plus important que celui de l'année 1988. Pour vérifier et comprendre ce résultat, nous avons procédé à d'autres analyses de télédétection avec une résolution plus grande et appuyées par des données de terrains (vérité terrain)

### 1.3.3.2 ETUDE DIACHRONIQUE DE L'OCCUPATION DU SOL

#### *1.3.3.2.1 Classes d'occupation des sols*

La classification supervisée des images satellitaires, nous a fourni deux cartes d'occupation du sol, une pour l'année 2018 et l'autre pour l'année 1988, ainsi que des statistiques d'occupation du sol pour chaque date.

La superposition de la carte issue de l'image satellite Landsat et la carte de l'indice de végétation, ainsi que les informations de terrain et l'interprétation visuelle de l'image satellitaire, nous ont permis de retenir six classes relative à l'occupation du sol, à savoir :

- Cultures denses : Cette classe regroupe les grandes cultures à base de céréales dans la densité est élevée. Il s'agit en fait, de parcelle en bonne état de culture qui a profité à la fois de bonnes conditions climatiques de l'année et d'un suivi technique

de qualité (céréaliculture et maraichage).

- Cultures moins denses : Surfaces cultivées, d'étendues variables situées dans les zones moyennement pourvues de bonnes conditions climatiques avec un suivi technique moyen.
- Cultures peu denses et jachères : Ce sont des terrains occupés par des cultures annuelles généralement céréalières à base essentiellement d'orge et de parcelle laissée sans cultures pour servir de pâturage pour le bétail (jachère).
- Parcours: Le pâturage est un espace à base de végétation naturelle dont les herbes et les plantes sont consommées sur place par les animaux.
- Forêts et arboricultures: Végétation dense et peuplement continu d'arbre formant la forêt et les vergers qui sont souvent de forme carrée.
- Etang d'eau : La province est caractérisée par la présence d'un bassin hydrauliques ; Oued Oum Rabiâ, avec 2 grands barrages, à savoir Barrage El Massira et Barrage Imfout.

Pour évaluer la précision des classifications obtenues, nous avons utilisé deux indices de validation, la précision globale donnée par la matrice de confusion et le coefficient de Kappa.

A travers les matrices de confusion des deux images classées de 1988 et 2018, on peut dire que presque la totalité des pixels affectés à ces classes ont été bien classés.

Pour le coefficient de Kappa, nous avons trouvé 95,5 % pour 1988 et 96,4 % pour 2018, ce qui confirme les résultats obtenus par les matrices de confusion et indique que les classifications des deux cartes sont de bonnes qualités.

#### ***1.3.3.2 Occupation du sol en 1988***

En 1988, l'occupation des sols de la province de Settat se présente comme suit (Figure 24):

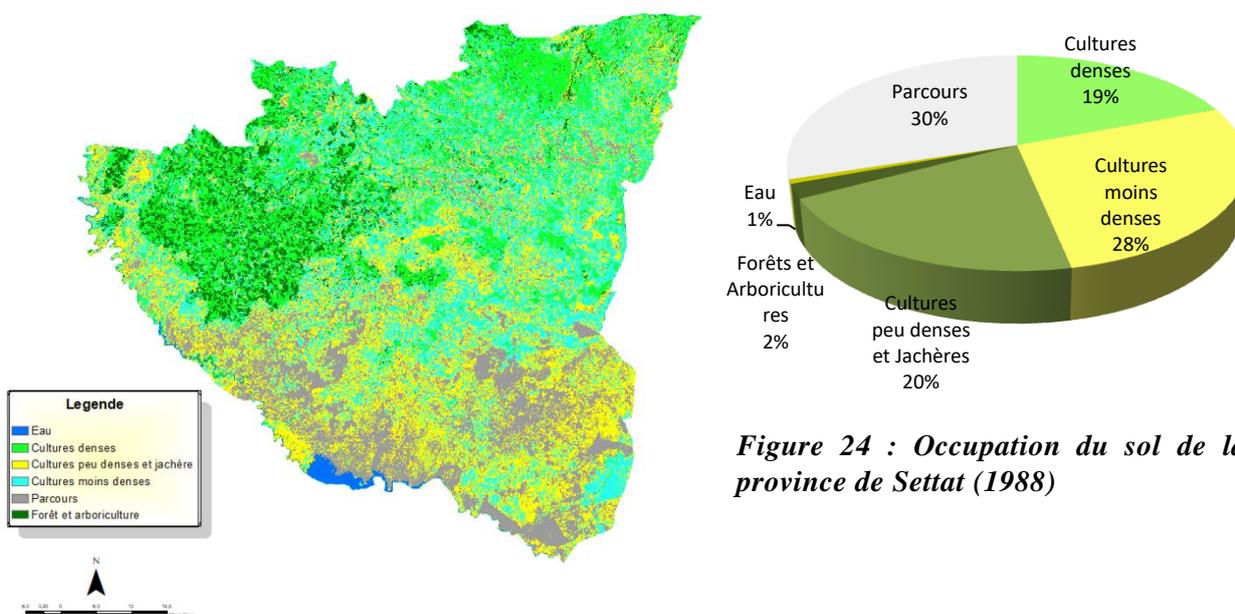
- La plus grande surface est occupée par les parcours dégradés, soit 30% répartie au sud et à l'ouest de la zone d'étude. Ils sont formés par l'oléastre (*Olea europea*) et Lbtoum (*Pistacia sp*). Ces deux espèces formaient la strate arborescente. Le Tizra (*Rhus sp*) et les autres plantes vivaces et annuelles forment un maquis dense autour

d'elles ;

- La deuxième entité en matière de superficie concerne les cultures moins denses avec un pourcentage d'occupation de 27.6 % soit 190 053 ha ;
- Les cultures peu denses et jachères occupent 140 498 ha, soit 20.4 % de la superficie globale ;
- Les cultures denses occupent une superficie de 131 452 ha soit 19.1 % de la superficie globale constituée généralement de céréaliculture (blé tendre, blé dur et orge) et des cultures maraîchères (carottes) ; elles occupent le cercle de Settat ;
- La formation forestière et arboricultures se développe au nord de la province avec une superficie de 14 912 ha, soit 3% de la superficie de la province ;
- Les étangs d'eau ne couvrent qu'une petite superficie de 4 501 ha soit 0.65 % de la superficie globale correspondant aux barrages El Massira et Imfout.

**Tableau 7 : Superficie et taux de couverture des unités d'occupation du sol pour 1988**

Classe d'occupation du sol	Occupation du sol en 1988	
	Superficie en ha	Pourcentage (%)
<b>Parcours</b>	206042.85	30
<b>Cultures moins denses</b>	190053.45	27.64
<b>Cultures peu denses et Jachères</b>	140498.46	20.43
<b>Cultures denses</b>	131451.57	19.12
<b>Forêts et Arboricultures</b>	14912.01	2.16
<b>Etangs d'eau</b>	4501.44	0.65
<b>Total</b>	687459,78	100



### 1.3.3.2.3 Occupation du sol en 2018

En 2018, l'occupation des sols de la province de Settat se présente comme suit, selon l'importance des strates (Tableau 8, Figure 25):

- les cultures denses occupent une superficie de 218 615 ha, soit 31.7 % de la superficie globale; elles ont connu une expansion dans le nord de la province (cercles Settat et Ben Ahmed) ;
- Les cultures peu denses et jachères occupent une superficie de 209 465.9 ha soit 30.5 % de la superficie globale de la province ;
- Les cultures moins denses occupent une superficie de 152 231 ha, soit 22.1% de la superficie globale ;
- Les parcours occupent une superficie de 95 961 hectares soit 13 % de la superficie globale ; ils ont reculé en faveur des zones de cultures, ils se situent au sud de la province (Cercle d'El Borouj) ;
- Les forêts et arboriculture occupent une superficie de 7 650.6 ha soit 1.1 % de la superficie globale ; dont 57,5% sont des essences résineuses naturelles ;
- Les étangs d'eau ont une superficie de 3599.5 ha, soit 0.52 % de la superficie globale de la province.

**Tableau 8 : Superficie et taux de couverture des unités d'occupation du sol pour 2018**

Classe d'occupation du sol	Occupation du sol en 2018	
	Superficie en ha	Pourcentage (%)
<b>Cultures denses</b>	218615.04	31.7
<b>Cultures peu denses et Jachères</b>	209465.91	30.46
<b>Cultures moins denses</b>	152231.04	22.14
<b>Parcours</b>	95960.97	14
<b>Forêts et Arboricultures</b>	7650.63	1.11
<b>Etangs d'eau</b>	3599.50	0.52
<b>Total</b>	687523,09	100

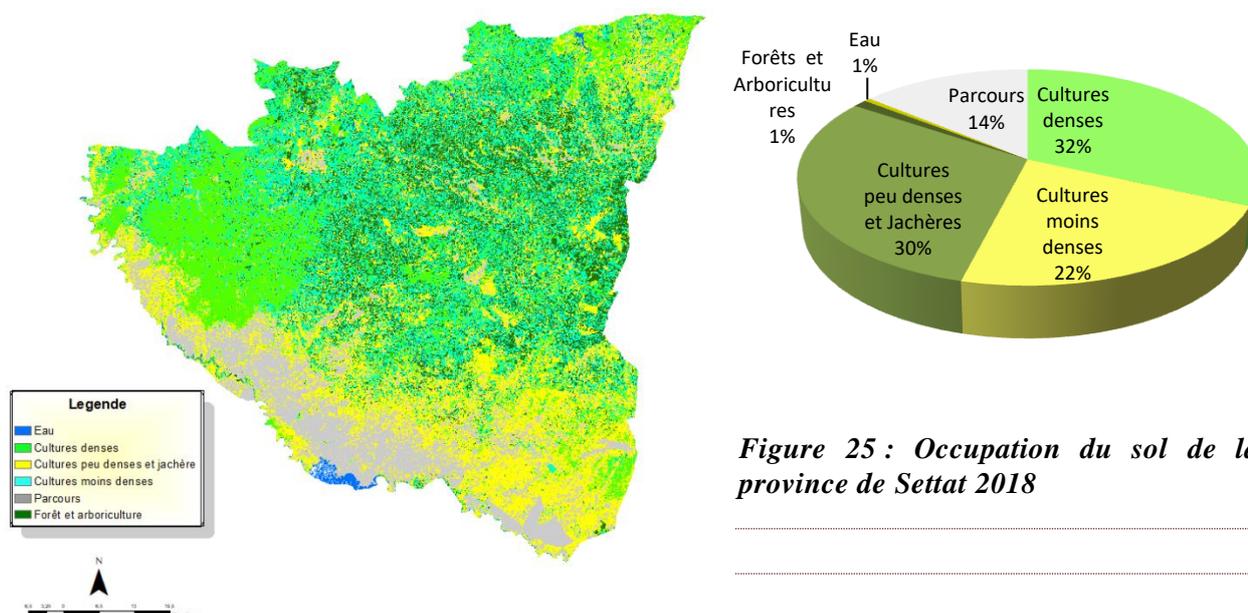


Figure 25 : Occupation du sol de la province de Settat 2018

### 1.3.3.2.4 Dynamique d'évolution de l'occupation du sol

Les résultats de l'interprétation des images satellitaires de 1988 et 2018 (Figure 26) révèlent de façon générale une tendance à l'augmentation des superficies des cultures. Parallèlement, on assiste à une régression des parcours et des forêts.

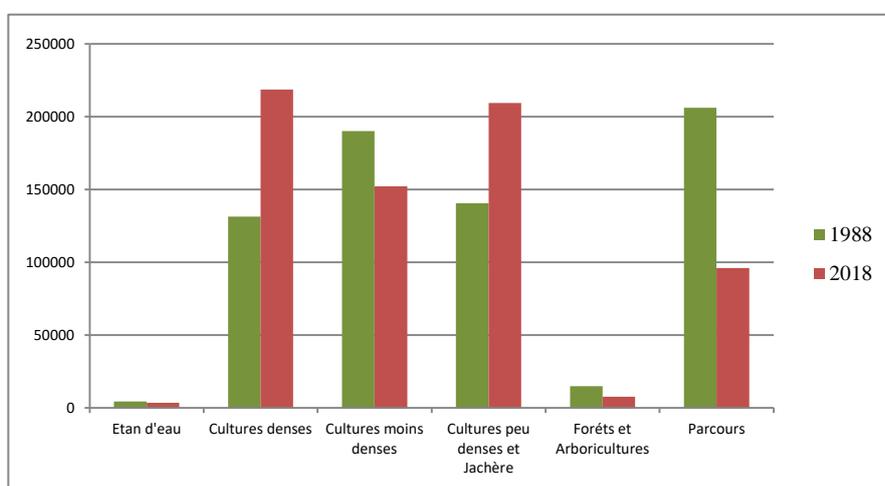


Figure 26 : Superficies des unités d'occupation de sol en 1988 et 2018

L'analyse de la dynamique de l'occupation des sols (Tableau 9) montre que trois classes d'occupation du sol ont subi une régression. Ceci concerne les parcours qui ont cédé 110.082 ha de leur superficie, la forêt qui a perdu 7.261 ha et les cultures moins denses qui ont aussi régressés de 37.822 ha.

En contrepartie, les cultures denses et les cultures peu denses et jachères ont progressés (en termes de superficie) respectivement de 87.163 ha et 68.967 ha.

Il est à signaler, en outre, que les changements ont affecté tout le territoire de la province de Settât, mais ils se sont fait sentir plus dans le cercle d'El brouj où les terrains qui étaient voués au pâturage ont été convertis en terrains de culture.

Au nord, la culture dense semble avoir gagné de l'espace, ce qui peut être expliqué par le degré d'intensification qu'a connu cette zone, eu égard à la qualité de ces sols, son climat plus favorable et surtout au progrès technique dont a bénéficié cette zone.

De manière générale, l'étude diachronique permet de constater que le couvert végétal naturel de la province de Settât a subi une perturbation forte et continue qui a causé sa transformation en terrains de cultures dans une grande proportion.

Généralement, la dynamique d'occupation du sol dans la province de Settât semble être liée plus à la pression humaine, ainsi :

- la progression des surfaces des cultures denses et peu denses et jachères est survenue pour soutenir la croissance démographique de la zone et pour augmenter les terrains emblavés par les céréales en particuliers, c'est en principe la vocation principale de la zone.
- les parcours et forêts : ce sont les classes qui ont perdues plus de superficies entre 1988 et 2018. Le déboisement est la conséquence directe du défrichement des forêts naturelles et des parcours en quête de terres agricoles.
- l'appropriation des terres collectives et la mise en culture des meilleurs sites pastoraux, font que les parcours en 2018 se retrouvent limités à des terrains pierreux à faible potentialité. Ils s'étendent sur une superficie de 95.960ha et sont appelés localement Lard Baïda ou Sequi (Terre blanche ou terre inculte), ce qui exprime, en quelque sorte, le degré de dégradation avancée et la place marginale qu'occupent aujourd'hui ces terrains.

**Tableau 9 : Evolution des surfaces des classes d'occupation du sol entre 1988 et 2018**

Classe d'occupation du sol	1988		2018		Evolution	
	%	Ha	%	Ha	% (*)	Ha
<b>Cultures denses</b>	19.12%	131451.57	31.7%	218615.04	+12,57%	<b>+87163,47</b>
<b>Cultures moins denses</b>	27.64%	190053.45	22.14%	152231.04	-5,5%	<b>-37822,41</b>
<b>Cultures peu denses et Jachère</b>	20.43%	140498.46	30.46%	209465.91	+10,03%	<b>+68967,45</b>
<b>Forêts et arboricultures</b>	2.16%	14912.01	1.11%	7650.63	-1,05%	<b>-7261,38</b>
<b>Eau</b>	0.65%	4501.44	0.52%	3599.5	-0,13%	<b>-901,94</b>
<b>Parcours</b>	30%	206042.85	14%	95960.97	-16%	<b>-110081,88</b>
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>687459,78</b>	<b>100%</b>	<b>687523,09</b>	<b>100%</b>	

### 1.3.3.2.5 Matrice de changement

Le croisement des couches d'occupation des sols de 1988 et 2018 a permis de générer une matrice de changement expliquant les grandes mutations d'occupation des sols entre ces deux dates.

La matrice de changement joue deux rôles pertinents dans la détection de changement d'occupation des sols, le premier rôle c'est de calculer la superficie de chaque unité qui a subi le changement entre l'année d'observation et l'année de référence, et le deuxième rôle, c'est de faire ressortir la transformation qu'a subit les unités entre les deux dates, ce qui permet de comprendre la dynamique globale intervenue au sein des unités par rapport à la période de référence.

L'analyse du tableau 10 montre que le changement qu'a connu la zone n'est pas une simple transformation d'une classe d'occupation en une autre ou un simple glissement entre ces classes. Il s'agit, en fait, d'un changement diffus qui fait qu'une classe d'occupation du sol peut contribuer dans la formation des autres classes positivement ou négativement.

En effet, pour les parcours, la dynamique de changement était très forte. Ils ont perdu 53.4 % de leur superficie initiale qui est transformée en terrains de cultures, avec une superficie de 99.177 ha de culture peu denses et jachère, 17.273 ha de cultures moins denses, 15.366 ha de cultures denses et 970 ha de plantations d'arbres. Par contre cette diminution de superficie des parcours a été récupérée partiellement par l'abondant de culture sur une superficie totale de 4.827 ha.

La classe des forêts a conservé 1.174 ha de sa superficie initiale. Les principales unités dérivées de cette classe étant les cultures denses avec une superficie de 7.877 ha, les cultures moins denses avec 3.070 ha et les cultures peu denses et jachère avec 2.536 ha.

Les cultures denses ont maintenu 72.2% de leur superficie initiale, soit 95.842 ha, le reste qui est de l'ordre de 27.8% a subi une transformation en termes de densité pour donner 21.871 ha de cultures moins denses et 8.734 ha de cultures peu denses et jachères.

En revanche, les cultures denses ont gagné de grandes superficies de l'ordre de 87.163 ha. Ces superficies ont été prélevées à hauteur de 70.223 ha sur des cultures moins denses, de 28.922 ha sur des cultures peu denses et jachères, de 15.366 ha sur les parcours et de 7.877 ha sur les forêts.

Les cultures moins denses ont maintenu 28.7% de leur superficie initiale, soit 54.494 ha, le reste qui est de l'ordre de 71.3% a été récupéré par les deux autres classes de cultures, à savoir : les cultures denses (70.223 ha) et les cultures peu denses et jachères (49.750 ha).

Les cultures peu denses et jachères ont gagnés une superficie de 68.988 ha entre 1988 et 2018. Pourtant, elles n'ont maintenu que 35% de leur superficie initiale, soit 49.750 ha, le reste qui est de l'ordre de 65% a été amputé principalement des parcours (99.177 ha) et des cultures moins denses (49.750 ha).

*Tableau 10 : Matrice de changement d'occupation des sols de la zone entre 1988 à 2018*

	Classes d'occupation du sol	1988					Total	
		Eau	Cultures denses	Cultures moins denses	Cultures peu denses et jachère	Parcours		Forêts et arboricultures
2018	Eau	2975,67	307,62	209,88	10,71	28,26	6,03	3538,17
	Cultures denses	383,76	95841,99	70222,95	28922,04	15366,42	7876,8	218613,96
	Cultures moins denses	0,27	21870,81	54493,65	55522,8	17273,7	3069,81	152231,04
	Cultures peu denses et jachère	105,03	8734,23	49750,29	49162,5	99176,67	2536,2	209464,92
	Parcours	1031,94	2412,81	12983,04	6050,97	73227,96	249,39	95956,11
	Forêts et arboricultures	0,18	2283,84	2393,64	829,44	969,84	1173,69	7650,63
	<b>Total</b>	4496,85	131451,3	190053,45	140498,46	206042,85	14911,92	687454,83

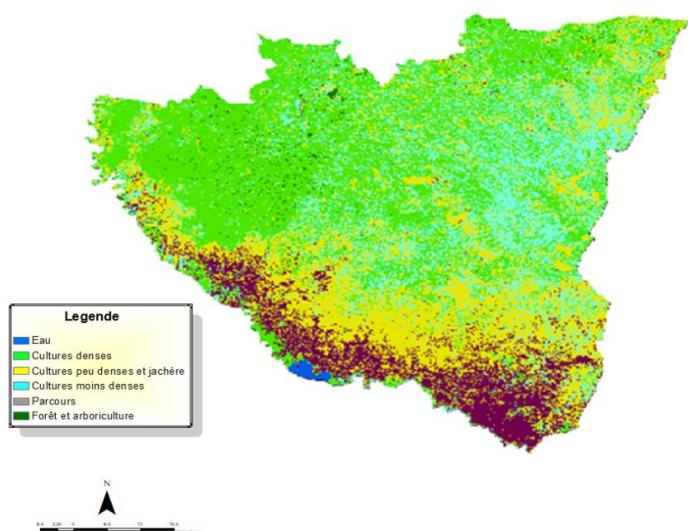
### 1.3.3.3 SIMULATION DE L'OCCUPATION DU SOL A L'HORIZON 2026

Après le calibrage du modèle et l'évaluation de sa validité, il était intéressant d'examiner la structure et la tendance du changement à une date ultérieure (2026). La prédiction de l'occupation du sol en 2026 a été faite sur la base de la transition entre les occupations du sol

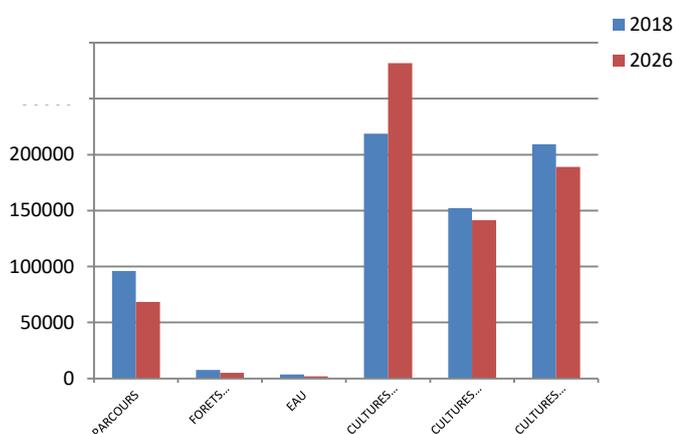
de 1988 et 2018. Le résultat de la prévision de l'occupation du sol pour l'année 2026 est illustré par la figure 27.

L'analyse visuelle du résultat de cette simulation indique que les cultures denses auront un taux de croissance très élevé. Les parcours et les forêts connaîtront une forte décroissance comme l'indique la figure 28.

La simulation de l'occupation des terres indique une augmentation des cultures denses de 9,3 % sur la période 2018-2026, tandis que les autres classes connaîtront une diminution sur la même période. La diminution la plus importante est observée pour les parcours, qui vont rétrocéder 4,3% de leur superficie de 2018.



*Figure 27 : Occupation du sol simulée pour l'année 2026*



*Figure 28 : Evolution des superficies des classes d'occupation du sol entre 2018 et 2026*

#### 1.3.4 CONCLUSION

---

La dynamique de l'occupation du sol a montré que la province du Settat comporte des milieux dynamiques et en forte mutation. La combinaison des facteurs naturels et anthropiques, conjugués aux fluctuations des précipitations, est à l'origine des transformations qu'a connues l'occupation du sol.

Au cours de la période de 1988 à 2018, les paysages de la province de Settat ont évolué sous l'effet de facteurs naturels (pluviométrie et température) et anthropiques (activités agropastorales). L'analyse de l'occupation des terres a permis de caractériser, à partir de la situation de référence, les principales unités d'occupation des terres. L'évolution globale se caractérise par une occupation progressive des formations forestières et des parcours par les cultures. En effet, les cultures ont gagné à peu près 120 000 ha de superficie, prélevées en grande partie sur les parcours.

Les principales transformations opérées sur l'occupation des sols de la province de Settat entre 1988 et 2018 peuvent être présentées comme suit :

- Augmentation de la classe des cultures denses avec un taux moyen annuel d'évolution de 0,59 % ;
- Recule des parcours de 0.56 %, soit 3.669 ha par an parallèlement à l'extension des zones cultivées ou des surfaces dégradées ou désertifiées ;
- Malgré la superficie relativement importante des parcours, qui est actuellement de 95.960 ha, ce potentiel se trouve dans un état de forte dégradation due à la surcharge animale et au défrichement combinés à des conditions édapho-climatiques défavorables ;
- Pour la forêt et l'arboriculture, la régression est très alarmante représentant plus de 50% de la superficie initiale de 1988, ce chiffre peut être plus important si on soustrait les plantations privés. Cette diminution concerne plus particulièrement les forêts naturelles qui sont affectées par des facteurs naturels (sécheresse, maladies, vieillissement des essences) et des facteurs anthropiques (coupe illicite de bois, labours des lisières des forêts, incendie).

La simulation de l'occupation du sol pour l'année 2026 montre que les tendances actuelles de régression des parcours et des surfaces forestières et l'expansion des cultures se poursuivront à l'avenir.

Si les tendances évolutives constatées sont maintenues, il est attendu que les écosystèmes naturels disparaissent sans doute dans un future très proche et que les sols continueront à subir une dégradation très intense.

#### *1.4 DYNAMIQUE D'EVOLUTION DES PARCOURS AU NIVEAU DE LA PROVINCE KHOURIBGA*

---

##### 1.4.1 INTRODUCTION

---

Le plateau des phosphates constitue l'une des entités les plus dégradées de l'espace pastoral du Maroc occidental (Narjiss et al. 1994). L'assiette foncière des parcours de la province de Khouribga s'étend approximativement sur 200.000 ha, répartis selon le statut juridique entre le collectif pour 64% et le domaine forestier pour 36%. A cette étendue pastorale correspond un effectif ovin important pouvant atteindre, à certaine période de l'année, les 800.000 têtes, constitué d'un mélange de races : Sardi, Timahdit, Beni Guil, Jaune de Bejaâd et les produits de leurs croisements. L'alimentation de cet élevage, repose principalement sur les parcours avec une contribution à hauteur de 40 % dans le bilan fourrager.

Cependant, la superficie de ces parcours a subi une nette régression suite au défrichement des meilleurs parcours et leur mise en culture (pratique de la céréaliculture itinérante) et à l'expropriation des terrains par l'OCP. Elle avait connu aussi une dégradation sévère depuis plusieurs années due au surpâturage, à une gestion irrationnelle et aux sécheresses récurrentes que connaît la région et qui ont contribué à la diminution des ressources fourragères pastorales.

Sur ces terrains les espèces pérennes étant souvent minoritaires, le cortège floristique dominant actuellement est composé de thérophytes et de petites vivaces. Ces deux types biologiques sont qualifiés d'éphémères en raison de leur dormance physiologique estivale.

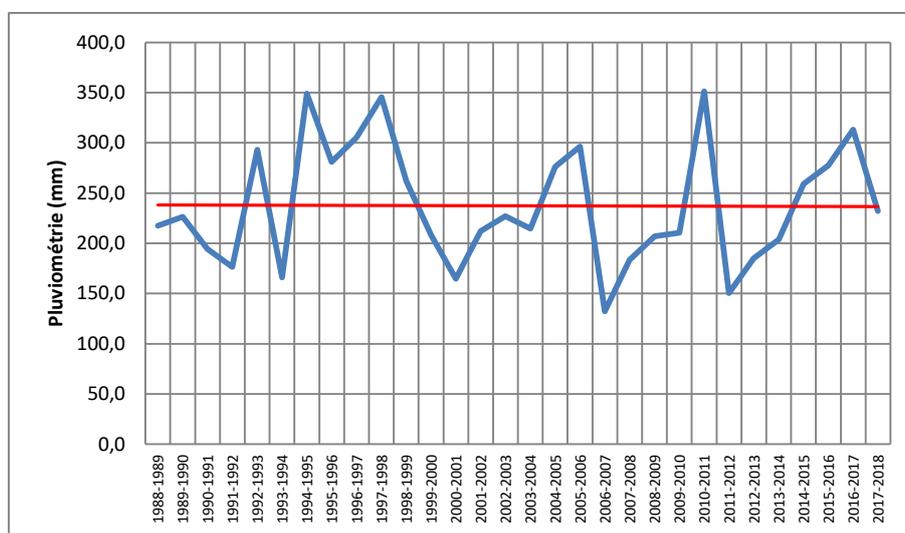
Devant cette situation et afin de permettre à ces espaces de jouer pleinement leurs rôles ; économique, environnemental et écologique, nous avons conduit cette étude qui vise à renseigner sur l'état actuel des terrains de parcours de la province, leur part dans l'occupation du sol et leur évolution pendant les trois dernières décennies en relation avec les changements climatiques.

## 1.4.2 ETUDE CLIMATIQUE

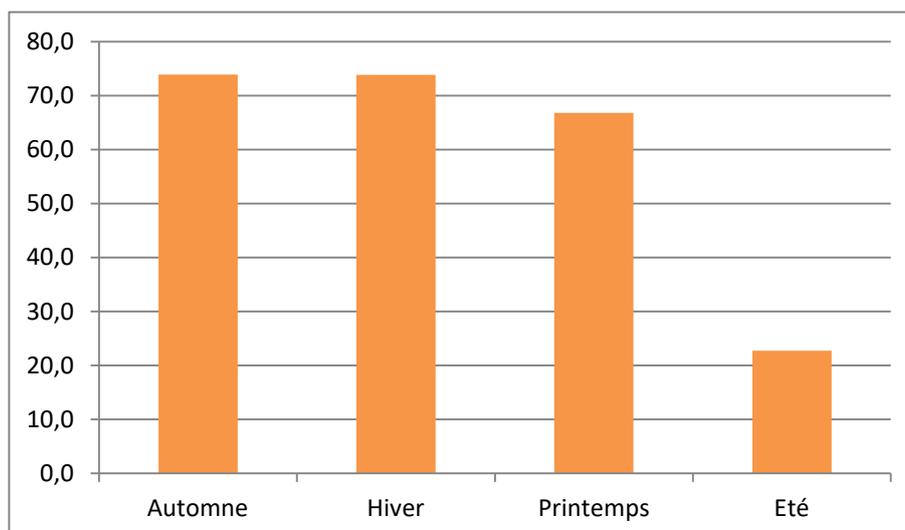
### 1.4.2.1 ETUDE DES PRECIPITATIONS

La province de Khouribga se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais avec des précipitations moyennes à faibles et surtout irrégulières (Figure 29). Les températures sont relativement froides en hivers et chaudes en été. La température moyenne annuelle est de 17°C, avec une température moyenne maximale du mois le plus chaud (août) de l'ordre de 37°C et une température moyenne minimale du mois le plus froid (janvier) de 3°C. Durant les périodes de chergui les températures maximales dépassent 42°C, alors que durant l'hiver on enregistre parfois des températures minimales en dessous de 0°C.

La moyenne annuelle des précipitations pour les trois dernières décennies (1988-2018) est de l'ordre de 237 mm avec un minimum de 132 mm enregistré en 2006/2007 et un maximum de 351 mm enregistré en 2010/2011. Le régime pluviométrique est automne-printemps avec des amplitudes égales entre les trois saisons autour de 70 mm (Figure 30). Les précipitations s'étendent du mois de novembre à avril. La répartition des pluies d'une année à l'autre est relativement variable avec un coefficient de variation de 25%.



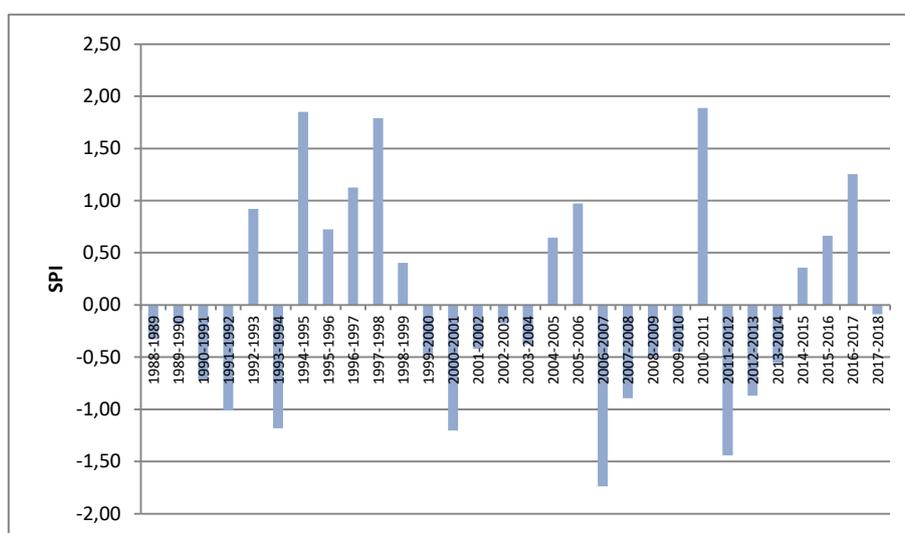
**Figure 29 : Variation des précipitations moyennes annuelles (Province Khouribga)**



**Figure 30 : Précipitations saisonnières moyennes (Province de Khouribga)**

#### 1.4.2.2 ANALYSE DE LA SECHERESSE

L'analyse de l'Indice de Précipitation Standardisé (SPI) montre que durant les trois dernières décennies, Dix-huit années ont connu des précipitations en dessous de la moyenne et douze en dessus (Figure 31). De plus, la valeur de l'indice de sécheresse indique que sur les trois dernières décennies, une campagne était sévèrement sèche, trois campagnes étaient modérément sèches, cinq autres sont modérément humides et le reste était normal. La campagne qui a connu la sécheresse la plus sévère est celle de 2006-2007.



**Figure 31 : Caractérisation de la sécheresse agronomique (province de Khouribga)**

### 1.4.3 ETUDE DU COUVERT VEGETAL DE LA PROVINCE DE KHOURIBGA

#### 1.4.3.1 CARACTERISATION DES PRINCIPALES FORMATIONS VEGETALES

La caractérisation phytoécologique, est un outil indispensable pour la planification de toute opération d'aménagement pastoral sur le terrain. Elle met en relief non seulement l'importance des conditions du milieu, mais également celle du mode d'utilisation, dans la détermination de l'état actuel de la végétation.

Dans le cas de la province de Khouribga, le couvert végétal est, en général, très dégradé à cause de l'insuffisance des précipitations et surtout à cause de l'action anthropozoïque. Cette dégradation se traduit par une réduction qualitative et quantitative des potentialités végétales des faciès. D'où la nécessité, sur le plan pratique, d'une gestion rationnelle de ces écosystèmes fragiles. Ceci nécessite une identification et caractérisation des principales formations végétales et leur faciès.

##### ***1.4.3.1.1 Formation forestière***

La formation forestière est constituée essentiellement de matorrals et de steppes arborées généralement sur versants et glacis de semi-aride. Elle est nettement dominée par une flore mésogéenne; et, donc, de groupements végétaux méditerranéens qui sont des matorrals hauts (Chêne vert et Thuya) ou moyens (Pistacia et Oléastre) ou encore des steppes arborées à base de *Rhus pentaphylla*. Elle est représentée essentiellement par les forêts de Beni Zemmour et Smaala. Si l'on considère toute la province, la superficie forestière devient sensiblement plus importante (83.900 ha).

Dans la partie Nord-Est, les conditions bioclimatiques (semi-aride supérieur et sub-humide) sont relativement plus favorables à l'installation d'une formation à *Quercus ilex* et *Tetraclinis articulata*. Cette formation a subi une dégradation intense et il n'en reste que quelques centaines d'hectare.

Sur les versants l'oléastre et le lentisque, constituent les espèces les plus marquantes des faciès. Dans les piedmonts le long de certains oueds, il faut signaler la présence, bien que fort réduite, des groupements de l'*Oléo-cératonion*. Là, bénéficiant de conditions hydriques, *Ceratonia silica*, *Olea maroccana* et *Pistacia lentiscus* forment de véritables ripisylves marquées par l'absence de sous-bois. Ces groupements correspondent à la variante tempérée de l'étage bioclimatique semi-aride.

#### ***1.4.3.1.2 Steppes arborées***

Sur les limites Sud et Sud-Ouest, les steppes à *Rhus pentaphylla* (Tizgha) occupent les forêts claires, broussailles de la plaine et des basses montagnes. Il colonise les étages bioclimatiques aride et semi-aride jusqu'à une altitude de 1000 m. Sur les versants, l'espèce est associée à l'oléastre et au lentisque, alors qu'en basse altitude elle est associée surtout à *Chamaerops humilis* et *Zizyphus lotus*.

Au niveau de la région, ces steppes assurent la transition entre les groupements forestiers et ceux steppiques à base de *Zizyphus lotus*.

En terme de dynamique de la végétation, il paraît que ces divers groupements méditerranéens, qu'ils soient localisés dans les sommets et hauts versants ou dans les steppes arborées sont des formations sylvatiques et dérivent toutes par dégradation de climax. En effet, les coupes abusives, les incendies, le surpâturage auxquels s'ajoutent le ruissellement et l'érosion, constituent les principaux agents de cette dégradation.

#### ***1.4.3.1.3 Steppes dégradées mixtes***

Les steppes à *Zizyphus lotus* pur ne sont pas très répandues. Néanmoins, cette espèce, combinée aux autres espèces physionomiquement dominantes (*Asphodelus microcarpus*, *Chamaerops humilis*), est présente dans presque tout le territoire, sous forme de steppes mixtes avec une nette structure en grandes mosaïques. Elle est indicatrice d'une dégradation très avancée des formations forestières et d'une qualité médiocre des parcours.

*Zizyphus lotus* semble présenter, ainsi, une grande plasticité écologique. En effet, outre les glacis d'érosion, l'espèce peut « grimper » sur les versants et les collines, riches en cailloux et graviers et même dans les dépressions.

Les principaux faciès qui constituent ces steppes de dégradation sont:

- Les steppes très dégradées qui sont à base de *Zizyphus lotus*, *Asphodelus microcarpus*, *Brassica arvensis* (L.), *Lolium sp*, *Thymus sp*, *Malva sylvestris*; etc.... Ces terrains de parcours sont situés sur le couloir allant de Sud-Est au Nord-Ouest de la province. Ces espèces colonisent les isoètes allant de 350 à 425 mm sur des sols sur glacis d'érosion et versants à sol squelettique mince où abondent les graviers et cailloux. La croûte calcaire peu profonde ou affleurant parfois en surface est indiquée par la présence

d'espèces telles que: *Astragalus sp et Atractylis sp*. Toujours avec un degré de couverture végétale faible (<10 %) malgré une forte densité, il se localise dans la quasi-totalité des communes rurales, avec des plages plus importantes échelonnées surtout sur la partie sud-est. Ce faciès correspond à un pâturage de mauvaise qualité.

- Les steppes des zones accidentées et des terrains non aptes à l'agriculture sont dominés par des espèces pastorales annuelles telles les Medics, *Scorpiurus muricatus* L., *Brassica arvensis* (L.), les chrysanthèmes ou des plantes pérennes comme *Zizyphus lotus*, *Chamaerops humilis* et *Asphodelus microcarpus*. Ces terrains sont éparpillés partout dans la province, mais leur concentration est grande aux pieds des reliefs et sur les affleurements calcaires. Sur l'étage de végétation méditerranéenne semi-aride, qui borde dans notre cas les monts de sud-est, nord et nord-ouest, et qui sont généralement très caillouteux, le Doum (*Chamaerops humilis*) prend le dessus sur *Zizyphus lotus*. Alors que sur les terrains moins caillouteux c'est l'asphodèle qui l'emporte. Le recouvrement de la végétation est relativement important (10 à 35%) dans ces terrains. Cette importance serait due essentiellement à la grandeur des feuilles de l'asphodèle. Toutefois, les formations végétales à *Chamaerops humilis*, *Zizyphus lotus* et *Asphodelus microcarpus* sont considérées comme étant de dégradation en terme écologique, et de mauvaise qualité sur le plan pastoral et fourrager.
- Zones de culture : sur les champs *Zizyphus lotus* cède progressivement sa place à d'autres espèces dont notamment *Peganum harmala* en zones riches en nitrates. Il est à signaler aussi que cette espèce est volontairement arrachée par les agriculteurs à cause notamment de ses nuisances lors des opérations du labour et de la moisson.
- Les steppes mineures se développent dans des situations géomorphologiques diverses, aussi différentes que les dépressions et les versants de montagnes. Les espèces qui semblent inféodées à ce type de biotope sont des graminées pérennes comme *Lygeum spartum* ou des espèces ligneuses basses telles que *Thymelaea microphylla*. Elles sont liées à une texture sableuse (ou parfois sur sol marneux) des horizons de surface ou aux apports sableux d'origine éolienne. Elles sont relativement peu répandues dans la zone se rencontrant sous forme de petites mosaïques. Elles occupent des positions diverses: couloirs d'ensablement, petits versants de raccordement au pied des grands massifs et dépressions naturelles.

La caractérisation écologique d'une zone est un outil indispensable pour la planification de toute opération d'aménagement pastoral sur le terrain. Elle met en relief non seulement l'importance des conditions du milieu, mais également celle du mode d'utilisation, dans la détermination de l'état actuel de la végétation.

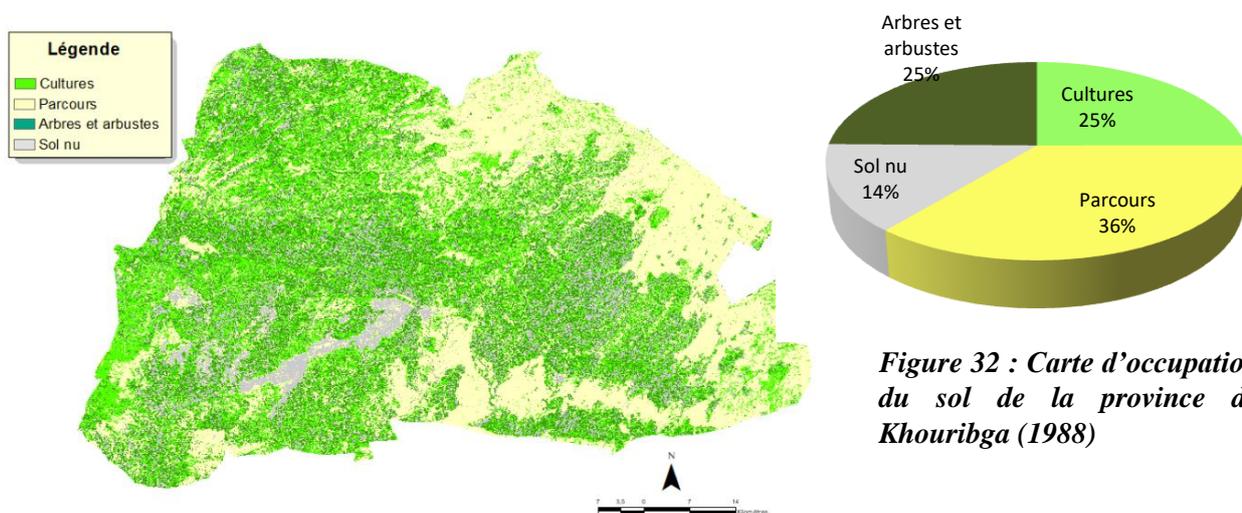
Néanmoins, les résultats de ces investigations ne représentent que l'aspect physionomique des parcours à un moment donné et ne renseignent pas sur leur évolution en termes qualitatif et quantitatif. Ceci demeure tributaire des conditions climatiques et d'utilisation.

L'étude diachronique de l'occupation du sol a été initiée dans le but de déterminer la dynamique d'évolution de l'espace au niveau de la province de Khourbga. Elle nous a permis de quantifier et d'apprécier les différentes transformations qu'a connu cette espace sur les trente dernières années.

#### 1.4.3.2 DYNAMIQUE D'EVOLUTION DE L'OCCUPATION DU SOL

##### 1.4.3.2.1 Occupation du sol en 1988

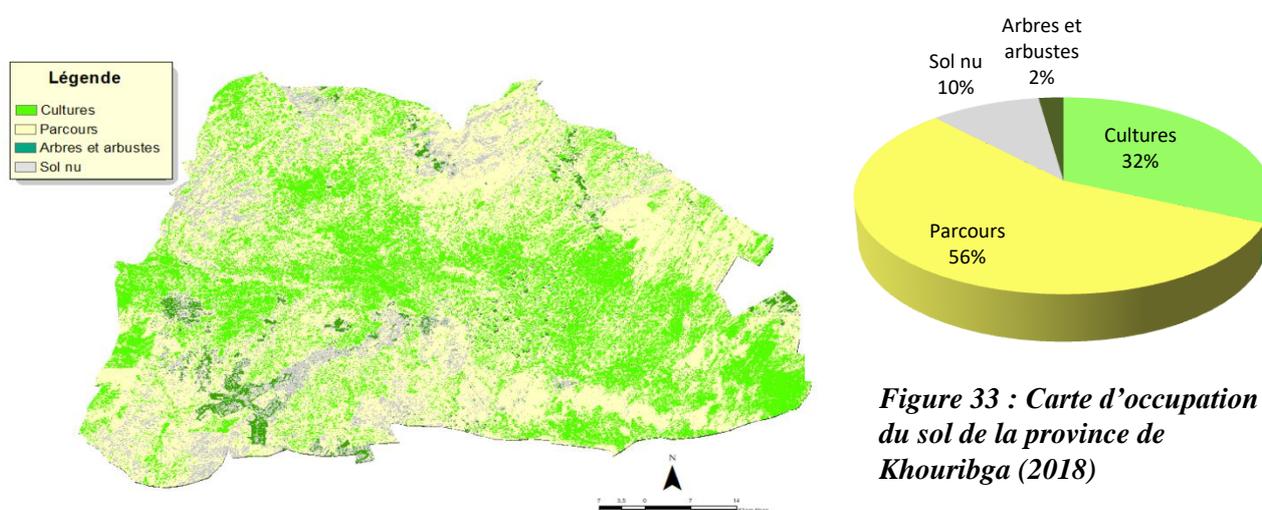
L'occupation du sol en 1988 a été dominée par les espaces arborés et arbustifs et par les steppes dégradées servant comme parcours. Ces dernières occupaient 36% de l'espace total de la province de Khouribga, tandis que les steppes arborés et forêts représentent 25%. Les espaces cultivés étaient déjà très importants en 1988, ils représentaient 25% de l'espace principalement au centre, à l'ouest et au sud-ouest de la province. Les sol nus représentaient 14% et sont représentés essentiellement par les gisements des mines de l'OCP (Figure 32).



**Figure 32 : Carte d'occupation du sol de la province de Khouribga (1988)**

#### 1.4.3.2.2 Occupation du sol en 2018

En 2018, l'espace de la province de Khouribga reste toujours dominé par les parcours dénudés formés par des steppes dégradés, ils représentent 56% de la superficie de la province. Les superficies des cultures ont aussi augmenté et occupent actuellement 32% de l'espace. En revanche, les steppes arborés et forêts ont fortement régressées pour afficher seulement 2% de l'espace totale de la province (Figure 33). Les sols nus et complètement dénudés représentent 10%.



**Figure 33 : Carte d'occupation du sol de la province de Khouribga (2018)**

A travers cette étude multi-date nous constatons que l'occupation du sol de la province de Khouribga a connu une transformation très importante qui peut être synthétisée comme suit :

- Les surfaces cultivées ont augmenté de 27% ;
- Les parcours ont évolués de 56%
- Les sols nus ont, paradoxalement, chutés de 31%
- Et les espaces arborés et arbustifs ont diminués de 91%

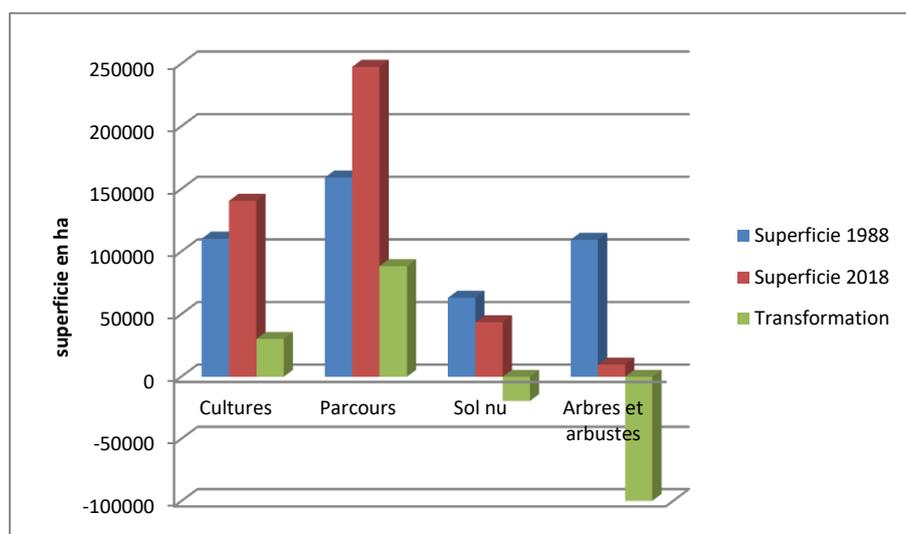


Figure 34: Evolution de l'occupation du sol entre 1988 et 2018

#### 1.4.4 CONCLUSION

Les parcours de la province de Khouribga sont, en général, très dégradée à cause de l'insuffisance des précipitations et surtout à cause de l'action anthropozoïque. Cet état se traduit par une réduction qualitative et quantitative des potentialités végétales des formations et leurs faciès.

Les principaux éléments traduisant cette dégradation sont les suivants:

- *Zizyphus lotus* reste l'espèce la plus abondante. C'est presque l'espèce *standard*;
- La plupart des faciès sont constitués par des espèces indicatrices d'une dégradation avancée, sinon d'une désertification: *Asphodelus microcarpus*, *Thymelaea microphylla*, *Peganum harmala*, *Lygeum spartum*, etc.;
- Les espèces pérennes de bonne qualité pastorale sont quasi absentes;
- La couverture végétale, en dehors des forêts, est très faible, dépassant rarement 15%;
- Mis à part le domaine forestier, il est extrêmement difficile de situer dans l'espace les limites exactes entre les différentes formations végétales très dégradées. En effet, l'examen des cortèges floristiques met au clair des affinités phytosociologiques entre faciès et formations exprimées par la présence d'espèces communes.

Aussi, faudrait-il comprendre les formations plutôt dans le sens de complexes de formations végétales (exemple: complexe à base de *Zizyphus lotus*, *Asphodilus sp* et *Chamerops humilis* ou encore complexe à base d'oléastre, de lentisque et de *Rhus pentaphylla* ) que de groupements purs.

La dynamique de la végétation au cours des trente dernières années a mis au clair les différentes tendances de transformation de l'occupation du sol au niveau de la province de Khouribga. En gros, c'est les formations forestières et pré-forestières qui ont subi le plus de pression, elles ont été transformées en terres de parcours, généralement, très dégradés et en terrains de cultures.

## *2. CARACTERISATION DES SYSTEMES DE PRODUCTION*

---

Le développement de l'élevage au niveau de la zone de PPNA (Plateaux et Plaines Nord Atlasique) ainsi que le transfert des technologies adéquates pour cette région, exigent une compréhension de base de la population et des systèmes de production qu'elle constitue. Cette partie de travail consigne les informations de base pour cette compréhension. L'objectif étant d'établir une caractérisation des systèmes de production, tout en explicitant les transformations qui les ont impactés en relation avec les changements climatiques et les évolutions des pratiques survenus ces dernières décennies. Il vise à fournir à la fois un cadre pour l'intégration systématique de l'information et des analyses sur la population cible et ses activités de production ainsi qu'un instrument de prise de décision pour la recherche et le développement en matière d'élevage.

### *2.1 CARACTERISATION GENERALE DE L'ELEVAGE PASTORAL*

---

#### *2.1.1 ZONE DE RHAMNA*

---

La province de Rhamna s'étend sur une superficie de 548.000 ha, dont 45,2% de statut collectif pouvant être assimilés à des terrains de parcours. Elles sont connues par l'importance de leur effectif ovin, avoisinant les 552.000 têtes, faisant de la région l'un des principaux centres nationaux de production des viandes rouges. La vocation pastorale de la région, malgré les grandes mutations agricoles, marque toujours le paysage par un cortège floristique typiquement steppiques associé à des annuelles.

L'analyse du bilan fourrager dans la région des Rhamna met en évidence l'importance de la contribution de l'exploitation agricole, dont les apports couvrent près de 50 % de l'ensemble des besoins alimentaires du cheptel. Celle des parcours est beaucoup plus modeste, et n'est que de 10 % environ. Le reste est couvert par les aliments achetés sur le marché. C'est dire quand bien est grand l'écart entre le potentiel et les niveaux de production actuels des ressources alimentaires du cheptel.

L'élevage, dominé par les ovins de race locale Sardi, assure 50 à 70% de revenu annuel de la population. La charge ovine dans cette zone est en moyenne de 1,53 têtes par hectare et par an et peut atteindre 2.52 têtes par hectare et par an dans certaines communes, valeur dépassant largement les capacités de production des parcours et des jachères de la région.

Le diagnostic de la situation de l'activité pastorale et du développement de l'élevage dans la province de Rhamna permet de tirer un certain nombre d'enseignements :

- Le bilan des réalisations en matière d'améliorations pastorales et l'évaluation de l'état des parcours montrent que la zone a tendance à subir des mutations profondes du mode de gestion de l'espace pastoral. Le système, jadis, purement pastoral extensif a tendance à pencher vers le système agropastoral comme conséquence la marginalisation du rôle des parcours au profit de l'extension de l'agriculture.
- Sur le plan de la végétation naturelle, l'émergence d'autres formes d'utilisation des terres notamment la mise en culture sur des terrains à vocation pastorale et l'accroissement de la charge et du temps de séjour des animaux sur ces parcours ont abouti à une homogénéisation du cortège floristique (appauvrissement) composé actuellement, essentiellement d'annuelles et de quelques espèces pérennes de faible valeur pastorale (*Hammada scoparia*, *Anabasis aphylla*, *Ferula communis*, *Peganum harmala* etc...).
- Concernant les actions d'amélioration pastorales, la région offre de grandes possibilités pour la création de périmètres d'arbustes fourragers à base notamment d'*Atriplex nummularia*. Toutefois, à cause des conflits sociaux, liés principalement au statut juridique des terres, toutes les interventions de l'état ont été vouées à l'échec. La ruée vers la « melkisation » des terrains de parcours et le manque d'organisation sociale constituent une contrainte majeure pour la réussite de toute action d'amélioration pastorale. Actuellement et devant cette situation, les interventions ont été orientées pour l'amélioration pastorale chez des particuliers. Les premiers résultats sont encourageants après les premières réalisations de plantations de cactus et d'atriplex.

En somme, le diagnostic et l'analyse de la situation de la zone de Rhamna, font état de la confirmation de la tendance vers un système agropastoral, qu'il y a lieu de rendre intelligible par l'implication des différents acteurs dans l'élaboration d'une stratégie de développement et d'intervention intégrée ayant pour angle de mire, l'amélioration du bien-être des populations et l'utilisation rationnelle et durable des ressources naturelles essentiellement pour l'élevage.

---

### 2.1.2 ZONE DE SETTAT

L'activité agricole dominante dans la province de Settat est traditionnellement la céréaliculture. L'élevage ovin y est également important, notamment dans la région de Beni Meskine, berceau de la race Sardi, qui domine l'activité de l'élevage extensif de type naisseur avec une activité d'embouche très saisonnière.

C'est dans le cercle d'El Brouj, Chef-lieu de Beni Meskine que se trouve la plus grande partie des parcours de la province, s'étendant sur une superficie d'environ 86.000 ha. Ils constituent, à côté des produits de l'exploitation, l'une des plus importantes sources d'alimentation du cheptel ovin, couvrant environ 20% de ses besoins.

La végétation naturelle régresse d'année en année sous l'emprise du défrichage et du surpâturage, réduite actuellement à un cortège floristique à base d'annuelles généralement de faible valeur pastorale et dont la production est intimement liée aux conditions climatiques.

Les niveaux de production de ces parcours restent faibles. La phytomasse est constituée essentiellement par les annuelles entraînant ainsi une saisonnalité très marquée de la production.

Au niveau de l'amélioration pastorale, la mise en défens associée aux autres actions (sous-solage, ensemencement, plantation) semble avoir permis une amélioration des niveaux de production des herbacées pendant les périodes et saisons favorables. Cependant, ces améliorations n'ont touché qu'un espace encore limité et leur impact sur le bilan fourrager à l'échelle de la zone reste également limité. A cause du statut juridique contraignant des terres, de l'extension de la céréaliculture sur des terres à vocation pastorale et des difficultés d'organisation des populations en coopératives pastorales, toutes les superficies plantées et ensemencées ont subi une dégradation avancée, voire même, totale.

Au niveau de la production animale, les sites améliorés sur le plan pastoral, en offrant une certaine production fourragère additionnelle, ont contribué à réduire les charges de l'achat d'aliments de supplémentation. Alors que sur le plan de la conduite des troupeaux, l'encadrement des élevages par l'ANOC a conduit à de meilleures performances de la production animale.

### 2.1.3 ZONE DE KHOURIBGA

---

L'alimentation de l'élevage au niveau de la zone de Khouribga repose principalement sur les parcours avec une contribution dans le bilan fourrager à hauteur de 40 %. L'assiette foncière des parcours de la province s'étend approximativement sur 200.000 ha, répartis selon le statut juridique entre le collectif pour 63% et le domaine forestier pour 36% (DPA, 1999). A cette étendue pastorale correspond un effectif ovin important pouvant atteindre, à certaine période de l'année, les 800.000 têtes, constitué d'un mélange de races : Sardi, Timahdit, Beni Guil, Jaune de Bejaâd et les produits de leurs croisements. Mais sous l'effet conjugué du rétrécissement de la superficie des terrains de parcours, comme partout ailleurs dans les autres

régions pastorales, suite à la mise en culture (El koudrim, 2014), à l'expropriation de vastes terrains par l'OCP (DPA, 1999), et à la sécheresse récurrente, la phytomasse des parcours n'a cessé de décroître.

Les principaux éléments traduisant cet état de dégradation sont : la disparition des espèces pérennes de bonne qualité pastorale et leur remplacement par des espèces envahissantes de faible valeur pastorales, composées essentiellement d'annuelles et d'espèces post-culturelles.

En revanche, malgré les difficultés énumérées ci-dessus et compte tenu des conditions écologiques et sociales de la zone, l'impact de l'action d'amélioration des parcours et le développement de l'élevage entrepris par l'Etat est positif. Ce qui peut être perçu à travers l'adhésion des éleveurs aux objectifs de l'action à travers la constitution d'associations pour la gestion des périmètres pastoraux et la plantation des terrains privés en alley cropping.

Les aménagements pastoraux ont contribué à l'augmentation de la production fourragère des sites améliorés, à la régénération de la végétation spontanée, au développement des essences forestières, à la réhabilitation des niches écologiques permettant la réinstallation de la faune et à la lutte contre l'érosion. De même, les disponibilités fourragères offertes par ces sites a permis de réduire les charges relatives à l'achat des aliments de bétail pendant la période d'ouverture des sites améliorés.

La prise de conscience de la part des éleveurs de l'apport fourragère substantiel des périmètres pastoraux aménagés les a amenés, par la voix de leur association, de demander l'extension de ces périmètres, notamment dans les zones arides à vocation pastorale, dans les cercles de Bejaad et Oued Zeem. Cet intérêt pour le développement des ressources fourragères a été également suscité par l'introduction des arbustes fourragers sur les terres Melk, associant les céréales, comme culture intercalaire, à l'*Atriplex nummularia*. Cette technique a été réalisée dans un cadre de partenariat entre l'Etat et les associations avec des participations respectives au financement de 60 % et 40 %.

C'est là la meilleure manière de ralentir les modifications rapides de l'occupation des sols et de freiner la cadence de la dégradation. Il s'agit, en fait, d'adopter une approche nouvelle d'intensification de la production agricole adaptée et durable et qui est parfaitement intégrée à l'élevage, c'est-à-dire une augmentation dans le rendement en biomasse par unité de terre, accompagnée d'une planification durable de l'utilisation des sols.

## 2.2 CARACTERISATION SOCIO-ECONOMIQUE

### 2.2.1 TAILLE DE L'EXPLOITATION

La taille moyenne des exploitations pour les petits agriculteurs est de 5,6 ha. Cette catégorie d'agriculteurs représente 43% du total des agriculteurs mais n'a le contrôle que sur 29% de la superficie totale. La taille moyenne des exploitations pour les moyennes et grandes exploitations est respectivement de 23 et 69 ha. La catégorie de taille moyenne des exploitations contrôle 52% de la superficie et représente 33% des agriculteurs de la zone. Les grands agriculteurs ne représentent que 24% mais contrôlent 19% des terres.

### 2.2.2 AGE, RESIDENCE ET SCOLARITE DU FERMIER

Le tableau 11 montre que l'âge moyen des agriculteurs au niveau de la zone d'étude est de 56 ans. Les agriculteurs appartenant à la catégorie des grandes exploitations sont les plus âgés avec une moyenne de 60 ans. Tous les agriculteurs ont une longue expérience dans l'activité agricole, plus de 30 ans d'expérience en moyenne. Environ 73% des agriculteurs sont résidents et le pourcentage le plus élevé de résidents est observé avec la catégorie de taille moyenne des exploitations (81%).

*Tableau 11 : Age du fermier, expérience en agriculture et résidence*

Taille de l'exploitation	Âge du fermier (années)	Expérience en agriculture (années)	Résident (en%)	Non-résident (en%)
Petit	54	33	70	30
Moyen	54	35	81	19
Grand	60	32	67	33
Tout	56	33	73	27

Le tableau 12 montre qu'environ 18% des agriculteurs sont analphabètes, 36% et 38% fréquentaient respectivement l'école primaire et secondaire et seulement 7% d'entre eux avaient un niveau d'éducation élevé.

*Tableau 12 : Niveau d'éducation des agriculteurs en pourcentage*

Taille de l'exploitation	Analphabète	École primaire	École secondaire	Université
Petit	10,00	47,50	40,00	2,50
Moyen	31,25	28,13	31,25	9,38
Grand	16,67	29,17	41,67	12,50
Tout	18,75	36,46	37,50	7,29

### 2.2.3 TAILLE DES MENAGES ET MODE D'OCCUPATION DES TERRES

Le tableau 13 montre que la taille des ménages varie d'une catégorie d'agriculteurs à l'autre. Il semble qu'il soit positivement corrélé à la taille de l'exploitation. La petite ferme a la plus petite taille de famille (5, 6 membres en moyenne) et le grand groupe de taille de ferme a la plus grande taille de ménage (8,63 membres en moyenne). En moyenne et pour toutes les catégories, 41% des membres du ménage sont des femmes. En ce qui concerne la disponibilité du travail agricole, 40% des membres de la famille du petit exploitant participent à des activités agricoles au sein de leurs exploitations, 30% ont des activités agricoles hors de leurs exploitations et 30% sont des membres non actifs. Par rapport aux autres catégories, les petits exploitants ont la plus grande disponibilité de travail agricole.

**Tableau 13: Taille du ménage et disponibilité du travail agricole**

Taille de l'exploitation	La taille du ménage	% de femmes	Activités à la ferme (%)	Des activités agricoles (%)	Membres non actifs (%)
<b>Petit</b>	5,61	43	40	30	30
<b>Moyen</b>	6,94	42	23	33	44
<b>Grand</b>	8,63	41	31	39	30
<b>Tout</b>	6,83	41	32	31	37

Selon le tableau 14, 83% des agriculteurs sont affiliés à une organisation agricole. En général, l'affiliation à une organisation agricole est négativement corrélée à la taille de l'exploitation. La majorité des petits exploitants sont affiliés à une organisation agricole (90%) et 70% de ces agriculteurs organisés sont affiliés à une coopérative laitière, ce qui montre l'importance de la production laitière pour cette catégorie d'agriculteurs.

**Tableau 14: Affiliation des agriculteurs à l'organisation agricole**

Taille de l'exploitation	% d'agriculteurs affiliés à une organisation agricole	Affiliation par type d'organisation agricole (%)		
		Coopératives de réforme agraire	Coopératives laitières	Les associations
<b>Petit</b>	90	3	72	26
<b>Moyen</b>	84	16	68	16
<b>Grand</b>	71	8	92	0
<b>Tout</b>	83	8	74	18

Le statut foncier des terres agricoles au niveau de la zone d'étude est privé mais les parcours sont en propriété collective. Le tableau 15 montre qu'en moyenne, 95% des terres agricoles sont sous système pluvial et seulement 5% de la superficie est irriguée.

**Tableau 15 : Régime foncier**

Taille de l'exploitation	Superficie agricole totale (ha)	Terre arable (ha)	% de terres pluviales	% terres irriguées
Petit	5,62	5,62	91	9
Moyen	22,96	22,96	94	6
Grand	68,50	59,20	97	3
Tout	26,73	25,01	95	5

Le tableau 16 montre qu'en général 97% du revenu du ménage provenait de l'agriculture. Les activités d'élevage et de culture contribuent à parts différentes aux revenus agricoles selon les conditions climatiques. Ainsi selon les agriculteurs, en année pluvieuse l'agriculture contribue fortement à la formation de revenu, alors qu'en année sèche, c'est l'élevage qui sauve la situation et peut contribuer à 100% à la formation de revenu. Cela montre l'importance accordée par les agriculteurs de cette région à ces deux activités malgré que leur intégration reste mal gérée et dépend de la taille de l'exploitation.

Il est à constater que la production céréalière, à elle seule, contribue avec plus de 70% au revenu des cultures.

**Tableau 16 : Contribution des activités agricoles au revenu**

Les revenus (en%)	Petit	Moyen	Grand	Tout
Revenu agricole	99	98	95	97
Revenu du bétail	53	48	44	49
Revenus des cultures	47	52	56	51
Revenus des céréaliers	63	82	72	71

#### 2.2.4 MECANISATION

Le niveau de mécanisation dans la zone d'étude pourrait être considéré comme passable car les activités d'ensemencement, de pulvérisation d'engrais et de protection des plantes sont réalisées en gros manuellement. Le tableau 17 montre que 81% des grandes exploitations possèdent un tracteur, 38% un semoir et 21% une moissonneuse-batteuse. Et seulement 8% des grandes exploitations possèdent des pulvérisateurs traînés.

**Tableau 17: Propriété de machines agricoles**

Type de machine	Petit (%)	Moyen (%)	Grand (%)	Tous (%)
<b>Tracteur</b>	13	31	81	34
<b>Semoir</b>	0	7	38	11
<b>Moissonneuse-batteuse</b>	0	9	21	8
<b>Presse</b>	3	0	8	3
<b>Cover-crop</b>	13	29	71	31
<b>Chisel</b>	10	19	33	11

En ce qui concerne la location des machines, environ 66% des agriculteurs ont accès à des machines agricoles via le marché de la location. En fait, environ 87% et 70%, respectivement, des petites et moyennes exploitations dépendent des services personnalisés.

Pour les exploitations de taille moyenne qui possèdent un tracteur (31%), les résultats montrent que le tracteur est principalement utilisé pour les activités de location, soit 82% du temps d'utilisation.

## 2.2.5 SYSTEME DE CULTURE

### 2.2.5.1 ZONES RELATIVEMENT FAVORABLES (PROVINCES DE SETTAT ET KHOURIBGA)

La principale saison de croissance des cultures s'étend de novembre à mai et la rotation principale est blé/orge/jachère. Cette rotation concerne 53% des petits exploitants, 72% des exploitations de taille moyenne et 92% des exploitations de grande taille. La rotation blé ou orge/jachère concerne 47% des petits exploitants, 28% des exploitations de taille moyenne et seulement 8% des grandes exploitations (Tableau 18).

Toutes les catégories d'agriculteurs utilisent des variétés de blé améliorées. 85% des petits agriculteurs ont déclaré qu'ils utilisent des semences de blé de qualité moyenne achetées sur le marché local ou chez leurs voisins. Respectivement, 78% et 65% des grands et moyens agriculteurs ont déclaré utiliser des semences de blé de bonne qualité.

**Tableau 18: Rotation des cultures pratiquée (en% d'agriculteurs)**

Taille de l'exploitation	Rotation biennale	Rotation sur trois ans	Céréales continues
<b>Petit</b>	47	53	0
<b>Moyen</b>	28	72	6
<b>Grand</b>	8	92	0
<b>Tout</b>	29	69	2

Les résultats montrent que pour les agriculteurs de cette région, les céréales représentent la principale culture en termes de superficie pour toutes les catégories d'agriculteurs (61%) et le blé est la principale céréale cultivée, il représente en moyenne 60% de la superficie des céréales pour les grand agriculteurs (Tableau 19).

**Tableau 19: Utilisation des terres en pourcentage des terres agricoles**

Taille de l'exploitation	Blé dure	Blé tendre	Orge	Avoine	Jachère	Autres
<b>Petit</b>	27	25	24	0	13	11
<b>Moyen</b>	14	27	21	10	16	12
<b>Grand</b>	7	33	27	6	20	8
<b>Tout</b>	11	28	22	9	22	29

Pour les petits agriculteurs, environ 76% de la superficie est cultivée en céréales et environ 62% et 67% de la superficie sont réservés aux céréales pour les agriculteurs de moyenne et grande taille respectivement (Tableau 19).

Selon la taille de l'exploitation, la jachère représente entre 13 et 20%. Les cultures fourragères représentent entre 5 et 10% de la superficie cultivée. Cependant, la superficie réservée aux légumineuses alimentaires a diminué considérablement ces dernières décennies. Selon les agriculteurs, cela est essentiellement dû à l'augmentation de l'utilisation d'engrais et au problème de la disponibilité de main-d'œuvre nécessaire pour le désherbage et la récolte des légumineuses alimentaires.

Le tableau 20 présente les rendements moyens des principales cultures obtenues au cours des trois dernières années. Le rendement maximal en blé est obtenu par les grandes exploitations (1,89 t/ha). Le rendement moyen du blé obtenu par les petits agriculteurs n'est que de 1,13 t/ha. Par rapport aux rendements en blé, les rendements en orge sont plus élevés et ce pour tous les types d'exploitations. En moyenne, les rendements d'orge sont 33% supérieurs à ceux du blé. La jachère joue un rôle important dans la production animale, les agriculteurs, surtout des zones favorables, collectent même le surplus qui peut atteindre en moyenne 1,89 t / ha de biomasse et le stock pour l'utiliser ou vendre en période de disette.

**Tableau 20: Rendements des principales cultures en tonnes par hectare**

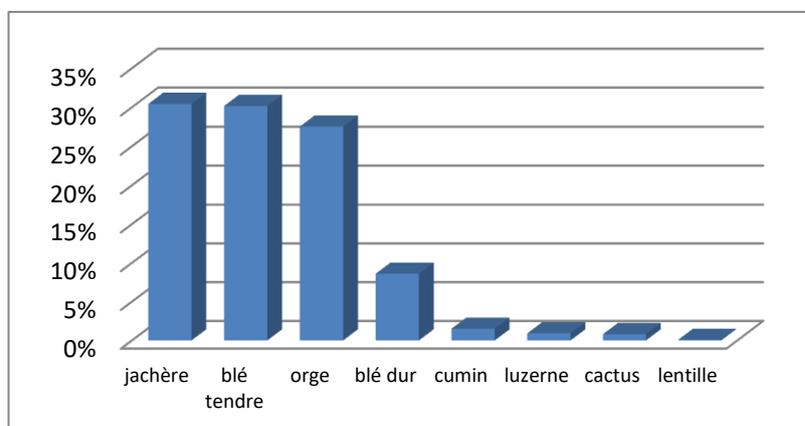
Taille de l'exploitation	Blé (t/ha)	Orge (t/ha)	Fourrages (t/ha)	Jachère (t/ha)
Petit	1,13	1,87	2,03	1,87
Moyen	1,60	2,03	2,53	1,86
Grand	1,89	2,26	2,43	1,93
Tout	1,54	2,05	2,33	1,89

### 2.2.5.2 ZONES DEFAVORABLES (RHAMNA)

Pendant les années 70 et surtout après les sécheresses des années 80 et le déclenchement du processus d'appropriation des terres collectives en 1979, la mise en cultures des parcours s'est intensifiée, facilitée par la mécanisation des travaux du sol. Les principales cultures pratiquées sont le blé dur, l'orge et le blé tendre.

Comme dans la majorité des zones agropastorales, le système dominant reste une combinaison céréales-jachère avec une dominance de la jachère en raison des effectifs importants que les agropasteurs possèdent. Dans notre cas, 30,4% de la superficie est laissée en jachère pour le pâturage des animaux, suivie par le blé tendre, l'orge et le blé dur avec des pourcentages respectifs de 30,2%, 27,5 et 8,6% (Figure 35). Après ces trois cultures viennent d'autres avec des parts ne dépassant pas 1,5% de la superficie totale.

Les cultures principales, demeurent le blé tendre, l'orge et le blé dur. Des cultures qui s'adaptent plus ou moins avec les conditions climatiques peu favorables de la région. D'autres cultures ont été essayées mais se trouvent freinées par les conditions du milieu et l'attitude de la population.



**Figure 35 : Taux d'assolements des terres agricoles**

Signalons l'apparition de l'olivier qui connaît une dynamique tout à fait exceptionnelle et qui ne cesse de gagner en importance, avec 24% de la population qui l'a déjà adopté et une grande majorité qui espère l'introduire dans un futur proche. Les chiffres enregistrés montrent une moyenne de 56 arbres par exploitation, un minimum de 2 et un maximum de 330. Mais, les rendements de cette culture sont encore faibles.

Le blé dur, le blé tendre et l'orge sont cultivées exclusivement sur des terres Bour. Cette céréaliculture est caractérisée par un manque de moyens jumelé à des conditions climatiques défavorable et un sol squelettique pierreux. Par conséquent, les rendements sont le plus souvent faibles avec une moyenne ne dépassant pas les 13 qx/ha.

**Tableau 21 : Rendements des céréales.**

	<b>Blé dur</b>	<b>Blé tendre</b>	<b>Orge</b>
<b>Rendement moyen</b>	13	12	11
<b>Rendement minimal</b>	6	1	2
<b>Rendement maximal</b>	33	25	25

Les rendements moyens, comme le montre le tableau ci-dessus, sont respectivement de l'ordre de 13, 12 et 11 qx/ha pour le blé dur, le blé tendre et l'orge, tandis que, les minimas arrivent jusqu'à 1 ou 2 qx/ha, surtout en année sèches et pour les parcelles accidentées et mal entretenues. En ce qui concerne les maximas, les agropasteurs parvient à des rendements de 33 qx/ha pour le blé dur et 25 qx/ha pour le blé tendre et l'orge en année de bonne pluviométrie et sur des sols de bonne qualité.

Les prix de vente sont en moyenne de 230 Dh/q pour le blé dur, 200 Dh/q pour le blé tendre et 150 Dh/q pour l'orge. Il faut signaler en revanche que seulement 39%, 43% et 7% respectivement de ces cultures sont destinées à la vente, le reste étant destiné pour la consommation du ménage (blé dure et blé tendre) et la consommation animale (orge).

Pour la commercialisation de ces produits, elle se fait essentiellement (plus de 75%) par le biais d'intermédiaires qui viennent acheter les productions sur place. Ceci est dû principalement au manque de moyens de transport pour l'acheminement des productions jusqu'aux Souk et au manque des infrastructures de base, notamment les routes.

### *a/ Agriculture en sec*

La population pratique une agriculture pluviale, rendue possible par l'appropriation des terrains de parcours et leur mise en culture. Les superficies possédées par famille se situent autour de 100 Khaddam<sup>2</sup>, soit 16 ha. C'est le cas de 80 % des familles. Une autre catégorie de famille, autour de 15 %, plus pourvue en terre, possède entre 200 à 300 Khaddam. Une minorité détiendrait jusqu'à 700 Khaddam. Ce capital foncier familial est souvent maintenu en indivision tant que les conditions le permettaient. De la même façon, la famille reste regroupée. En effet, la norme suivie localement voudrait que le père et ses fils mariés restent unis. De même, les frères tendent à rester unis après le décès de leur père.

Les cultures pratiquées sont les blés dur et tendre, l'orge, les fèves et le petit-pois, et enfin, le cumin et le lin, et ceci selon les zones agro-écologiques. Si la pratique de l'agriculture était un moyen de s'approprier la terre, depuis le partage de celle-ci, la mise en culture vise la production et l'accroissement de la richesse. La mécanisation, introduite à partir du milieu des années 70 par location de tracteur, a permis i) la mise en culture de plus de surface que ne le permettait l'usage des attelages, et, ii) l'accroissement des chances d'une meilleure production de céréales. Actuellement, un nombre important de chef de famille s'est équipée de tracteurs. La productivité des céréales en année bonne est variable selon la qualité des sols et le mode de conduite, et peut être estimée entre 15 et 20 sacs<sup>3</sup> par ha, avec des maximums atteignant les 30 sacs. En année sèche, la totalité de la production céréalière est valorisée par pâturage direct.

### *b/ Agriculture irriguée*

Depuis la fin des années 1900, de nombreuses exploitations ont procédé au creusement de puits, équipés de motopompe. La profondeur des puits peut aller de quelques mètres à des centaines de mètres pour trouver cette denrée rare. L'eau sert à irriguer quelques carrés de luzerne ou de petits vergers d'olivier. La surface irriguée ne dépasse guère quelques Khaddam voir quelques hectares pour les plus aisés. C'est pour dire que les possibilités d'une agriculture irriguée restent limitées. Ceci a créé de minuscules îlots de verdure qui tranchent avec la monotone aridité du paysage.

---

<sup>2</sup> Un Khaddam est égal au sixième d'hectare.

<sup>3</sup> Un sac = 60-70 kg pour l'orge et 80-90 kg pour les blés.

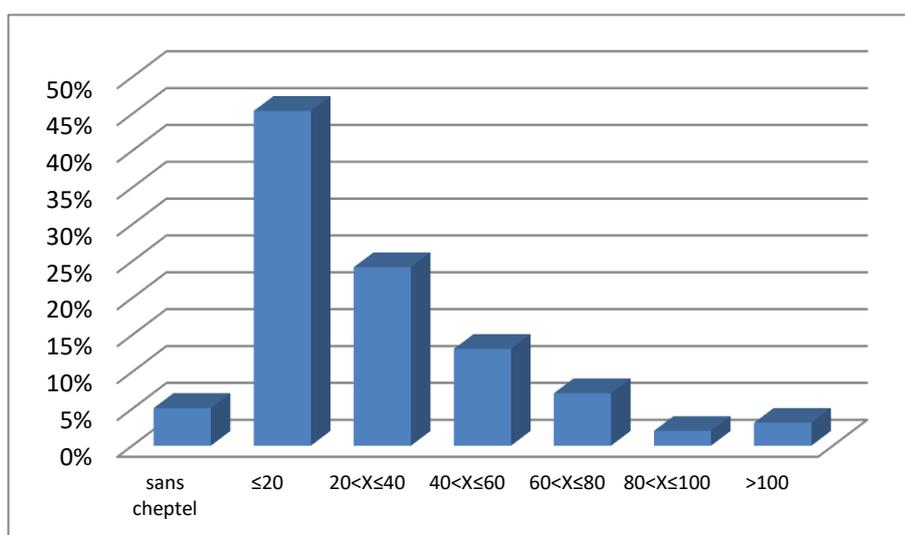
## 2.2.6 PRODUCTION ANIMALE

Le système de production est basé sur l'intégration entre les cultures et l'élevage. Le système de production animale montre que la production ovine est importante dans la région (Tableau 22). Les petits ruminants dominent et la taille du troupeau est positivement corrélée à la taille de la ferme. Les bovins sont élevés pour la production de lait, ce qui explique le nombre important d'agriculteurs affiliés aux coopératives laitières.

**Tableau 22 : Taille du troupeau par catégorie d'exploitation**

Taille de l'exploitation	Ovins (têtes)	Bovins (têtes)	Caprins (têtes)
Petit	13,25	3,32	2,38
Moyen	35,56	6,16	4,69
Grand	52,08	8,92	1,79
Tout	30,40	5,67	3,00

### 2.2.6.1 CARACTERISATION DE L'ELEVAGE



**Figure 36 : Répartition du cheptel ovin.**

L'effectif moyen dégagé par l'enquête est de 33 têtes, avec un minimum de 0 (pour des personnes se basant sur d'autres activités génératrices de revenu) et un maximum de 150 têtes. Des personnes ressources nous ont révélé des chiffres dépassant les 200 têtes. La sous-déclaration étant une pratique courante.

Comme le montre le graphe ci-dessus, 45,4% des familles ont un effectif ne dépassant pas 20 têtes, 24,2% entre 20 et 40, 13,1% entre 40 et 60, alors que, seulement 12,2% ont des effectifs au-dessus de 60 têtes. Des chiffres qui nous amènent à dire que même avec la renommée de la

région comme territoire d'élevage par excellence, les effectifs sont très faibles et ne reflètent guère cette renommée.

Cet élevage est souvent associé à un élevage bovin et/ou caprin avec des pourcentages respectifs de 74% et de 45,5% des cas. Cependant, ils sont moins développés que le premier en raison des charges importantes qu'engendrent l'élevage bovin.

En revanche, l'élevage bovin laitier connaît une dynamique assez particulière et il est de plus en plus pratiqué. Une dynamique due principalement au gain qu'offre cette activité, où la moyenne des transactions dépasse les 8000 DH par an pour les exploitations qui le pratiquent. Mais, les effectifs restent encore très faibles (2 vaches comme moyenne) et la conduite peu performante.

#### 2.2.6.2 ALIMENTATION DU BETAIL

---

Pour l'affouragement de ces effectifs, la population se base sur trois sources principales : les aliments provenant de l'exploitation, du parcours et du marché. Avec des proportions variables (dans le temps et dans l'espace) et qui sont très influencées par l'abondance des ressources pastorales au niveau local ainsi que de la disponibilité et du prix des aliments sur le marché.

Par ailleurs, à travers l'acquisition de nouveaux terrains par appropriation privative, on constate une augmentation des parts d'affouragement en provenance de l'exploitation et des parcours privés. La contribution de l'exploitation est passée de 15,3% à 23,4% et celle des parcours privés de 20,5% à 25%. Comme effet direct de ces changements, le pourcentage des aliments achetés au marché a diminué de 12 points par rapport au passé. Les charges propres à la supplémentation et à l'engraissement ont relativement diminué, avec une moyenne de 871 DH au lieu de 1.188 DH dépensée chaque semaine.

Ainsi les changements dans les ressources alimentaires du bétail ont affecté les stratégies de conduite des troupeaux, notamment, la mobilité des troupeaux, la supplémentation et l'engraissement.

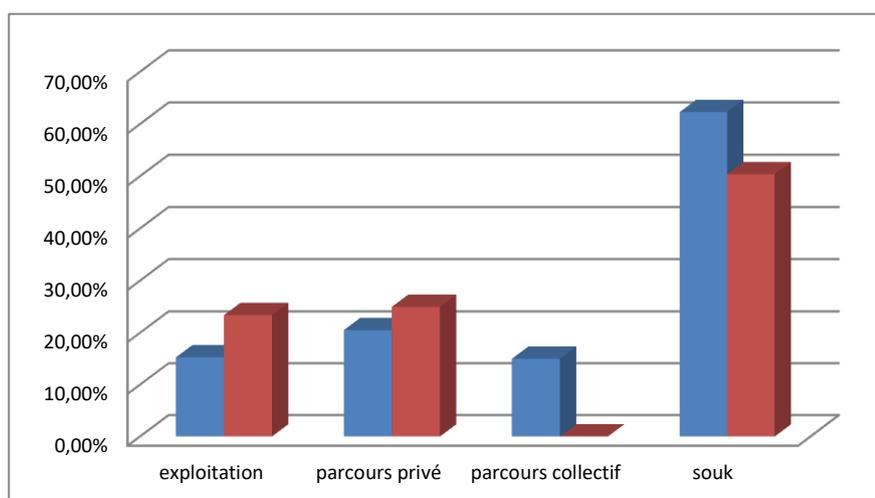


Figure 37 : Provenances de l'alimentation du bétail dans le passé (bleu) et actuellement (rouge).

## 2.3 STRATEGIES DE CONDUITE DES TROUPEAUX

### 2.3.1 MOBILITE DES TROUPEAUX

La région a été connue par une forte activité de mobilité des troupeaux. C'est l'une des stratégies pour sortir des situations difficiles, en cas de manque de ressources à l'échelle locale et leur abondance dans d'autres régions. En effet, 75% des éleveurs se déplaçaient vers le Gharb et Chaouia et y séjournaient pour une durée moyenne de 4 mois/an. Actuellement, la majorité des éleveurs ont abandonné cette transhumance. Parmi ceux-ci, 57% l'ont abandonné, bien avant les années 80, alors que le reste l'a quitté à partir des années 90 pour plusieurs causes dont le manque d'effectif suffisant (69,2%) et l'abondance de l'élevage par les jeunes.

Les déplacements se faisaient généralement en groupe, avec la compagnie de personnes proches (amis, frères, fils, cousins, etc.) et rarement avec des femmes. La participation des femmes concerne, dans de rares cas, les exploitations pauvres et ne disposant pas d'autres alternatives.

### 2.3.2 SUPPLEMENTATION ET ENGRAISSEMENT

De nouvelles formes de conduite de l'élevage, la supplémentation et l'engraissement, sont apparues à partir des sécheresses des années 80, et se sont imposées comme stratégies pour améliorer l'efficacité des élevages et augmenter les revenus des éleveurs.

La supplémentation est pratiquée dans la totalité des exploitations avec un coût moyen d'achat des aliments de 81 DH/mois/tête. Alors que l'engraissement est pratiqué dans 61,5% des cas, avec un coût moyen de 163,5 DH/mois/tête sur une durée de trois mois en moyenne et permet de concéder le produit à des prix dépassant les 3000 DH/tête, notamment à l'occasion d'Aïd Al Adha.

Mais, généralement les ovins sont vendus avant d'atteindre le poids optimum à la vente. Ceci s'explique par la faiblesse de la trésorerie qui ne permet pas aux familles d'attendre et sont souvent obligés de vendre un à plusieurs têtes par mois pour subvenir aux besoins du ménage.

Rappelons que les dépenses propres à chacune de ces deux pratiques se résument à la période correspondant au manque de l'aliment dans les parcours et dans l'exploitation. Et pour l'engraissement les charges suscitées correspondent aux mois précédents la vente.

### 2.3.3 ÉVOLUTION DES SYSTEMES D'ELEVAGE

---

Comme on a pu constater, l'élevage constitue une activité importante pour la population et une de leurs principales sources de revenu. L'élevage a connu d'innombrables changements, que ce soit en termes d'effectif, de conduite et d'itinéraire technique ou ce qui concerne sa part dans le revenu des ménages, comme nous tentons de l'analyser dans ce qui suit.

#### 2.3.3.1 ELEVAGE OVIN

---

Le type d'élevage prédominant dans la région est l'élevage ovin. Au paravent, il constituait le capital de base des familles et leur principale source de revenu. Il continue toujours à l'être mais, avec des combinaisons avec l'agriculture et d'autres activités non agricoles.

L'activité de l'élevage dans la région connaît d'importantes hétérogénéités dans le temps et dans l'espace, avec, semble-t-il, de grands effectifs dans le passé. Les résultats de nos enquêtes montrent que, dans le passé, seulement la moitié ( $\pm 50\%$ ) de la population détenait un cheptel, mais avec de grands effectifs alors que le reste travaillait comme bergers ou associés. Par contre, actuellement 95% de la population détient un cheptel avec des effectifs très variables allant de quelques têtes jusqu'à des troupeaux de centaines de têtes.

Pendant les trois dernières décennies, de profonds changements ont affecté les systèmes d'élevage, où l'on est passé d'un système extensif basé sur des grands mouvements de transhumance, à un système toujours extensif associé à des pratiques telles que

l'engraissement et la supplémentation. Ces dernières sont apparues après les sécheresses des années 80 pour prendre de l'ampleur petit à petit jusqu'à une généralisation quasi-totale pendant les dernières années.

Jadis, l'engraissement se pratiquait en une seule période, qui précède l'Aid El Kebir. Actuellement, avec les nouvelles alternatives qu'offrent les nouveaux moyens et le marché, les éleveurs raisonnent leur engraissement en deux périodes. Une première au printemps où la ressource pastorale est abondante, donc les coûts sont optimisés et une autre avant l'Aid El Kebir qui offre la meilleure opportunité aux éleveurs de vendre leur production au meilleur prix<sup>4</sup>.

#### 2.3.3.2 ELEVAGE BOVIN ET CAPRIN

---

L'élevage bovin est apparu à partir des années 70. Jusqu'avant 1996, le système était de type extensif, exclusivement de race locale et des effectifs ne dépassant pas les 3 têtes par famille. Après, des stratégies d'intensification se sont installées à travers l'engraissement et la production de veaux. La production et la vente du lait reste une activité très rudimentaire à cause du manque d'infrastructures nécessaires. En somme et même avec des effectifs qui atteignent un maximum de 7 têtes pour quelques rares familles, l'élevage bovin reste une activité qui souffre de manque de moyens et de conditions naturelles favorables à son développement.

En revanche, l'élevage caprin, est une activité qui ne cesse de perdre de l'importance du fait de son exigence en espace. Et comme nous l'avons précisé dans le chapitre précédent, on est dans le cas où l'élevage et agriculture s'acharne sur un espace en diminution continue et qui reste insuffisant pour une telle activité.

En somme, on peut dire que l'élevage a constitué et constitue la principale activité de la population des zones arides des plateaux et plaines nord atlasique. Cependant, c'est un système dynamique qui évolue et s'adapte en fonction des contraintes et des opportunités que lui offre son milieu et son environnement externe.

---

<sup>4</sup> Dans le cas où l'Aid El Kebir coïncide avec le printemps, les éleveurs ne font qu'un seul engraissement par an, mais dans ce cas, les gains sont importants du fait de l'utilisation du fourrage des parcours pour minimiser les coûts propres aux aliments achetés du marché.

Dans ce qui suit, nous essayerons de situer la place et l'importance de cette activité pour pouvoir comprendre son imbrication dans le système pastoral.

#### 2.3.4 MODES DE CONDUITE DES ELEVAGES

---

L'élevage est constitué principalement d'ovins et accessoirement de caprins et de bovins. L'élevage est l'activité principale des familles, leur capital de base et la source primordiale de revenu. Toutes les familles possèdent du bétail. Cependant, des différences dans les tailles des troupeaux existent entre propriétaires. Le maximum déclaré est de 200 brebis, mais des chiffres plus importants sont possibles. La moyenne se situerait entre 30 et 80 têtes, le minimum serait de 10 à 20 têtes. Les races d'ovin élevées sont principalement Sardi, Bajaâd, Timahdit et leurs croisements. Les caprins sont également présents mais dans des proportions moindres ; leur nombre ne dépasse guère les 5 à 10 têtes par famille. Le nombre de bovins varie en moyenne de 2 à 10 têtes par famille, avec une grande disparité entre zones et systèmes de production.

Les pratiques de conduite de l'élevage ont connues des changements importants ces dernières décennies et se sont traduites par des améliorations des revenus des familles. Il s'agit notamment de la pratique de l'engraissement qui est apparue après la sécheresse des années 80, pour prendre de l'ampleur d'année en année et se généraliser, de nos jours, dans toute la zone. L'engraissement a d'abord concerné les ovins et caprin, puis les bovins.

L'engraissement des ovins visait d'abord le marché de fête de sacrifice (l'Aïd Al Kebir), avant de devenir une activité indépendante de cette fête, à l'instar de ce qui se passe dans d'autres zones pastorales du Maroc (Bechchari et al. 2006). Plusieurs petits lots d'agneaux peuvent être engraisés au cours d'une même année. L'engraissement est tributaire de capitaux à disposition des familles pour acquérir des aliments et de l'esprit d'entreprise de leur chef. Toujours est-il que la pratique de l'engraissement la plus courante concerne la fête de sacrifice et la période estivale.

L'engraissement des bovins, pratique relativement plus récente trouve son corollaire dans l'introduction de bovins de race améliorée et les débuts de développement des cultures fourragères, la luzerne, notamment sur des petits lots irrigués. Bien que la pratique ne soit pas généralisée, elle compte de nombreux adeptes parmi la population aisée et constitue un projet convoité par d'autres, vu ses retombées positives sur les revenus des familles.

L'activité d'élevage produit d'autres effets sur les rapports sociaux de production à travers la pratique des associations, qui est une des catégories des pactes ruraux (Mehdi, 2010). Le propriétaire d'un troupeau le confie à un berger qui le fructifie pendant une année et rétrocède une partie des bénéfices au propriétaire.

Les associations reprennent de plus belle en bonne année. Et c'est compréhensif. L'herbe étant disponible et gratuite, les petits éleveurs ou les bergers sans bétail sont encouragés à s'engager dans ces «entreprises de courtes durées». Ainsi, apparaît l'incidence du climat sur les relations sociales. Les associations d'élevage portent généralement sur des troupeaux de petits ruminants allant de 60 à 100 têtes. Les grands éleveurs recourent à cette pratique pour multiplier leur rente et les bergers pour assurer un revenu ou, probablement, se constituer un capital.

---

## *2.4 STRATEGIES D'ALIMENTATION DU CHEPTEL*

---

### 2.4.1 SOURCES D'ALIMENTATION

---

Les pertes considérables de bétail et l'incertitude de la production de biomasse, toutes deux causées par la recrudescence de la sécheresse dans les horizons des agriculteurs depuis les années 1980, les ont incités à adapter leurs stratégies en matière d'alimentation. Cette adaptation, rendue possible par des politiques gouvernementales spécifiques (programme de sauvegarde du cheptel), s'est principalement traduite par la pleine exploitation des ressources disponibles et la diversification de l'approvisionnement en aliments pour animaux.

L'alimentation animale est généralement caractérisée par trois propriétés (Ben Salem et al., 2008): la teneur en fibres, la teneur en éléments nutritifs (en particulier les protéines brutes) et la digestibilité. Fondamentalement, les fourrages (composés principalement de tiges ou de feuilles) offrent une teneur élevée en fibres brutes, tandis que les sous-produits céréaliers et agro-industriels sont principalement intéressants pour leur teneur en protéines brutes et/ou leur digestibilité.

Les options de fourrage sont variées: pâturage sur chaume, paille, jachère, fourrage de légumineuses (pois, féverole, luzerne,... pour pâturage et foin), fourrage de céréales (fourrage vert d'orge, d'avoine, de triticale). Les pâturages ne sont plus une alternative vue leur dégradation très poussée. Les jachères et les cultures fourragères sont fauchées au printemps. Après la mise en balle du foin, les animaux broutent les chaumes. Malgré un certain déclin de

la biodiversité, causé par l'expansion des cultures, la privatisation et l'intensification, la densité des adventices reste très importante et varie entre 885 et 6192 plantes par m<sup>2</sup>. La plupart des adventices sont consommées par les animaux, avec les chaumes ou dans les parcelles en jachère.

D'après notre enquête auprès des ménages, tous les agriculteurs utilisent de la paille pour l'alimentation en stabulation, à l'exception de quelques petits exploitants qui pratiquent une rotation entre jachère et céréale; ainsi ils n'ont pas accès à la paille chaque année. En outre, certains éleveurs alimentent leurs animaux avec du foin fourrager et/ou du foin de jachère (produit sur exploitation et/ou acheté). Enfin, l'utilisation de l'orge en hiver (orge déprimé de décembre à février) est souvent pratiquée en année pluvieuses.

En ce qui concerne la supplémentation, les agriculteurs utilisent des céréales (principalement de l'orge), du son et des concentrés industriels. Le son de blé et ses concentrés sont largement répandus et disponibles grâce notamment aux subventions octroyées par l'état depuis les années 1980. Comme le grain, la teneur en protéines du son est modérée, mais sa digestibilité est élevée (Ben Salem et al., 2008). Le son est utilisé par 94% des éleveurs. La pulpe de betterave à sucre est utilisée par 86% des propriétaires de bovins laitiers, tandis que le concentré industriel est de plus en plus utilisé. Certains éleveurs utilisent également du maïs, de la fève et de la féverole souvent achetés. Les blocs alimentaires et les tourteaux ne sont pas utilisés dans cette zone. Le prix des sous-produits agro-industriels est stable car garanti par le gouvernement, y compris les années sèches.

Au niveau de la zone d'étude, les agriculteurs ne dépendent pas d'une seule ressource pour nourrir leurs animaux. Ils essaient autant que possible de combiner différents aliments fournissant quantité et qualité aux animaux ; fibres, protéines et digestibilité. Par conséquent, les rations préparées en stabulation sont constituées de paille ou de foin, complétées par des céréales ou des sous-produits. De même, le pâturage direct sur les parcelles récoltées fournit aux animaux un contenu en fibres (chaume) et en digestibilité (grain résiduel), parfois complété par des protéines supplémentaires dans les étables. Les agriculteurs essaient en général de nourrir leurs animaux avec des aliments gratuits (principalement les résidus de culture et les sous-produits) le plus longtemps possible.

#### 2.4.2 ROLE DES RESIDUS DANS L'ALIMENTATION DU BETAIL.

---

Au Maroc, les résidus de culture fournissent 30 à 40% des aliments du bétail (Magnan et al., 2012). Au niveau de la zone, tous les agriculteurs paissent le plus longtemps possible sur les chaumes, entre la récolte et les premières pluies de l'automne. Ensuite, la paille devient la ration de base à l'auge, tout au moins en hiver.

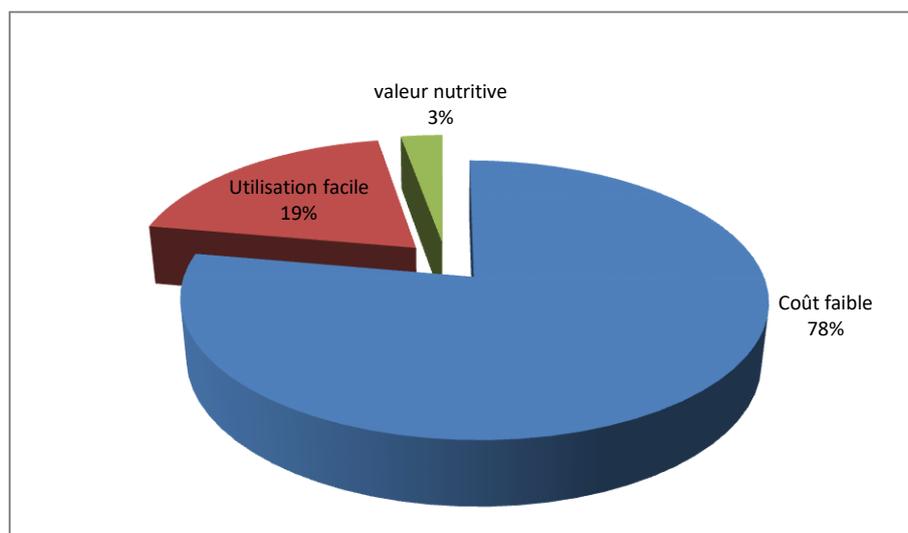
En général, le chaume est plus nutritif que la paille, grâce aux matériaux verts et aux grains résiduels laissés après la récolte (Magnan et al., 2012). Selon Boulal, 2001, ce grain apporte une valeur ajoutée considérable et offre un aliment nutritif «gratuit» pendant quelques semaines, au cours d'une année normale. La plupart des études montrent que le grain, rapidement sélectionné par les ruminants, disparaît après un mois, en fonction du rendement et du taux de chargement.

Le chaume sans grain, tout comme la paille, est déficient en plusieurs nutriments essentiels (Guessous et al., 1989). Sa teneur en azote digestible est faible (Boulal, 2001). De nos jours, la paille n'est jamais donnée aux animaux sans supplémentation. Les agriculteurs ont mentionné certains effets sur les poils d'animaux visibles après une semaine en l'absence de supplémentation.

Il est à noter également que les avantages du chaume dans les premières semaines après la récolte sont atténués par le fait que les animaux dépensent plus d'énergie en se déplaçant, plutôt que d'être nourris dans des étables (Magnan et al., 2012).

Aussi, les résidus de céréales sont-ils riches en fibres mais pauvres en protéines brutes (Ben Salem et al., 2008). Le chaume, après quelques semaines de pâturage, et la paille doivent être complétés.

De ce fait et selon les agriculteurs, l'intérêt des résidus de culture pour nourrir le bétail réside principalement dans son faible coût et sa facilité d'accès (Figure 38).



*Figure 38 : Perception des avantages des résidus de culture pour l'alimentation du bétail*

#### 2.4.3 CALENDRIER FOURRAGER

Le régime alimentaire des ovins et des bovins, principalement déterminé par la saisonnalité de la biomasse, n'est pas différencié par espèce, race ou sexe. Les brebis en gestation n'ont pas de régime alimentaire spécifique, même si une alimentation riche est cruciale pour la santé et le taux de survie des agneaux (Guessous et al., 1989). Ceci est lié à l'absence de contrôle de la reproduction. Les béliers et les brebis paissent dans le même pâturage toute l'année, de sorte que les périodes de reproduction sont libres et s'échelonnent dans le temps. L'activité sexuelle des moutons est plus intense de mai à novembre, voire février, selon la race (Boulal, 2001). Guessous et al. (1989) notent que cela coïncide avec la période de pâturage du chaume, qui peut être insuffisante pour répondre aux besoins spécifiques des brebis. L'agnelage a lieu principalement d'octobre à janvier (Boulal, 2001), au cours de l'alimentation en stabulation hivernale, autre période sensible pour les éleveurs pauvres.

##### 2.4.3.1 CALENDRIER FOURRAGER PENDANT LES ANNEES NORMALES

Au cours d'une année normale, les moutons et les bovins broutent le chaume pendant environ 3 mois après la récolte, en juin. Une minorité d'agriculteurs complète ce régime avec des rations (paille, céréales, sous-produits), surtout après un mois lorsque le chaume devient très pauvre en nutriments. Dans une bonne année, le chaume peut durer plus longtemps, jusqu'aux

premières pluies (fin octobre). L'alimentation en stabulation commence en septembre-octobre. C'est la première période sensible pour l'alimentation. Les rations contiennent un mélange de paille, de foin (fourrage, adventices), de céréales, de maïs, de son et de concentré, selon la capacité de l'agriculteur. Certains agriculteurs ont mentionné que les rations étaient réduites après les premières pluies, à la fin de l'automne. Les troupeaux sont envoyés dès que possible aux jachères, de janvier à février. Au cours d'une bonne année, les troupeaux peuvent paître la jachère ainsi que les parcelles fourragères après la tonte (en avril), jusqu'à la récolte des céréales en juin. Sinon, les rations sont nécessaires. Ce deuxième intervalle d'alimentation peut durer plusieurs semaines. Cela peut être essentiel pour les petits agriculteurs, car la paille et le grain sont moins disponibles.

Le régime alimentaire des ovins et des veaux élevés pour l'engraissement consiste exclusivement en une alimentation en stabulation. Les agneaux sont engraisés pendant plus ou moins 3 mois et vendus avant l'Aïd Al Kebir. Les veaux sont également engraisés en prévision de l'Aïd, mais certains agriculteurs choisissent également d'engraisier les veaux en automne et début de l'hiver. Les animaux engraisés reçoivent les mêmes rations que le troupeau (paille, foin, céréales, sous-produits) mais en plus grandes quantités. A titre d'exemple, une ration journalière pour un mouton engraisé est de 1,5 kg, contre seulement 0,5 kg de la même ration pour une brebis.

#### 2.4.3.2 CALENDRIER FOURRAGER PENDANT LES ANNEES SECHES

---

La rareté de la biomasse pendant les années sèches nécessite des ajustements dans les stratégies d'alimentation. Changer la taille du troupeau peut être une marge d'ajustement (Magnan, 2015), en particulier pour les agriculteurs qui ne peuvent pas satisfaire le besoin croissant d'aliments commercialisables. Réduire le nombre d'animaux engraisés ou la taille du troupeau sont deux options citées par les agriculteurs. Alléger les rations est une autre option, qui peut s'avérer néfaste pour la santé animale. Les politiques nationales mises en place après les sécheresses dramatiques des années 80 (Exemple : programme de sauvegarde du cheptel) offrent des possibilités aux éleveurs, telles que la distribution subventionnée d'aliments pour animaux et la stabilité des prix des sous-produits. L'efficacité de tels programmes est toutefois contestée par les agriculteurs.

Pendant une année sèche, les agriculteurs exploitent le plus longtemps possible les parcours, les jachères et les chaumes disponibles. Ils peuvent compter sur un pâturage en jachère de 1 à

2 mois à la fin de l'hiver et de 2 à 4 semaines de pâturage de chaume en été, en plus d'un apport des parcours qui ne dépasse guère les 10 à 20% des besoins du cheptel et qui peut être étalé sur 6 mois voire même toute l'année (Figure 39). Ils doivent à leur tour faire face à deux longues périodes d'alimentation critiques, d'avril à mai et d'août à janvier, où le foin, la paille stockée et les aliments commercialisables jouent un rôle crucial pour maintenir l'état du troupeau. Le calendrier alimentaire et la composition des rations des animaux ne changent pas les années sèches.

Année	Ressources alimentaires	Jan	Fév	Ma	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
	Parcours												
	Chaume												
	Jachère												
	Orge déprimé												
Normale	Paille												
	Foins												
	Orge grain												
	Son												
	Concentré												
Année	Ressources alimentaires	Jan	Fév	Ma	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
	Parcours												
	Chaume												
	Jachère												
	Orge déprimé												
Sèche	Paille												
	Foins												
	Orge grain												
	Son												
	Concentré												

Figure 39 : Calendrier fourrager type caractéristique de la zone d'étude

#### 2.4.4 BESOINS ALIMENTAIRES

Les habitudes alimentaires du cheptel sont dominées par la paille et le grain d'orge (Tableau 23). Le son et le concentré constituent également une part substantielle de l'alimentation du bétail.

Table 23 : Besoin en alimentation pour une UZT\* en année normale

Aliment	Unité	Quantité
Grain d'orge	Kg	3,400
Son	Kg	2,300
Concentré	Kg	1,400
Paille	Balle	41
Foin	Balle	4

\*Unité zootechnique tropicale (équivalent à 9 moutons) = nombre de brebis x 0.11 + nombre de béliers x 0.15 + nombre d'agneaux x 0.05 + nombre de vaches x 0.7 + nombre de veaux x 0.4 + nombre de chevaux et ânes x 0.8

Fournir du grain d'orge les années sèches est un défi. Seulement 27,8% des exploitants sont autosuffisants après une sécheresse. Un agriculteur médian manquera de 3,25 t de grain d'orge pour couvrir ses besoins annuels jusqu'à la prochaine récolte, à moins que la taille du troupeau et les rations changent ou que du grain puisse être prélevé sur des stocks plus anciens.

La paille représente 57% du fourrage nécessaire aux agriculteurs. De plus, c'est le seul fourrage pour 22% des agriculteurs. Un agriculteur moyen a besoin de 688 balles de paille par année, ce qui est loin d'être couvert par la récolte (production moyenne en année sèche: 71 balles). Le déficit pourrait être partiellement comblé par la paille stockée des récoltes précédentes. Cependant, 54% des agriculteurs ne peuvent pas stocker de balles de paille plus d'un an après une année normale. Seulement 11% ont pu stocker suffisamment de paille pour combler l'écart créé par une sécheresse.

#### 2.4.5 DEPENSE ALIMENTAIRE

---

En fin de compte, la majorité des agriculteurs ne sont pas autosuffisants pour leur alimentation pendant les années sèches alors que, dans les années normales, ils doivent toujours se procurer des sous-produits ainsi que des céréales et du fourrage supplémentaires. Les dépenses annuelles en aliments d'un agriculteur pour 1 UBT (Unité bétail Tropical équivalent à 9 moutons) sont considérables: 1.446 DH en année normale, 4.881 DH en année sèche (tableau 18). A l'échelle de l'exploitation, un agriculteur dépense 18.312 DH en année normale et 55.095 DH en année sèche (tableau 19). Ces indicateurs illustrent l'impact considérable de la sécheresse sur le budget de l'agriculteur.

En années normales, les principales dépenses liées aux aliments pour animaux consistent en l'achat de son et de pulpe de betterave à sucre (tableau 20). 27,8% des éleveurs doivent acheter du grain d'orge et 22,2% dépensent de l'argent pour la paille. Le maïs est également un poste de dépenses important. La situation est opposée les années sèches. 70 à 80% des agriculteurs n'ont d'autre choix que d'acheter de l'orge et de la paille.

Le nombre d'animaux engraisés et vendus est un indicateur pertinent de la productivité du système d'élevage. Plus il est élevé, plus il est possible de réaliser des économies d'échelle (par exemple, l'embauche de bergers, achat des aliments composés).

**Table 24 : Dépenses alimentaires annuelles (DH/UBT)**

	Année normale	Année sèche
Median	1.446	4.881
Moyenne	3.712	8.571

**Table 25 : Dépenses totales annuelles par exploitation(DH)**

	Année normale	Année sèche
Moyenne	27.700	70.956
Median	18.312	55.095
Ecartype	34.403	61.625
Minimum	2.500	1.250
Maximum	167.750	248.028

#### 2.4.6 LOCATION DE PATURAGE

Outre l'achat d'aliments pour les animaux, certains agriculteurs soustraient des dépenses indirectes liées à la production de résidus de récolte et à la mise en balles, à l'embauche de bergers, pour les grands producteurs et pour les petits exploitants, la location de terrain pour le chaume ou le pâturage en jachère.

En effet, 19,4% des éleveurs louent des parcelles pour le pâturage en chaume et 45,7% pour le pâturage en jachère. Pour le chaume, une grande partie des agriculteurs concluent des accords avec les propriétaires afin de faire paître librement leurs animaux ou pratiquent le pâturage illicite sans autorisation. Le pourcentage d'agriculteurs qui louent des parcelles pour le pâturage en jachère est beaucoup plus élevé, le pâturage libre étant difficilement applicable en jachère. La location d'autres parcelles à des fins de pâturage est une première option pour les petits exploitants ayant des troupeaux importants. Cela est particulièrement important pour les petits exploitants qui alternent céréales et jachères, car tous les deux ou trois ans, ils n'ont pas ou peu de jachères dans leur ferme. Le paiement des droits de pâturage en jachère est logiquement corrélé au taux de chargement. De même, il existe une corrélation négative avec la superficie cultivée. En outre, ceux qui ont des droits fonciers plus solides semblent être moins sujets au paiement de droits en jachère. Le rapport moyen jachère-fourrage/céréales de ceux qui paient des droits de jachère est de 34% (contre 29% pour l'ensemble de la population), ce qui signifie que ces agriculteurs consacrent déjà une partie de leur exploitation à la jachère ou au fourrage.

Dans les zones semis arides (Khouribga et Settât), les agriculteurs louent en moyenne 2 à 2,5 ha de pâturage. La détermination du prix des droits de pâturage est le fruit d'une négociation informelle, mais d'une manière générale les agriculteurs respectent les règles tacites, un hectare est loué à 250 dirhams pour le pâturage en chaume et à 1 000 dirhams pour le pâturage en jachère. La valeur de la jachère est appréciée par sa composition en herbe de bonne qualité et par la présence d'oignons sauvages, à Khouribga, dont la valeur marchande est importante. Par contre, au niveau de la partie aride de la zone d'étude (Rhamna et les parties sud de Settât et Khouribga), c'est le pâturage illégal qui domine, et c'est d'ailleurs un des sources de conflits permanents dans ces zones.

#### 2.4.7 ALTERNATIVES D'ALIMENTATION

---

Étant donné le rôle des résidus dans l'alimentation du bétail, les agriculteurs ne pourraient retenir plus de résidus à la surface du sol que s'ils trouvaient des solutions de remplacement. Différentes options méritent d'être examinées: achat d'aliments commercialisables (en particulier de sous-produits); expansion des jachères; cultures fourragères ; et d'autres variantes hybrides (culture en couloirs). Dans le chapitre qui suit, nous excluons toute alternative reposant sur la substitution de l'aliment du marché aux résidus : puisque l'attrait des résidus réside dans leur faible coût, il est peu probable, aux yeux des agriculteurs, qu'une majorité d'agriculteurs abandonnent cette ressource et augmentent considérablement leurs dépenses d'alimentation (Magnan, 2015). D'autres options consistant à pâturer dans des pâturages éloignés (terrains collectifs ou forêts) ne sont pas non plus considérées, en raison de la dégradation avancée de ces parcours et des droits d'utilisation spécifiques des terrains collectifs et domaniaux (Boulal, 2001). Par conséquent, nous examinerons principalement les questions de recherches relatives à la gestion raisonnée des chaumes et à l'introduction des cultures fourragères sous différentes formes (en monoculture, en mélanges, et/ou en intercalaire). Pour cette dernière question de recherche, nous partons du principe que les jachères traditionnelles enherbées ne sont pas assez productives, que ce soit en termes de quantité ou de qualité nutritionnelle, si on n'y pratique pas une gestion améliorée (fertilisation, traitement d'espèces indésirables). Les agriculteurs devraient donc ajouter de la valeur à leur terre en pratiquant des cultures fourragères sur une partie des terrains laissés en jachère.

## 2.5 SYNTHÈSE ET DISCUSSION

D'une manière générale, les agriculteurs des PPNA ont intégré le risque de sécheresse dans leurs stratégies agricoles. Depuis les sécheresses catastrophiques des années 80, qui ont conduit à des changements critiques, les agriculteurs se sont habitués à la récurrence des sécheresses et à la variabilité temporelle des précipitations. En conséquence, nous ne pouvons pas identifier un seuil de gravité du risque (par exemple, un niveau critique de rendement céréalier pendant une année sèche) qui inciterait les agriculteurs à s'engager dans des ajustements à court terme ou une adaptation à plus long terme.

Une faible flexibilité, associée à une conscience limitée des besoins d'adaptation et des horizons temporels à court terme, illustre un effet de rente dans la perception des risques (Patt et al., 2008). Avant un risque récurrent, les agriculteurs ont tendance à ne rien faire, valorisant ce qu'ils possèdent déjà ou obtiennent grâce à ce qu'ils font.

Néanmoins, l'expérience de choix montre que lorsque tous les éléments d'un système, c'est-à-dire les coûts et avantages possibles dans des délais spécifiques, sont connus, la plupart des agriculteurs sont peut-être intéressés à changer les pratiques. Ce résultat contredit en quelque sorte les horizons de planification à court terme de la plupart des agriculteurs. À cet égard, la perception du risque est caractérisée par un biais d'omission (Patt et al., 2008): les agriculteurs ne semblent pas disposés à prendre une mesure qui pourrait avoir des conséquences négatives (par exemple, diminution de la disponibilité des résidus, amélioration incertaine des rendements), même si cela élimine un autre risque. Il est plausible que l'incertitude des bénéfices et la nécessité de voir des résultats tangibles avant d'essayer restent des facteurs de décision déterminants.

Enfin, l'attitude principale face aux risques de sécheresse n'est pas celle d'une recherche proactive d'options adaptatives mais consiste en une stratégie d'épargne pour préparer les mauvaises années. Après une bonne récolte, la paille et les céréales sont stockées (comme indiqué précédemment, 60% des agriculteurs stockent la paille pendant plus d'un an) et sont utilisés soit pour les animaux soit pour le commerce lorsque le besoin d'argent ou de nourriture est critique. Il semble que cette stratégie, également soutenue par la diversification des aliments pour animaux et des programmes gouvernementaux, soit suffisante, jusqu'à présent, et ne nécessite pas plus de flexibilité et d'adaptation.

Les agriculteurs planifient en termes d'horizons à court terme, ce qui semble globalement refléter la sous-estimation du besoin d'adaptation structurelle et du temps nécessaire pour cela. Pourtant, les expériences ont paradoxalement montré un intérêt certain pour une alternative dont les bénéfices ne sont pas immédiats, non garantis et supposent des concessions (disponibilité des aliments). Cela suggère qu'il existe une fenêtre d'opportunité pour une gestion différente des résidus, à condition que la profondeur temporelle du changement climatique soit mieux assimilée par les agriculteurs.

### *3. AMELIORATION DE L'INTEGRATION DE L'AGRICULTURE ET DE L'ELEVAGE*

#### *3.1 INTRODUCTION*

---

Dans les zones arides et semi-arides du Maroc, les systèmes d'élevage ont subi des changements profonds. Caractérisés autrefois par la mobilité, l'utilisation des ressources naturelles, l'abondance des disponibilités fourragères sur parcours et l'importance de l'activité de l'élevage, aujourd'hui, ces systèmes semblent avoir une tendance à la sédentarisation, l'appropriation des terres de parcours et l'exploitation individuelle (Berkat et Hammoudi. 1989, El koudrim et al., 2003, El Koudrim et al. 2014). Cette situation se traduit, sur le plan écologique par un défrichement massif et une mise en culture des meilleurs sites pastoraux, et sur le plan socioéconomique par une diversification des productions de l'élevage et par une faible intégration entre l'agriculture et l'élevage, en complet désavantage pour ce dernier (Boulanouar et Matthes-Guerrero, 1997, Tarhzouti et al., 2006).

Par ailleurs, le sous-système de production animale est une composante essentielle du système de production des exploitations agricoles dans les zones arides et semi-arides. Cependant, plusieurs contraintes entravent le développement du secteur dont on cite : la faiblesse et l'irrégularité de la pluviométrie entraînant une fluctuation des disponibilités alimentaires du cheptel ayant comme conséquences la cherté des aliments du bétail et la faiblesse de la productivité des animaux, la faiblesse des superficies réservées aux cultures fourragères, une alimentation basée essentiellement sur les résidus de la céréaliculture (Mrabet, 2008, Magnan et al. 2012) et les parcours en dégradation continue, la faible qualité nutritive des ressources alimentaires et la dégradation assez avancée des ressources naturelles.

Ainsi, combler le déficit fourrager dépend en grande partie de la diversification des ressources alimentaires et de la disponibilité d'espèces de meilleure tolérance aux stress hydrique en particulier. L'exploitation rationnelle de ces zones devra être axée sur la restitution d'un couvert végétal apte à produire même au cours des saisons critiques de sécheresse ou de froid.

Pour ce faire et afin que les alternatives proposés soient cohérentes et pratiques, nous avons analysé l'ensemble des contraintes dégagées lors de la phase diagnostique. Cela permet d'avoir une vue synoptique de ces contraintes traduisant les différents complexes de situations et, par conséquent, de concevoir les alternatives possibles.

### 3.2 VUE SYNOPTIQUE DES CONTRAINTES

Les contraintes au développement et à l'amélioration des productions animales peuvent être structurées en cinq blocs qui sont liées aux: (i) conditions du milieu; (ii) conditions de production; (iii) cadre social; (iv) disponibilité et qualité de la ressource végétale et (v) contraintes agricoles. Nous en rappelons ci-dessous les principaux traits :

#### 3.2.1 CONTRAINTES DE MILIEU

La région est constituée de plateaux et plaines renfermant de bonnes terres agricoles, des massifs et des piémonts, s'étendant sur une vaste superficie.

Plusieurs sous régions composent la zone d'étude. Il s'agit de :

- Plateaux des phosphates : La nature des roches est calcaires, dures et compactes avec argile rouge triasique ;
- Le Massif de Rehamna : Il est constitué essentiellement de formations sédimentaires paléozoïques fortement plissées ;
- Le massif de Jbilet : Les formations géologiques sont presque paléozoïques avec des schistes et des grés Cambriens et Ordoviciens à l'ouest, avec la singularité de Jbel Ighoud qui est calcaire ;
- La plaine de la Bahira : C'est une cuvette quasi fermée qui constitue, avec Sed Mesjoun un exemple de bassin endoréique. Elle a connu un épais remplissage au plio-quadernaire encroûté dans les parties culminantes ;
- Chichaoua : c'est une région formée de plateaux s'abaissant doucement du sud-est vers le nord-ouest. Le paysage est varié grâce aux multiples alternances de couches gréseuses, dolomitiques calcaires ou marneuses ;

Concernant le climat, les caractères les plus marquants sont :

- la faiblesse générale des précipitations (la plus grande partie de la zone reçoit moins de 250 mm/an) ;

- la sécheresse estivale dont la durée est variable dans l'espace et peut aller de 4 à 6 mois ;
- une forte variabilité interannuelle de la pluviométrie (succession de cycle sec-humide très fréquent) ;
- une mauvaise répartition annuelle des précipitations (une forte concentration saisonnière).

Ces caractéristiques climatiques impriment à la zone un bioclimat aride à semi-aride, marqué par des étés très chauds et des hivers froids, avec en général une amplitude thermique très grande.

Ces contraintes climatiques conjuguées à celles du substrat, formé généralement de lithosols et de sols calcimagnésiques, isohumiques, brunifiés ou sesquioxydes de fer, ont des incidences directes sur la production végétale cultivée et naturelle et leur utilisation. Ceci se répercute directement sur les performances agricoles et sur le niveau de vie des agriculteurs.

### 3.2.2 CONTRAINTES LIEES AUX SYSTEMES DE PRODUCTION

---

L'élevage au niveau de la zone prend différentes formes, selon l'importance relative des terroirs agricole, pastoral et forestier. L'élevage des petits ruminants est très largement lié aux ressources alimentaires provenant des parcours, des jachères et des sous-produits de la céréaliculture. Généralement, deux grands systèmes de production peuvent être distingués au niveau de la zone d'étude:

- Le premier, dit « traditionnel », est basé sur la production naturelle (l'herbe), en complémentarité avec les résidus des productions agricoles. Il s'agit donc d'élevages, souvent décrits comme extensifs, et où les parcours interviennent pour une large part dans l'alimentation. Ce système doit son extensivité aux larges espaces utilisés pour l'alimentation des troupeaux. Les déplacements des animaux sur les pâturages en période d'abondance et sur les étendues agricoles durant le reste de l'année sont nécessaires pour la production. Dans ce processus naturel, les naissances ont lieu durant les saisons d'abondance et la production animale dépend donc de la disponibilité en aliments naturels. Il y a donc une concentration au niveau de la production d'animaux dans le temps : l'offre qui est abondante à certaines périodes de

l'année et réduite à d'autres. Ce type d'élevage concerne essentiellement les ovins et caprins et explique le caractère saisonnier des viandes de ces deux espèces.

- Un deuxième type est l'élevage, dit « semi-traditionnel », utilisant les technologies de l'alimentation sur les terrains de culture. Ici, les terres non cultivées servent toujours de réservoir d'herbe naturel et les terres cultivées fournissent au cheptel les résidus des cultures et les sous-produits. Ce système est souvent décrit comme un moyen efficace d'intégration des animaux et des cultures. Ce type d'élevage concerne les ovins et les bovins. Il dépend toutefois des conditions climatiques et des récoltes. L'offre d'animaux dans ce système est fluctuante et présente une saisonnalité certaine. Les naissances ont également lieu durant les époques d'abondance.

Par ailleurs, avec l'extension des cultures aux dépens des pâturages, le développement de l'irrigation et la rapide croissance démographique, les systèmes de production associant les cultures et l'élevage se répandent de plus en plus dans la zone. Cette extension a engendré une diversité de systèmes d'élevage. Dans ce sens on peut relever deux grands systèmes :

- le système pastoral, où le calendrier alimentaire est dominé par la pâture, qui dure huit mois, voire l'année entière. On rencontre des différences selon les zones agro-écologiques. Ainsi, dans les plaines et plateaux centraux et occidentaux, où la saison végétative s'achève tôt, les parcours et les jachères sont utilisés jusqu'en avril-mai ; puis les animaux se nourrissent de chaumes de céréales jusqu'aux pluies d'automne.
- Le système agropastoral : ce système est très présent dans les périmètres irrigués et dans les régions où l'on pratique la culture pluviale. Sa caractéristique principale réside dans la contribution relativement importante de l'exploitation à l'alimentation du bétail ; celle-ci peut atteindre 50% des besoins du cheptel. Le calendrier alimentaire est le suivant: i) pâture sur les parcours et les jachères de janvier à mai; ii) pâture des chaumes de juin à octobre; iii) consommation de paille de céréales de septembre à mars et supplémentation par la production fourragère de l'exploitation.

Souvent ces systèmes se trouvent associés chez le même éleveur. Partant de ce constat, notre étude est axée, principalement sur les alternatives alimentaires du cheptel au niveau de l'exploitation. Ces alternatives sont de types fourragères (cultures annuelles) et pastorales (arbustes fourragères) et intègre des actions de gestion des ressources alimentaires (résidus)

et de développement de nouvelles ressources (diversification). Toutefois, l'importance des uns ou des autres de ces alternatives sera fonction de l'importance de système d'élevage en question.

### 3.2.3 CONTRAINTES SOCIALES

---

La question majeure, qui se pose pour le développement d'une vaste zone regroupant plusieurs sous-régions qui abritent différentes ethnies, est celle relative à la manière d'adapter l'action de développement selon les particularités des groupes sociaux concernés. Pour une population cible aussi large, l'hétérogénéité est, pour ainsi dire, normale. Du point de vue de la morphologie sociale, cette hétérogénéité est observée surtout sur les plans :

- Ecologique : les populations qui occupent les zones arides sèches tendent à pratiquer plus de l'élevage extensif et semi-extensif, alors que celles qui se trouvent dans les zones semi-arides pratiquent plus de l'agriculture.
- Composition tribale : le contenu tribal influence considérablement l'activité agricole. Ainsi les populations issues des tribus pastorales continuent à pencher vers l'élevage comme activité principale, tandis que celles originaires des tribus sédentaires continuent à favoriser l'agriculture.

En conséquence, la compréhension de cette hétérogénéité est un préalable nécessaire à toute tentative d'amélioration de l'intégration des cultures et de l'élevage et de la proposition d'alternatives en matière de gestion et d'amélioration de ces deux activités.

### 3.2.4 CONTRAINTES LIEES A LA RESSOURCE VEGETALE

---

Cette zone a été connue anciennement par sa vocation purement pastorale ; aujourd'hui, la plus part de ces espaces est utilisée pour les cultures pluviales, et le reste consiste en des parcours très dégradés. Le système de culture s'appuie sur les céréales, de l'orge surtout, mais aussi du blé. On trouve surtout des exploitations de type familial, qui associent les céréales et l'élevage. L'étendue des parcours fait ressortir une diversité de milieux écologiques caractérisés par des variantes climatiques qui peuvent aller de l'aride au semi-aride, et des types de végétation franchement pastorale à des types de végétation à base d'espèces annuelles. Dans la zone de Rhamna la végétation est de type steppiques très dégradée par endroit caractérisée par des formations sous forme de mosaïque très dégradées à base de *Hammada scoparia*, *Anabasis aphylla*, *Atriplex halimus*, *Salsola vermiculata*, *Peganum*

*harmala*, *Ziziphus lotus*, *Lycium intricatum*, etc. toujours accompagnées d'espèces annuelles ou d'autres espèces indicatrices de dégradation ou post-culturelles comme *Stipa capensis*, *Ferula communis*, *Asphodelus microcarpus*, *Eruca vesicaria* et plusieurs crucifères.

Dans la zone des provinces de Settat et de Khouribga, la végétation est constituée principalement de cultures. Elle est pour une grande part couverte de végétation annuelle, qui est utilisée comme pâturage en automne, en hiver et au début du printemps. L'été, les animaux se déplacent vers les terrains mis en culture pour le pâturage des chaumes. La végétation est composée essentiellement d'espèces herbacées telles que *Asphodelus microcarpus*, *Rumex bucephalophorus*, *Plantago coronopus*, *Spergularia fimbriata*, *Lotus maroccanus*, *Vulpia myuros*, *Bromus rigidus* et *Paronychia argentea*. Les espèces pérennes ligneuses sont représentées par: *Chamaecytisus albidus*, *Retama monosperma*, *Sanguisorba minor*, *Dactylis glomerata* et *Piptatherum miliaceum*.

Le caractère aride à semi-aride de la zone de l'étude montre une dominance des terrains de parcours dégradés et des terres incultes et complètement dénudées. Sous les effets de l'explosion démographique et de l'augmentation des besoins des populations, la mise en culture de ces terrains a conduit à un fort rétrécissement de l'espace pastoral et par conséquent à sa dégradation par l'augmentation de la charge animale et le prolongement du séjour des animaux sur ces terrains.

Les niveaux de production sur ces terrains de parcours restent faibles et hautement saisonniers. Ils varient selon les conditions climatiques et la pression exercée par le cheptel. Ils sont estimés en année normale à environ 500 kg MS/ha. Cette production varie selon les faciès pastoraux et le degré d'utilisation. Mais, le bilan fourrager reste, en général, déficitaire.

### 3.2.5 CONTRAINTES AGRICOLES

#### 3.2.5.1 PRODUCTION VEGETALE

---

Les rendements de la production végétale sont très faibles par rapport au potentiel de la région et par rapport au progrès technique réalisé par la recherche agronomique. Ces faibles rendements sont les résultats de:

- l'utilisation d'un nombre très limité de cultures en pluvial à savoir l'orge, le blé et un peu de fourrage.
- l'utilisation de variétés anciennes ou population locales à faible potentiel de production.

- l'itinéraire technique traditionnel qui repose sur :
  - l'utilisation des outils non adaptés pour le travail du sol ;
  - des doses et des dates de semis non adaptées ;
  - la pratique des rotations laissant beaucoup plus de place à la jachère ;
  - la fertilisation aléatoire et non raisonnée ;
  - l'absence générale d'un bon entretien des cultures ;
  - les techniques de récolte et de stockage traditionnelles.

#### 3.2.5.2 PRODUCTION ANIMALE

---

La production animale, très dépendante de la production végétale et du marché pour son alimentation, reste moins performante à cause du :

- manque de soles fourragères diversifiées et productives ;
- cherté de l'alimentation animale ;
- sous-produits agricoles non valorisés ;
- races locales utilisées peu performants ;
- mode de gestions des élevages traditionnelle.

### *3.3 OPTIMISATION DE LA GESTION DES RESIDUS DE CULTURE*

---

#### 3.3.1 RESIDUS DES CULTURES COMPOSANT IMPORTANT DE L'AGRICULTURE DE CONSERVATION

---

L'agriculture est un pilier majeur de l'économie et de la société marocaine. La production nationale est fortement soutenue par les zones pluviales, où les systèmes agricoles intègrent majoritairement la production animale et céréalière (Mrabet et al., 2012). Dans ces zones sèches, en raison de la rareté des ressources naturelles, les systèmes de culture et d'élevage à petite échelle sont confrontés à des compromis cruciaux autour de l'utilisation de la biomasse des résidus de culture (Magnan et al., 2012). Pour cette raison, l'introduction de l'agriculture de conservation (AC) connaît de grands problèmes qui retardent sa propagation (Schwilch et al., 2013). Parmi les obstacles à l'adoption de l'AC, la rétention des résidus sur le terrain après la récolte est problématique. En effet, au Maroc, les résidus de récolte fournissent 30 à 40% de l'alimentation du bétail (Magnan et al., 2012). Elle implique des compromis cruciaux entre des utilisations concurrentes, principalement l'alimentation du bétail et l'amendement des sols (Giller et al., 2009). En principe, l'adoption de l'AC, en l'occurrence le semis direct, avec élimination des résidus de récolte est contre-productive (Ortiz et al., 2008).

L'Agriculture de Conservation (AC) est une approche cohérente qui permet de réaliser des économies et de préserver l'environnement (El Gharras et al. 2009, El Gharras et al., 2015, Schwilch et al., 2013). La mise en œuvre des pratiques d'agriculture de conservation nécessite une quantité minimale de biomasse pour maintenir et améliorer les propriétés chimiques, physiques et biologiques du sol; et lutter contre la dégradation du sol. Dans les zones où l'intégration agriculture-élevage est traditionnelle, l'utilisation des résidus de cultures peut être une contrainte majeure pour une évolution progressive vers l'agriculture de conservation. Si la pratique du pâturage des chaumes est mal raisonnée, la conservation des résidus pour couvrir le sol et favoriser l'accumulation de la matière organique va engendrer un conflit d'intérêt (Magnan et al., 2012).

Néanmoins, le rôle de la temporalité dans l'appréciation des compromis est central (Erenstein, 2015). En fait, la concurrence à court terme entre l'amendement des sols et l'alimentation du bétail peut se transformer en synergies à plus long terme si l'amendement des sols améliore la production d'aliments pour le cheptel (Tittonell et al., 2015).

Il semble donc qu'il y ait un manque de connaissances sur ces compromis et leurs facteurs associés dans les zones pluviales du Maroc (Mrabet et al., 2012). Pour combler cette lacune, cette partie de notre recherche vise à caractériser la sévérité des compromis sur les résidus des cultures pour les agriculteurs de la zone de PPNA, ainsi que les paramètres permettant d'aller vers plus de complémentarités. L'objectif est de trouver un compromis entre la nécessité de couverture du sol pour la réussite du semis direct et l'utilisation adéquate des résidus de cultures pour l'alimentation du cheptel.

### 3.3.2 GESTION DES RESIDUS DES CEREALES PAR LES AGRICULTEURS

---

Les résidus de culture laissés dans le champ protègent le sol contre les effets érosifs de pluie et de son ruissellement. Ils contribuent à réduire les risques d'entraînement des particules fines du sol sous l'action des précipitations. Les résidus forment aussi des mini-digues qui aident à ralentir les eaux de ruissellement et à retenir les particules du sol dans le champ. Aussi, les méthodes de travail du sol ont-elles une incidence considérable sur les résidus de culture et sur leur distribution verticale dans la couche arable.

Cependant la gestion des résidus dans les zones arides et semi-arides du Maroc dépend largement des précipitations de l'année et donc des rendements de la culture y afférents et de la disponibilité des ressources fourragères à l'échelle de l'exploitation.

Le rendement médian déclaré par les agriculteurs pour les chaumes de céréales diminue considérablement pendant les années sèches, passant de 1,2 t/ha (année normale) à 0,65 t/ha (Figure 40). Les différences peuvent s'expliquer par la grande variabilité spatiale inhérente à la production de chaume et à la hauteur de coupe de la paille.

Par ailleurs, les agriculteurs n'apprécient pas la quantité de paille disponible en quantité, mais en termes de potentiel de pâturage (Gauny, 2016). Un agriculteur estime qu'il a 90 jours de pâturage pour son troupeau de 20 moutons dans une année normale, 120 dans une bonne année et seulement 25 jours dans une année sèche. Aucun agriculteur n'a indiqué qu'il pouvait brouter plus d'un mois pendant une année sèche, mais cela ne signifie pas qu'il ne restait plus de chaume sur le sol.

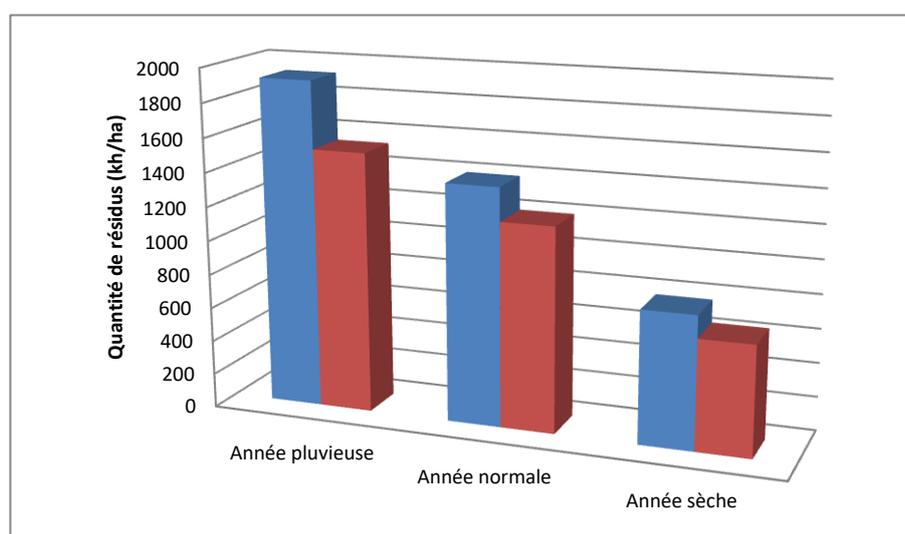


Figure 40 : Quantités de chaume moyennes (bleu) et médianes (rouge) estimées par les agriculteurs

### 3.3.3 GESTION DES CHAUMES AU NIVEAU DE LA STATION EXPERIMENTALE

#### 3.3.3.1 ESTIMATION DE LA PRODUCTION DES CHAUMES

Les essais en station ont montré que la quantité totale de biomasse résiduelle sur les parcelles expérimentales après le prélèvement de la paille a été relativement importante pendant la campagne normale (2016-2017), elle était de 1,5 à 2,4 t/ha pour les parcelles avec prélèvement de la paille et 3,5 t/ha pour la parcelle P1 sans prélèvement de la paille. Ces quantités ont diminué de 2,14 t/ha à 0,96 t/ha pendant 2 semaines de pâturage pour le traitement P3 (Coupe normale, paille enlevée et 50% de pâturage). Le traitement P4 (Coupe normale, paille enlevée et 75% de pâturage) a connu une réduction de 1,1 t/ha des quantités de

chaumes pendant 4 semaines de pâturage (Figure 41). Les baisses les plus importantes ont eu lieu dans les deux premières semaines pour tous les traitements. Cela serait dû à la qualité des résidus qui étaient riches en épis et en grains issues des pertes pendant la récolte et qui étaient utilisés en premier par les animaux.

Pour la campagne sèche (2015-2016), les quantités de résidus étaient très affectées par les conditions climatiques peu favorables. La quantité totale de la biomasse résiduelle sur les parcelles expérimentales après prélèvement de la paille était d'environ 1,2 t/ha seulement (Figure 42). Le traitement P3 a connu une réduction des chaumes de 43% en une semaine de pâturage. Alors que celles du traitement P4 ont diminué de 70%.

Pendant les deux campagnes la qualité des chaumes a été affectée par le pâturage. En effet, pendant l'année normale, après une semaine de pâturage, la concentration en protéines brutes a diminué de 5,6 à 3,7% et de 9,4 à 4,2% respectivement pour les traitements P3 et P4. Dans la deuxième semaine la concentration en protéines brutes avait passé de 3,7 à 1,9% pour le traitement P3 et est resté stable pour la période restante pour le traitement P4.

Pour l'année sèche, la même tendance a été aperçue pour les deux traitements. Ainsi, les taux de protéines brutes ont chuté après passage des animaux, ils ont affichés des valeurs de 5.7 et 6% respectivement pour les traitements P3 et P4 avant pacage et 4.3 et 3.5% après la sortie des animaux. Cette dépréciation de la qualité des chaumes est due à l'utilisation préférentielle par les animaux des proportions riches en grains pendant les premières périodes de pâturage.

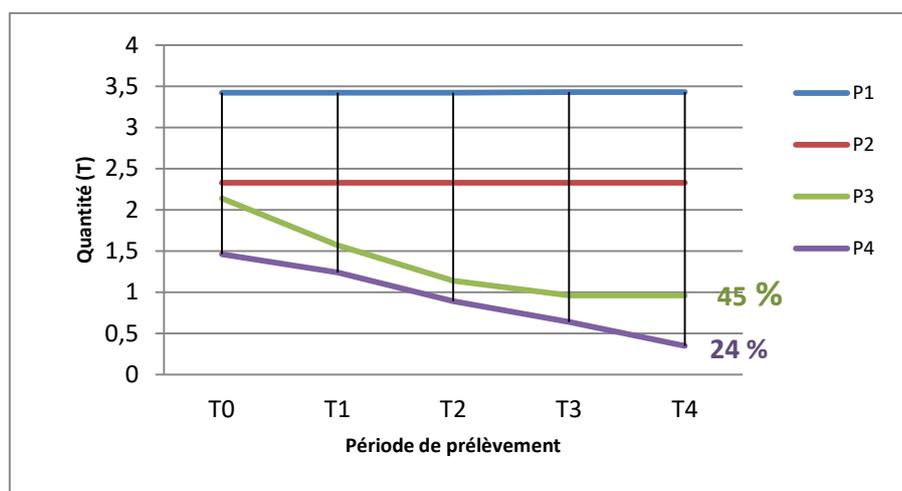


Figure 41 : Utilisation des chaumes par les ovins en année normale

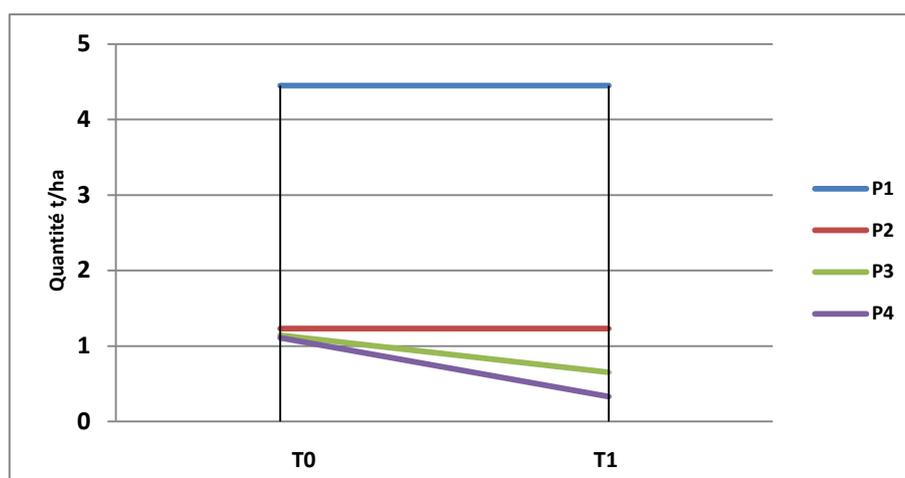


Figure 42 : Utilisation des chaumes par les ovins en année sèche

### 3.3.3.2 EFFET DES RESIDUS SUR LES CULTURES DE L'ANNEE SUIVANTE

En examinant la production des différents groupements végétaux constituant le cortège floristique de la parcelle P1 (Coupe au niveau des épis et pas de pâturage), nous constatons que l'avoine a connu une croissance continue le long de cycle. Cette croissance semble suivre une évolution exponentielle et affiche des valeurs de plus de 200 g/m<sup>2</sup>, soit 2 tonnes par hectare juste avant la coupe. La croissance des autres groupes d'espèces d'adventices (ANG et G)) ainsi que la vesce a été inhibée par les conditions climatiques dès le début du mois de février. En effet, les conditions climatiques ont complètement anéanti la vesce. Pour la parcelle P2 (Coupe normale, paille enlevée et pas de pâturage), l'effet était semblable à la parcelle P1, sauf que la biomasse a commencé à fléchir après une production maximale de 1.6 t/ha. Pour la parcelle P3 (Coupe normale, paille enlevée et 50% de pâturage), l'avoine a connu une croissance normale dans les deux premiers mois et a diminué après.

L'analyse statistique effectuée pour les données des trois parcelles montre que seule la production de phytomasse de l'avoine a connu une évolution significative ( $P < 0.05$ ) pendant les quatre périodes de collecte des données en fonction de niveau de prélèvement. Les autres groupes d'espèces ont été affectés de la même façon par les conditions climatiques.

Pour la parcelle P4 (Coupe normale, paille enlevée et 75% de pâturage), La production du triticale était très faible et a diminué au cours du deuxième mois de son cycle de croissance pour reprendre lentement sa croissance après le traitement herbicide appliqué en fin de mois de février et ceci malgré les conditions climatiques défavorables.

L'ensemble des résultats, que ce soit pour le mélange fourrager ou le triticale, montrent une différence dans la réponse de la culture au niveau de prélèvement de résidus. Cela montre que la proportion des résidus laissés à la surface du sol a une incidence sur la production des cultures suivantes.

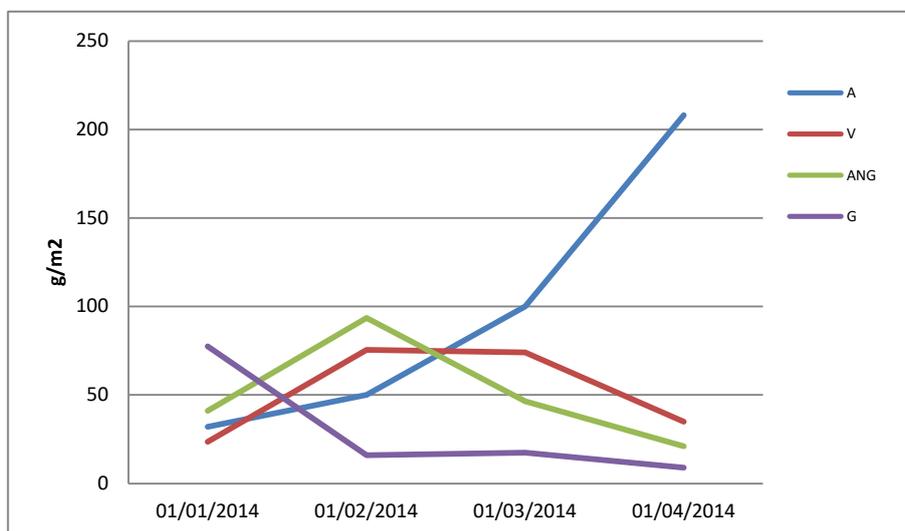


Figure 43 : Evolution des composantes du mélange fourrager et des adventices au niveau de la parcelle P1 (Coupe au niveau des épis et pas de pâturage)

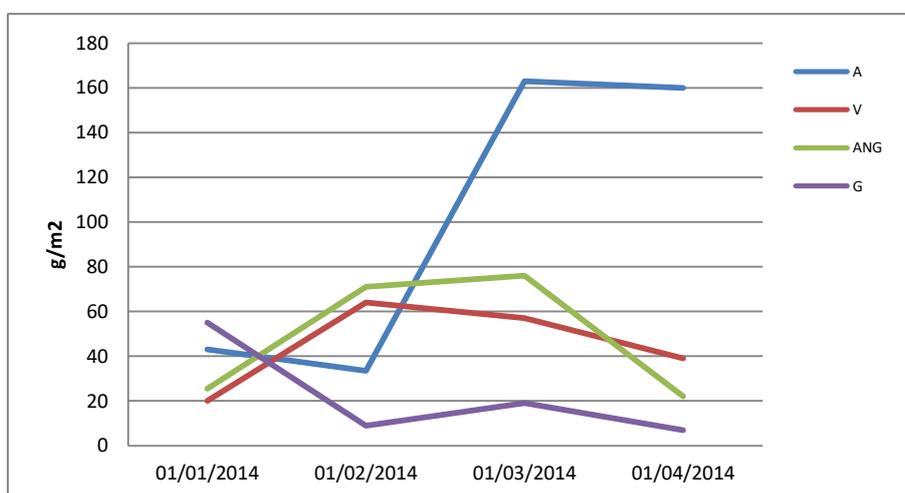
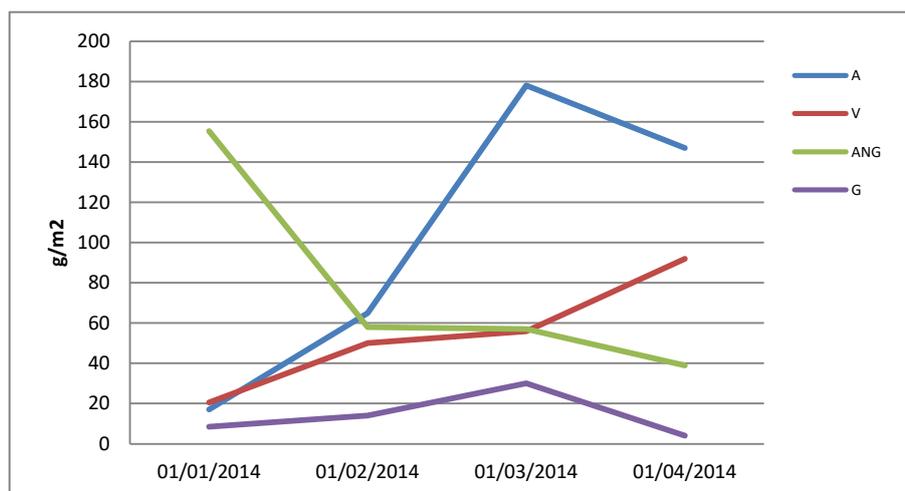
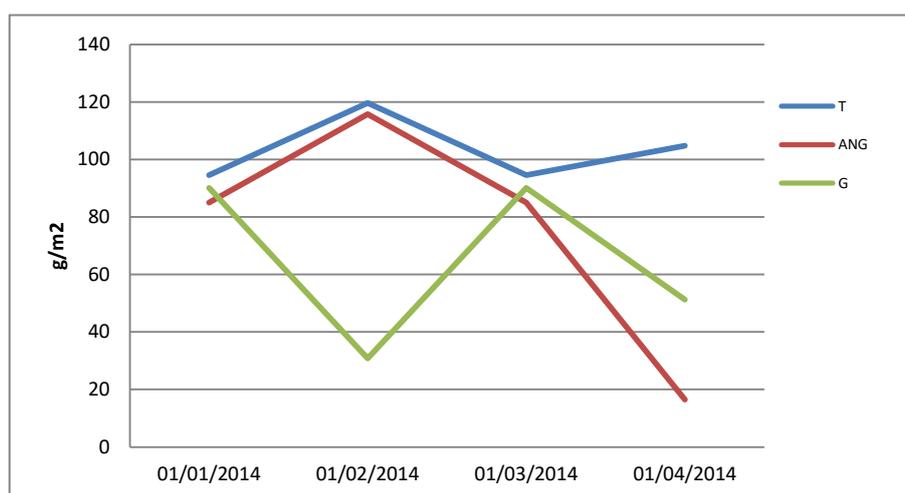


Figure 44 : Evolution des composantes du mélange fourrager et des adventices au niveau de la parcelle P2 (Coupe normale, paille enlevée et pas de pâturage)



**Figure 45 : Evolution des composantes du mélange fourrager et des adventices au niveau de la parcelle P3 (Coupe normale, paille enlevée et 50% de pâturage)**



**Figure 46 : Evolution des composantes du mélange fourrager et des adventices au niveau de la parcelle P4 (Coupe normale, paille enlevée et 75% de pâturage)**

### 3.3.4 SYNTHÈSE ET DISCUSSION

D'une manière générale, notre travail montre que le bétail peut être maintenu sur le chaume à des taux de charge légers, en relation avec la biomasse disponible, pour une période limitée. Cette utilisation de la paille par les animaux permet de récupérer les pertes de récolte qui se présentent sous forme d'épis et de grains laissés sur le champ, surtout au début du pâturage.

Aussi, l'intégration agriculture-élevage au Maroc peut-elle donner lieu à un particulier système de semis direct avec un seuil modérée de couverture du sol par les résidus de surface.

Ceci étant dû au fait que les chaumes ont une valeur très importante pour l'élevage dans ces environnements qui concurrencent celle qu'elle peut présenter pour le sol.

Les résidus laissés, aussi modestes que soit, combinés avec des perturbations limitées de la surface du sol contribueraient probablement à une utilisation efficace de l'eau et une meilleure production. L'adoption à grande échelle du système sans labour permettra de réduire la pression sur les résidus de culture par les agro-éleveurs.

Cependant, la question de proposer un paquet d'agriculture de conservation sans rétention des résidus de récolte est en débat au Maroc et dans les enceintes internationales (Gauny, 2016). Compte tenu de l'importance des résidus pour l'alimentation des animaux dans les systèmes d'élevage des zones arides et semi-arides, on peut se demander si la légère amélioration du rendement enregistrée avec une rétention maximale des résidus, par rapport au système de semis direct avec rétention modérée, justifie l'importance donnée à cette pratique.

C'est une position défendue par un certain nombre de chercheurs (Gauny, 2016), pour qui le principal problème reste la perturbation des sols par le travail du sol. Plusieurs travaux ont démontré que le semis direct pouvait potentiellement améliorer les rendements en céréales et en biomasse (El Gharras et al. 2009, El Gharras et al. 2015, Schwilch et al. 2013). Bien que les rendements du travail du sol conventionnel soient encore meilleurs au cours de la première année de mise en œuvre, les rendements sans labour prévalent à partir de la deuxième année. Dans les conditions de notre région, au cours de la deuxième année d'un essai qui était conduit en une année sèche, les rendements de semis direct ont dépassé de 22% ceux du travail du sol conventionnel (Boughlala, 2013). De même, une expérience à long terme menée à Chaouia a mis en évidence une augmentation moyenne de 10% du non labour avec élimination des résidus par rapport au labour conventionnel (Mrabet, 2011). Cette amélioration est significative en soi. Il n'est pas obtenu au prix d'un compromis aigu, mais au contraire avec une baisse des coûts de production (Boughlala, 2013). Le coût socio-économique d'une augmentation supplémentaire des rendements de 5%, grâce à la couverture des sols (Mrabet, 2011), est plus problématique, à moins que l'équilibre du système d'élevage ne soit modifié, par une intensification du système d'élevage par exemple, qui nécessite une diversification de l'alimentation du cheptel.

Les opinions sur un pourcentage adéquat de rétention, bien que difficile à déterminer et à contrôler, comme expliqué précédemment, sont plus unanimes. La rétention de tous les

résidus ajoute peu de valeur à la rétention de 50% ou moins (Mrabet, 2011), mais son coût pour l'agriculteur est beaucoup plus élevé. Au final, le pourcentage de rétention des résidus devrait surtout équilibrer à la fois les bénéfices en termes de production agricole et la capacité ou les besoins des agriculteurs en aliments de bétail. Un seuil et un plafond de rétention, adaptés aux circonstances locales, doivent être déterminés en conséquence.

D'autres chercheurs remettent en question l'efficacité de l'agriculture de conservation dans son ensemble si on élimine certaines de ses composantes, notamment la rétention des résidus de récolte. Giller et al. (2009) rappellent que l'agriculture de conservation a été conçue comme un ensemble holistique qui ne pouvait fonctionner que si les différentes composantes étaient appliquées simultanément. Ces auteurs soulignent que les contraintes liées à l'adoption de l'AC dans son ensemble rendent impératif que le bénéfice de chaque composante soit correctement évalué, ce qui n'avait été fait que récemment.

En théorie, presque tous les avantages du système de semis direct proviennent de la couverture permanente du sol et seulement quelques-uns du fait de ne pas labourer le sol (Mrabet et al. 2012; Ortiz et al. 2008). La mise en œuvre d'un travail du sol sans couverture est cependant susceptible d'augmenter la vulnérabilité à l'érosion. Des expériences au Maroc ont montré que le ruissellement provoqué par un événement pluvieux de haute intensité (60 mm/h) est plus élevé dans un système sans labour sans résidus que dans un système conventionnel, alors qu'il reste faible pour un système sans labour combiné avec la rétention de résidus (Moussadek et al., 2011). Différentes études sont parvenues à la conclusion que la rétention des résidus dans le travail du sol conventionnel a contribué à augmenter le rendement par rapport au semis direct avec un sol nu (Verhulst et al., 2011; Mohammad et al., 2012): dans ces cas, les avantages semblent provenir de la couverture du sol plutôt que du labour. Néanmoins, le non labour peut atteindre certains des effets souhaités de la rétention des résidus, c'est-à-dire l'efficacité d'utilisation de l'eau, l'amélioration de la structure du sol et même l'augmentation de la matière organique du sol. En effet, la stabilité des agrégats est dans de nombreuses circonstances attribuée à l'absence de travail du sol plutôt qu'à la couverture du sol (Giller et al., 2009).

L'identification des principaux facteurs limitatifs à l'échelle locale est une condition préalable à la décision de combiner le non-labour et la rétention des résidus, ou d'appliquer un seul composant. Dans les zones plates, les taux d'érosion relativement faibles peuvent en effet être

adaptés au semis direct sans rétention importante de résidus (Schwilch et al., 2013). Le risque de colmatage du semis direct par des résidus est un autre goulot d'étranglement de l'association de ces deux pratiques (Mrabet and Wall, 2015).

En ce qui concerne la relation entre rotation et rétention de résidus, la complémentarité des deux pratiques est clairement prouvée, car la rotation aborde le problème des mauvaises herbes provoqué par le non labour et aggravé par les résidus (Mrabet and Wall, 2015). Par ailleurs, l'intégration des légumineuses dans la rotation est particulièrement cohérente avec la nécessité de développer des alternatives fourragères dans ces systèmes.

En conclusion, le compromis aigu pour l'utilisation des résidus rencontré dans les zones arides marocaines semble parler en faveur d'une «adoption par étapes» (Pannell et al., 2014, Mrabet and Wall, 2015). L'utilisation du semis direct comme porte d'entrée de l'agriculture de conservation a déjà donné des résultats prometteurs, qui doivent être confirmés au fil du temps. La rétention des résidus peut constituer une deuxième étape, une fois cette technologie adaptée aux particularités et besoins locaux. Il est probable que la conservation des résidus ne serait pas avantageuse pour tous les agriculteurs. Par conséquent, la flexibilité est certainement un facteur de succès de l'adoption de l'agriculture de conservation. Cependant, exclure une meilleure gestion des résidus ressemblerait à une occasion manquée et pourrait invalider les avantages du semis direct à long terme

### *3.4 DEVELOPPEMENT ET TEST D'OPTIONS ALTERNATIVES ET INTEGRES D'ALIMENTATION POUR LE CHEPTEL*

---

#### *3.4.1 CONTRAINTES A LA PRODUCTION DES CULTURES FOURRAGERES*

---

Dans les zones arides et semi-arides méditerranéennes la production fourragère est limitée par l'aridité, une réalité qui est à la fois inévitable et imprévisible (De Koning and Duncan, 2000, Chriyaa et El Mzouri, 2004, Lefi et al. 2003). En effet, à cause des sécheresses de plus en plus fréquentes, la population animale dans ces zones connaît des pertes considérables en termes de productivité, principalement à cause du manque de disponibilités alimentaires durant des périodes critiques de l'année.

La technique de la jachère est une pratique très ancienne dans la région. Elle connaît une réduction suite à la pression accrue sur les terrains agricole. Le rôle principal de la jachère est la fourniture d'unités fourragères gratuites le long des cycles des cultures pour répondre aux

besoins de l'élevage. La part de la jachère au niveau de la zone ne dépasse guère 16 à 20%, actuellement. Et paradoxalement, cette part est encore plus faible (moins de 4%) dans les zones connues pour leurs élevages naisseurs ovins et caprins.

Le grand challenge pour l'élevage au niveau de la région est la diversification des ressources alimentaires du bétail. Actuellement les principales ressources pour l'alimentation du cheptel sont principalement les parcours, les sous-produits des cultures céréalières, les sous-produits de l'agro-industrie et dans une moindre part les cultures fourragères (MAPM, 2016). Les parcours contribuent en moyenne par 23% à l'alimentation animale. Les grains de céréales, principalement l'orge, fournissent 23% des besoins alimentaires du bétail. La paille et les chaumes offrent 36% des besoins totaux de l'alimentation du bétail et sont disponibles principalement au cours de l'été, l'automne et début d'hiver. La sole fourragère reste très limitée et ne participe qu'à environ 8% dans le bilan fourrager. Les principales espèces cultivées sont l'orge, l'avoine, le maïs et le pois fourrager (Chriyaa et El Mzouri, 2004). Les sous-produits de l'agro-industrie représentent environ 9% des besoins du cheptel. Le son, la pulpe de betterave et les tourteaux constituent les sous-produits les plus importants de cette catégorie d'aliment.

Ainsi, combler le déficit fourrager dépend en grande partie de la diversification des ressources alimentaires et de la disponibilité d'espèces de meilleure tolérance aux stress hydrique en particulier. L'exploitation rationnelle de ces zones devra être axée sur la restitution d'un couvert végétal apte à produire même au cours des saisons critiques de sécheresse.

Les alternatives proposées doivent respecter le renforcement de l'intégration entre les différents sous-systèmes de l'exploitation et particulièrement ceux de la production animale, la production végétale et les environnements physique et socio-économiques. En partant de ce principe les principales options examinées dans ce travail sont données dans la section suivante.

#### 3.4.2 PRODUCTION DES CULTURES FOURRAGERES PAR LES AGRICULTEURS

---

Étant donné le rôle des résidus dans l'alimentation du bétail, les agriculteurs ne pourraient retenir plus de résidus à la surface du sol que s'ils trouvent des solutions de remplacement.

Et partant du principe que les jachères traditionnelles ne sont pas assez productives, que ce soit en quantité ou en qualité nutritionnelle. Les agriculteurs devraient donc ajouter de la valeur aux jachères naturelles en pratiquant des cultures fourragères.

Les agriculteurs sont en général favorables à ces solutions d'alimentation, 25% ont déclaré qu'ils allaient «sûrement» développer des mélanges fourragers dans un proche avenir, et 50% ont déclaré qu'ils le feraient «peut-être». Le «peut-être» peut être interprété comme un indicateur de doutes persistants et un appel à un soutien externe (technique et financier). Au total, 37.5% des agriculteurs cultivent ou ont déjà cultivé des cultures fourragères (mélanges ou monocultures) et 7.5% ne produisent pas de foin fourrager, mais l'achètent et le reste ne l'ont jamais approché (45%).

Ceux qui expriment un intérêt plus marqué pour les solutions de remplacement du fourrage sont ceux qui disposent de plus de terres et de bétail (Tableau 26). Paradoxalement, ceux qui considèrent le bétail comme leur système de production le plus important sont susceptibles d'être plus réticents aux cultures fourragères (corrélation négative,  $-0,329^*$ ), ce qui est un problème délicat à traiter, mais qui peut être levé par des incitations de l'état telle que la subvention des semences fourragères.

La corrélation avec le travail du sol est, par contre, significative ( $0,415^{**}$ ), ce qui signifie que les agriculteurs qui ont déjà expérimenté le système de semis direct sont plus enclins à utiliser des alternatives fourragères, ce qui est logique, car les mélanges de culture fourragères sont très préconisées pour les rotations en semis direct. Il est intéressant de noter qu'il existe une corrélation significative négative entre l'attitude vis-à-vis des solutions du fourrage de remplacement et le rendement en paille d'orge: cela pourrait signifier qu'une augmentation du rendement en paille apporterait davantage de sécurité aux propriétaires de bétail en termes d'alimentation.

Pourtant, la plupart des agriculteurs reconnaissent la supériorité en terme de qualité du foin fourrager par rapport à la paille. Certains sont également conscients des avantages des rotations impliquant des légumineuses pour la santé du sol et la productivité des cultures. Cependant, ils soulignent également un certain nombre de contraintes.

Les coûts de production sont une contrainte majeure à la culture fourragère. Outre les coûts de main-d'œuvre, l'installation de cultures fourragères entraîne des coûts importants (semences,

engrais, semis) par rapport à la jachère. Par exemple, les semences de pois fourrager coûtent en moyenne 3 ou 4 fois plus cher que les semences des céréales, indépendamment du fait que certaines espèces et variétés sont peu disponibles sur les marchés locaux (Vesce). Les coûts de production sont perçus comme la principale contrainte par un certain nombre de grands exploitants, qui peuvent percevoir certaines difficultés pour développer les cultures fourragères à l'échelle de l'exploitation. Pourtant, Boughlala et ses collaborateurs (2013) ont évalué les coûts et les avantages des mélanges de fourrage dans le système de semis direct par rapport à la jachère, ils ont trouvé que le bénéfice net du mélange fourrager est 81% plus élevé que celui des mauvaises herbes en jachère.

Le manque de terres est un autre obstacle à l'expansion des cultures fourragères (25% des agriculteurs enquêtés). Ceux qui affirment que le manque de terres est un obstacle majeur à l'utilisation de plantes fourragères en réalité possèdent moins de terres que la moyenne (7.6 ha en moyenne). Mais cet argument souligne l'état d'esprit d'un grand nombre d'agriculteurs vis-à-vis des cultures fourragères: celles-ci ne devraient pas remplacer mais plutôt s'ajouter aux céréales. Cette perception conservatrice, bien que non partagée par tous les agriculteurs, peut être très préoccupante en ce qui concerne la capacité des agriculteurs à repenser le système de production, où les cultures et le bétail sont intégrés, dans son ensemble.

Certains agriculteurs, une minorité d'entre eux, ont encore des doutes sur le potentiel de production des cultures fourragères, en particulier pendant les années sèches. Il a été rapporté que le triticales est moins bénéfique pour la nutrition des animaux, en fait c'est la paille de cette céréale qui a été incriminée. Plus généralement, les agriculteurs attendent une assistance technique afin d'optimiser le potentiel des cultures fourragères et de rentabiliser la conversion. En outre, les pratiques de gestion et les intrants (par exemple, les variétés de semences) doivent être adaptés aux caractéristiques locales (climat, sols, biodiversité).

**Tableau 26 : Corrélations entre attitude vis-à-vis du fourrage et les caractéristiques de l'exploitation**

Variable	Coefficient de corrélation de Spearman
Surface cultivée (2015)	0.395*
Statut juridique de la terre	0.369*
Part de la jachère-légumineuses / céréales	-0.097
Travail du sol	0.415**
Production de l'orge grain dans une année normale	0.131
Production de la paille dans une année normale	0.361*
Taille du troupeau	0.542**
Charge animale	0.225
Effectif d'ovin engraisé	0.396*
Dépenses alimentaires au cours d'une année normale	-0.223
Système de production le plus important (cultures vs élevage)	-0.329*
Contrôle des résidus de récolte	0.117

En corolaire, réduire les coûts de la production fourragère et combler le déficit de connaissances sont des étapes décisives pour valider les cultures fourragères en tant que solution de remplacement valable aux résidus de céréales. Les politiques nationales de subventions à la culture fourragère pourraient libérer le potentiel de cette alternative (Ben Salem et al., 2008). Mais aujourd'hui, les politiques tendent à soutenir l'intensification des céréales et rendent toute alternative moins compétitive par rapport aux céréales.

### 3.4.3 SUIVI DES CHAMPS EXPERIMENTAUX DES AGRICULTEURS

#### 3.4.3.1 CULTURES ANNUELLES EN MONOCULTURE ET EN MELANGE

##### **3.4.3.1.1 Quantités du fourrage produit**

Le potentiel de production du grain est très limité vu la qualité des sols et la quantité des précipitations au niveau de la zone d'étude et par conséquent la durée limitée de la période de croissance. Cependant, l'attachement des agriculteurs pour la production du grain des principales céréales comme l'orge et le blé tendre obligent le maintien de leur production en attendant que d'autres alternatives aient montrées leurs impacts. A cet effet, l'introduction de variétés performantes d'orge et d'avoine et d'autres nouvelles cultures telles que le triticale et les mélanges fourragers peut s'avérer une alternative très prometteuse pour la culture du blé. Elle peut procurer des quantités très intéressantes de grain et de biomasse à même d'alléger la pression sur les chaumes et offrir des ressources alimentaires additionnelles au cheptel.

Nous avons mis en œuvre dans cette recherche des essais de cultures fourragères (avoine, orge et triticale) en monoculture dans des champs expérimentaux des agriculteurs gérés par le

chercheur (Research managed trials), sous semis direct. Les résultats étaient en général supérieurs à ceux des céréales cultivées avec un travail du sol conventionnel. En ce qui concerne la production en grain, l'orge et le triticale ont donné les rendements les plus élevés en année sèche (orge = 1,1 t/ha, triticale = 0,85 t/ha, avoine = 0,6 t/ha). En termes de rendement biomasse, l'avoine a produit 10 t/ha, soit le double de celle de l'orge local et du triticale, en année normale. À cet égard, l'avoine pourrait constituer une alternative intéressante aux résidus de culture d'orge et de blé en année normale. Par contre le triticale, avec une meilleure tolérance à la sécheresse à la fin du cycle, pourrait constituer une alternative solide en cas de sécheresse ou de variabilité saisonnière des précipitations.

Les mélanges fourragers (pois/orge et vesce/avoine) ont été introduits aussi dans les assolements de terres agricoles chez les agricultures de la zone d'étude. L'introduction de ces mélanges a pour objectifs d'améliorer les systèmes de cultures actuels (rotation, fertilité, lutte contre maladies, épuisement du stock de semences des adventices) et d'approvisionner le bétail en aliments de bonne qualité et surtout riches en protéines.

Le mélange de pois-orge s'est avéré le plus productif en termes de rendement de biomasse, le mélange (75% de pois, 25% d'orge) a donné les meilleurs résultats (jusqu'à 7 t/ha de matière sèche). Sa teneur en protéines brutes était supérieure à celle du chaume. Il a également été déterminé que les espèces autochtones des adventices, surtout les légumineuses, contribuent à améliorer de manière significative la teneur en N du sol ainsi que la qualité du fourrage dans le mélange.

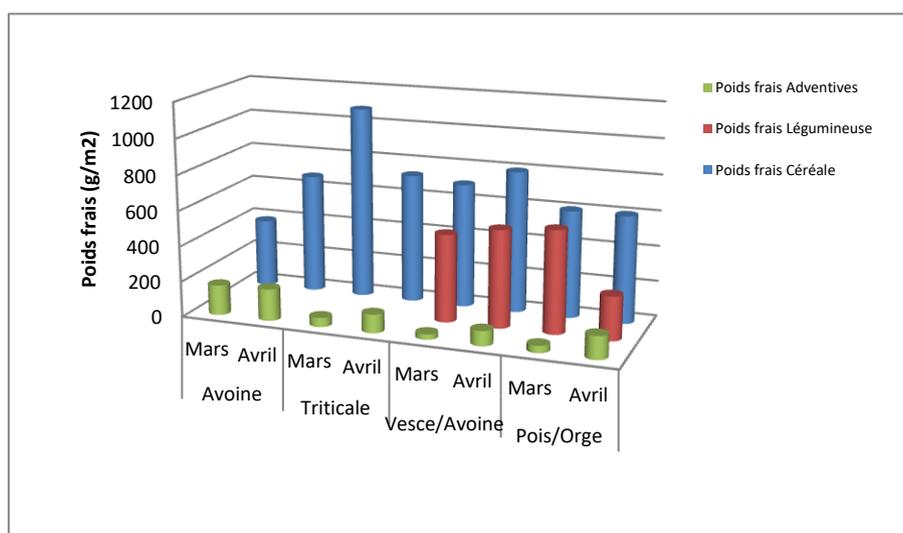
Les pois et l'orge sont produits localement, mais leur association était peu pratiquée auparavant. La vesce est naturellement adaptée aux sols peu profonds et aux conditions sèches, mais la variété de vese exogène semée s'est révélée ne pas être adaptée aux conditions locales. L'avoine, introduite dans la province khouribga au milieu des années 90, est adaptée aux conditions semi-arides (Boulal, 2001). Le triticale est également tolérant à la sécheresse et facile à cultiver.

Sur la base de nos essais, le mélange pois-orge devrait être fauché entre fin mars et début avril, ce qui permettrait de prolonger la période de carence hivernale, par rapport à la jachère. Mais en contrepartie, la production de foin compense ce déficit en termes de quantité et de qualité. En effet, d'après Boughlala et ses collaborateurs (2013), l'adoption d'un mélange de

pois et d'orge permet d'améliorer les performances du bétail de 30% et réduire la dépendance à l'égard des marchés des aliments pour animaux de 70 à 80%.

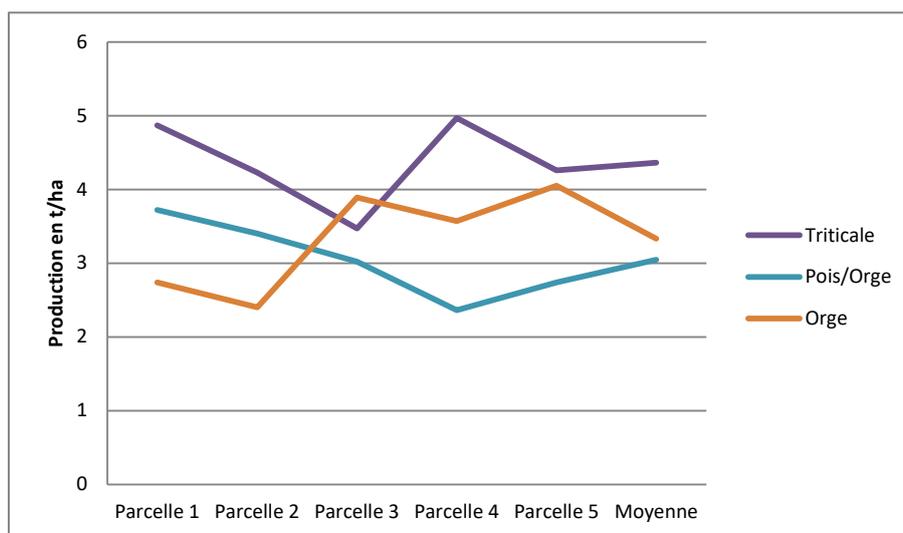
En général, la production en biomasse était plus importante que celle du grain en année qualifiée de sèche (compagne 2015-2016). Au cours de cette saison, la production de céréales et de fourrage par semis direct a été satisfaisante et dépasse de loin celle du semis conventionnel. La production en grain a été très importante pour l'orge et le triticale. Ce dernier a été très apprécié par les agriculteurs, grâce, notamment, à son rendement et surtout à sa résistance à la sécheresse de milieu et de fin cycle.

Dans la zone d'Oued Zeem, relativement favorable, La production de biomasse fraîche des fourrages était importante malgré le retard opéré lors de fauchage et qui a été très pénalisant en termes de production et de qualité.



**Figure 47 : Evolution du poids frais des différentes composantes du fourrage en fin saison (Oued Zeem)**

Dans les zones plus arides de Rhamna, les résultats montrent que le triticale reste la culture fourragère qui a produit plus en termes de biomasse verte aux niveaux des différentes parcelles de veille technique, quoique cette différence reste non significative. Il est suivi par l'orge et puis le mélange pois et orge.



**Figure 48: Evolution du poids frais des différentes composantes du fourrage en fin saison (Rhamna)**

#### 3.4.3.1.2 Qualité des productions fourragères

La qualité des cultures fourragères était généralement satisfaisante. La matière sèche représente en moyenne 21 %, celle des minéraux 19% et la matière azoté totale 9.7 %. Contrairement à ce que nous pouvons prétendre, ce dernier paramètre a affiché des résultats contrastés au niveau de la zone d'Oued Zeem. En effet, il était de 8.9 % pour les parcelles propres (dépourvues d'adventices), de 9.9 pour les parcelles infestées par les adventices et de 11.6 pour des jachères.

L'explication est liée à la qualité de la flore adventice qui prédomine au niveau de cette zone. En effet, d'après le diagnostic réalisé sur la végétation naturelle du site, les espèces dominants sont les médics, les vesces natives, les trèfles, les astragales et autres, toutes ces espèces sont d'excellentes plantes fourragères natives, d'où leur contribution à l'amélioration de la qualité de la jachère et des parcelles infestées. Une première implication de ces résultats est qu'un simple aménagement des jachères par une fertilisation raisonnée et le traitement spécifique des espèces indésirables (épineuses et non palatables) peut nous procurer de bonne prairies naturelles et de bonne qualité fourragère.

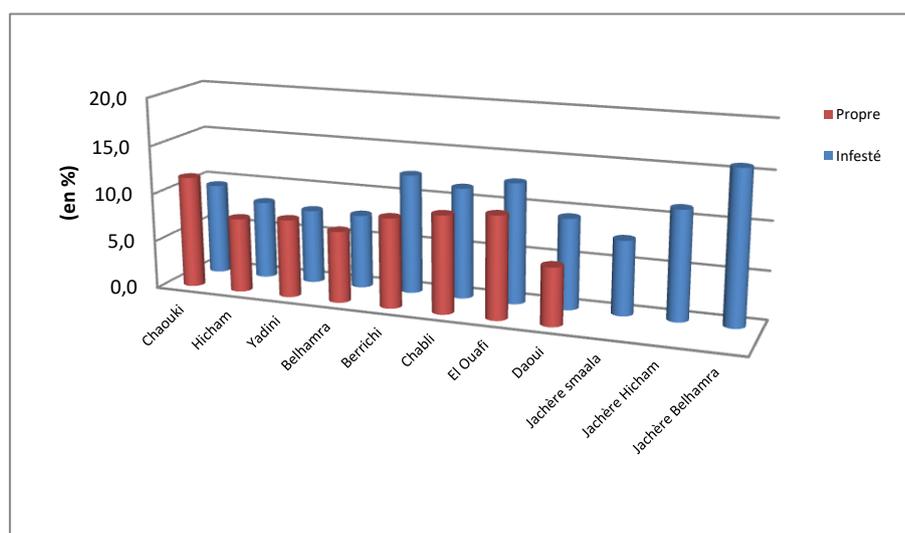


Figure 49: Taux de protéines brutes dans les champs expérimentaux (Oued Zeem)

### 3.4.3.2 CULTURES EN COULOIRS

La culture en couloirs est une autre alternative pour nourrir le bétail. Il a été essayé dans deux sites pendant deux années. Dans ce système agroforestier, les arbustes fourragers (*Atriplex nummularia*) sont plantés en rangées avec des cultures annuelles dans les allées. Les rangées d'arbustes présentent de nombreux avantages: conservation du sol, production d'aliments pour le bétail, effet d'abri limitant l'évapotranspiration et brise-vent. Ce système est particulièrement bénéfique en période de sécheresse. L'association *Atriplex nummularia* et des céréales ou du fourrage a montré des résultats évidents dans les zones arides marocaines. Les feuilles d'atriplex sont appréciées par le bétail; leur rendement varie de 0,3 à 1,2 t.ha-1 (Boulal, 2001). Dans notre travail, la présence d'atriplex a permis une augmentation de + 25% du rendement des cultures, en années normale et sèche (Tableau 27).

Tableau 27 : Importance de la production fourragère en alley cropping

	Sans arbustes MF Kg/ha	Avec arbustes MF Kg/ha	Gain en production (%)	Gain en équivalent ha
<b>2014-2015 (340 mm)</b>	6024 kg	8000 kg	25 %	0.33
<b>2015-2016 (210 mm)</b>	3500 kg	4375 kg	25 %	0.25

### 3.4.4 ESSAIS SUR LES CULTURES FOURRAGERES EN STATION

#### 3.4.4.1 RAPPEL SUR LA RELATION ENTRE LA DENSITE ET LA BIOMASSE

Les relations biomasse-densité sont au cœur de l'écologie quantitative et théorique. Quand une population de plantes surpeuplée grandit et se développe, une compétition intense conduit à la mortalité, processus appelé «mortalité liée à la densité» ou «auto-éclaircie» (Yoda et al. 1963).

En fait, les cultures annuelles se développent à partir des graines semées qui germent simultanément. Les plantes poussent jusqu'à l'épuisement des nutriments. Cet épuisement entraîne la plante dans des interactions de compétition avec les plantes voisines sur les ressources nutritives, la lumière et l'espace. L'intensité de la compétition entre la population végétale augmente en fonction de l'augmentation de la taille des plantes.

Dans notre étude, nous remarquons que la densité a un effet très significatif (au seuil 5%) sur la biomasse verte. La variation de la biomasse est négativement corrélée à la densité, ce qui montre que l'augmentation de la biomasse verte est tributaire d'une réduction de la densité, cette diminution est causée par la mortalité de certains individus suite à la compétition acharnée sur les nutriments, l'eau et la lumière. Ce résultat est similaire au résultat trouvé par Scrosati (2000) qui a noté que pour les peuplements terrestres surpeuplés, allant de la mousse aux arbres, la densité est négativement corrélée à la biomasse.

Dans notre recherche nous avons utilisé ces deux paramètres (densité et biomasse) pour évaluer les différentes cultures que nous avons étudiées.

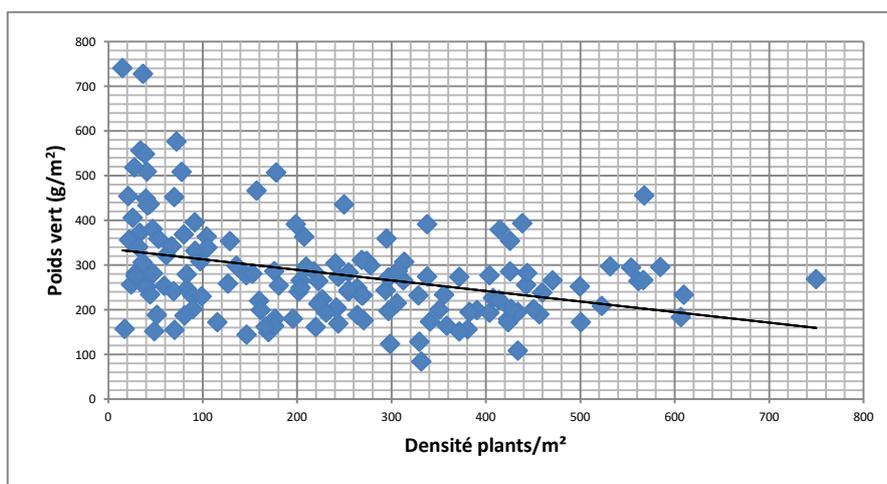


Figure 50 : Corrélation entre la densité des plants et le poids du fourrage

### 3.4.4.2 COMPORTEMENT DES CULTURES ANNUELLES EN MONOCULTURE

Sachant que l'élevage est un des pivots centraux des exploitations agricoles dans les zones arides et semi-arides, les espèces prioritaires qui doivent prendre la tête des assolements dans les systèmes de cultures sont les cultures à biomasse. Ces cultures, en plus de leur rôle principal dans l'alimentation du bétail, elles vont contribuer dans l'amélioration des systèmes de cultures actuels et vont aussi assurer un grand rôle dans la conservation des sols et dans l'utilisation rationnelle des ressources naturelles (eau, sols et biodiversité). Les études précédentes réalisées dans la zone ont démontré leurs impacts économiques positifs surtout durant les années assez sèches (Chriyaa et El Mzouri, 2004). Parmi les espèces herbacées annuelles à considérer, on cite l'orge (*Hordeum vulgare*), l'avoine (*Avena sativa*) à cycles courts, le triticale ( $\times$ *Triticosecale*), le pois fourragers (*Pisum sativum*) et les vesces communes (*Vicia sativa*).

#### 3.4.4.2.1 Effets de type de culture sur la densité

Les analyses de la variance réalisées sur les données collectées sur les cultures annuelles, montrent que l'influence du type de culture sur la densité herbacée est hautement significative (au seuil 5%). En effet, la densité a varié nettement d'une parcelle à l'autre avec des densités moyennes élevées dans les parcelles en monocultures.

La densité moyenne élevée des parcelles monocultures montre que la compétition interspécifique a un effet négatif sur la densité plus remarquable que l'effet de compétition intra-spécifique.

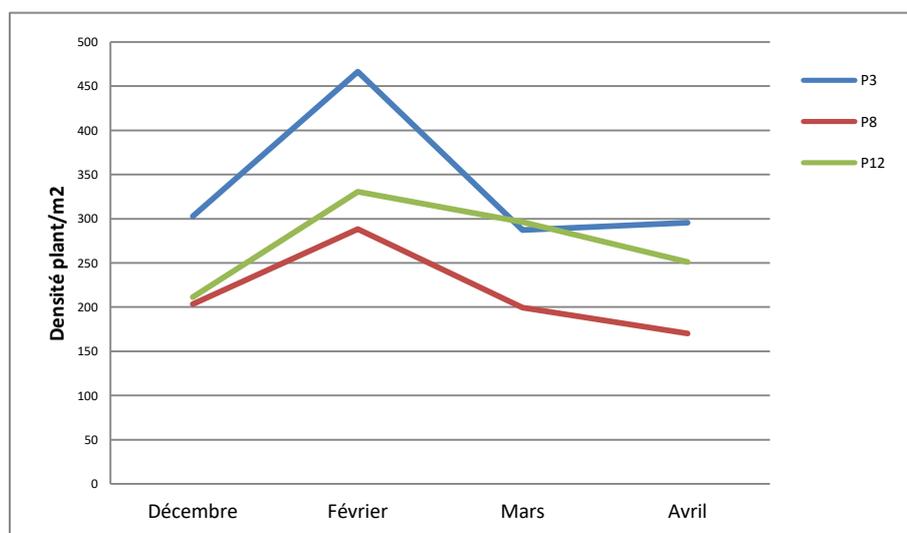


Figure 51 : Evolution de la densité des cultures annuelles

Par ailleurs, les résultats montrent que l'orge (*Hordeum vulgare*. L) est caractérisé par une capacité de croissance rapide qui permet d'atténuer l'effet compétitif des adventices. La densité moyenne de l'orge a augmenté considérablement pendant les mois de mars et avril, contrairement à celle des adventices. En effet l'orge a un effet positif sur la réduction de la densité des adventices. Ces résultats sont analogues à ceux trouvés par Benniou et al en 2016.

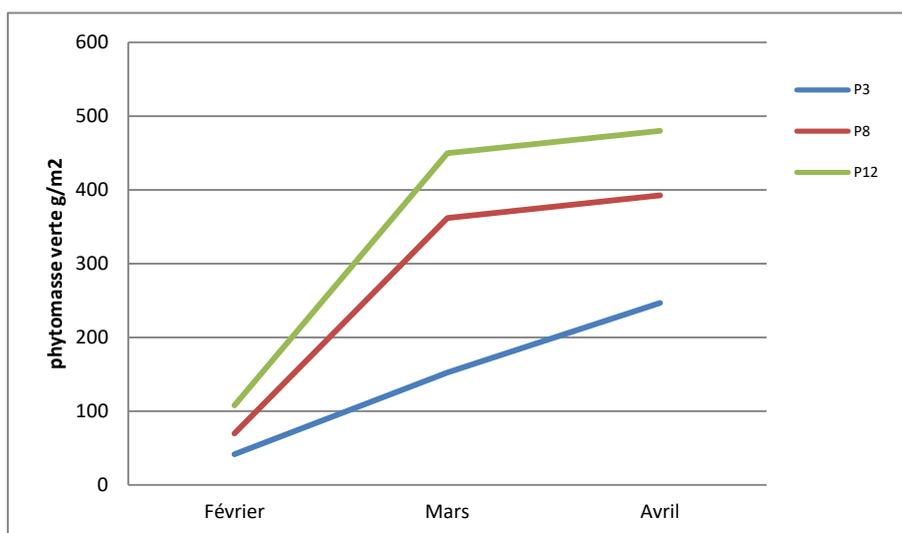
#### **3.4.4.2 Effets de types de cultures sur la phytomasse**

La phytomasse ou encore la biomasse végétale désigne la masse de matière vivante végétale présente à un moment donné dans un milieu donné. Dans notre étude nous avons comparé les poids vert et secs par type de culture.

Les résultats montrent que le type de culture agit significativement, à la fois, sur le poids vert et le poids sec de la végétation (au seuil 5%). Par ailleurs, le poids vert augmente linéairement en fonction du temps pendant les premières phases de cycle de développement des cultures (Figure 52), tandis que le poids sec continue son augmentation pendant toute la durée de la culture (Figure 53).

La biomasse moyenne élevée de la parcelle 12 peut être expliquée par l'effet de l'incorporation des résidus de la culture précédente. En effet, cette parcelle est conduite en semis direct avec restitution de résidus de la culture précédente depuis six ans. En plus l'année dernière cette parcelle a été cultivée par le mélange fourrager (pois fourrager et orge), qui a rétrocedé de l'azote au sol par fixation symbiotique.

En fait, les résidus de culture associée (graminée x légumineuse) fournissent deux ressources importantes de fertilisation du sol : le carbone organique et l'azote. L'effet de l'incorporation des résidus de culture sur la teneur en carbone organique du sol dépend essentiellement de la composition de ces résidus. Les résidus de céréales caractérisées par un ratio C/N élevé peuvent augmenter le stock de carbone dans le sol, tandis que les résidus des légumineuses avec leur ratio C/N bas sont décomposés rapidement après leur incorporation mais enrichie le sol par l'azote symbiotique stocké dans le rhizobium.



*Figure 52: Evolution de la phytomasse verte des cultures annuelles*



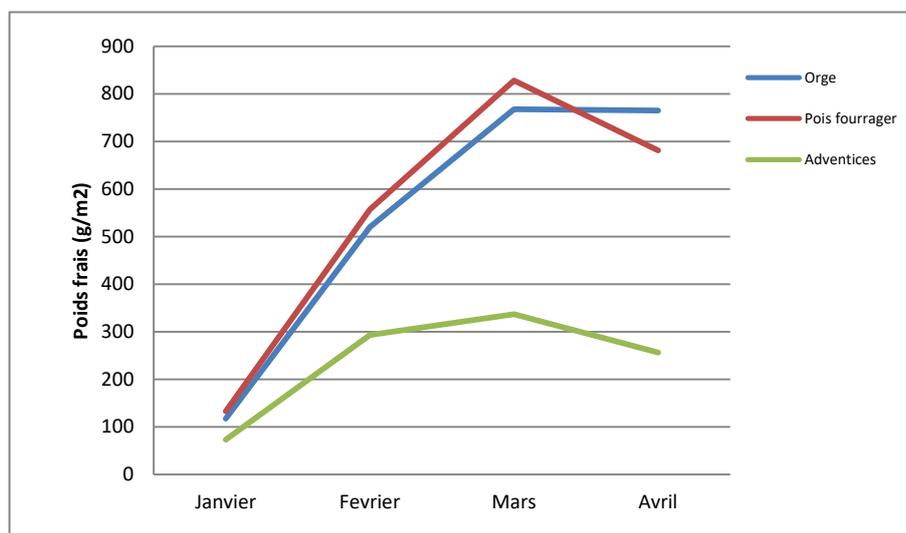
*Figure 53 : Evolution de la phytomasse sèche des cultures annuelles*

#### 3.4.4.3 COMPORTEMENT DES CULTURES ASSOCIEES (GRAMINEE ET LEGUMINEUSE)

Les mélanges fourragers étudiés sont le pois fourrager/orge et la vesce/avoine. Nous avons entamé un suivi de ces cultures le long de leur cycle de croissance.

Les résultats consignés dans la figure 54 montrent que la phytomasse des deux composants du mélange (pois et orge) a évolué régulièrement entre le début du mois de janvier et la fin du mois de mars. A partir de début Avril, la phytomasse du pois fourrager a diminué, tandis que celle de l'orge a stagné.

Ce résultat montre que la meilleure période pour faucher ce mélange fourrager semé en décembre serait fin mars début avril. En effet, cette période correspond au pic de production des deux cultures associées. Passée cette période, le pois flétrit et tombe au sol tandis que l'orge entame sa phase de remplissage, ce qui réduit la part de la phytomasse verte et donc la qualité du fourrage.



**Figure 54 : Evolution de la phytomasse du mélange fourrager (Orge/Pois fourrager)**

Pour la vesce/avoine, l'évolution du poids frais a montré que ce mélange continue sa croissance au-delà du mois d'avril contrairement au mélange pois/orge. Cela signifie que cette culture est relativement tardive et doit être récoltée un peu tardivement par rapport au mélange fourrager (pois/orge).

D'un autre côté, nos résultats montrent que l'association légumineuse-graminée (Parcelle 8) a un effet positif sur la biomasse par rapport à celles en monoculture (Parcelles 3 et 12). En effet, la présence d'une espèce légumineuse dans le mélange permet d'apporter de l'azote, ce qui permet de contrecarrer les carences en azote de la culture et par conséquent une augmentation du rendement globale de la culture. La capacité des légumineuses à fixer l'azote de l'air les prémunit, au moins en partie, contre ce facteur limitant. D'autre côté, l'orge permet de favoriser la culture du pois fourrager en limitant la pression des adventices, grâce à une couverture du sol plus rapide et une plus forte capacité de concurrence du couvert.

#### 3.4.4.4 COMPORTEMENT DES CULTURES EN ALLEY CROPPING

La plantation d'arbustes fourragers constitue un élément de stabilité et un moyen efficace pour mitiger les effets de la sécheresse sur les systèmes de production animale (Le Houérou, 2002).

Les arbustes fourragers sont dotés de remarquables aptitudes de résistance et de tolérance aux contraintes du milieu rencontrées dans les zones arides et semi-arides. Ces aptitudes font de ces plantes un matériel de choix pour l'enrichissement de la flore et la réduction des phénomènes d'érosion hydrique et éolienne. De même, les arbustes fourragers ont l'avantage de créer des microclimats qui favorisent le développement des espèces accompagnatrices (naturelles ou cultivés). Ils ont aussi une valeur nutritive adéquate qu'ils maintiennent à des niveaux acceptables même à des stades avancés de leur développement.

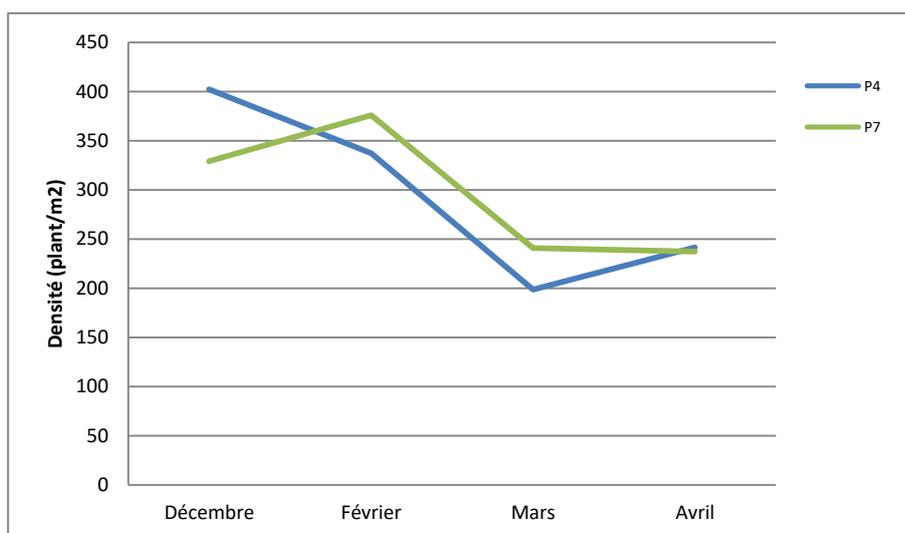
Le mélange d'arbustes fourragers et de végétation herbacée (cultivée ou spontanée) permet d'assurer une ration équilibrée pendant la saison sèche. En effet, les deux groupes de plantes se complètent du point de vue nutritionnel.

Cependant, les rapports entre les plantes herbacées et les ligneux sont complexes et doivent être analysés dans le cadre d'un type de végétation donné. L'objectif de cette partie de travail est d'étudier l'effet des arbustes fourragers sur les cultures intercalaires.

#### ***3.4.4.4.1 Effets des arbustes sur la densité des cultures intercalaires***

Les résultats obtenus montrent qu'il n'y pas de différences significatives de type de plantation sur la densité des cultures (au seuil 5%).

Néanmoins, au niveau de l'évolution de la densité moyenne, nous avons remarqué que la densité moyenne de la culture au niveau de la parcelle 4 (plantation dense à base de *Medicago arborea* et d'*Atriplex nummularia*) a été maximale au premier échantillonnage puis elle a diminuée en fonction du temps, par contre dans la parcelle 7 (plantation d'*Atriplex nummularia* moins dense), la valeur maximale de la densité était notée en deuxième prélèvement puis elle a diminuée lentement en fonction du temps tout en restant légèrement supérieur à celle de la parcelle 4. Ces résultats peuvent être interprétés par l'effet de la densité arbustive élevée de la parcelle 4 par rapport à celle de la parcelle 7. Cet effet est plus souvent lié à la compétition interspécifique entre les arbustes et la culture annuelle. En effet, la densité arbustive élevée implique un réseau racinaire intense ce qui entraîne une compétition souterraine importante entre les arbustes et les cultures annuelles. Notamment pour l'eau, ce qui provoque une diminution de la croissance et de la survie de la plante intercalaire.



*Figure 55 : Evolution de la densité de la culture intercalaire*

#### **3.4.4.4.2 Effets des arbustes sur la phytomasse des cultures intercalaires**

Les résultats montrent que la biomasse sous couvert arbustive est plus élevée pour la plantation moins dense (parcelle 7) par rapport à la parcelle 4 avec une densité arbustive élevée. Ces résultats peuvent être expliqués, de même, par l'effet de la concurrence entre les arbustes et les herbacées.

Pour la monoculture orge, le rendement global en matière sèche a été de 1.672 kg/ha avec 75% d'orge et 25% d'adventices. On peut, ainsi, constater que la productivité en biomasse est relativement faible, due principalement au retard et à la quantité faible des pluies.

Pour le mélange orge/triticales, le rendement global en matière sèche a été de 2.928 kg/ha avec 47% d'orge et 53% de triticales. On peut, ainsi, constater que la productivité en biomasse est relativement moyenne, pénalisée, principalement, par le retard des pluies et leur quantité relativement faible vers la fin du cycle de croissance.

Un tel fourrage, pourrait ainsi être pâturé directement au stade approprié, comme il pourrait être coupé et stocké sous forme de foin, et utilisé au moment du besoin, en complément au fourrage fourni par les arbustes fourragers.



Figure 56 : Evolution de la phytomasse verte de la culture intercalaire

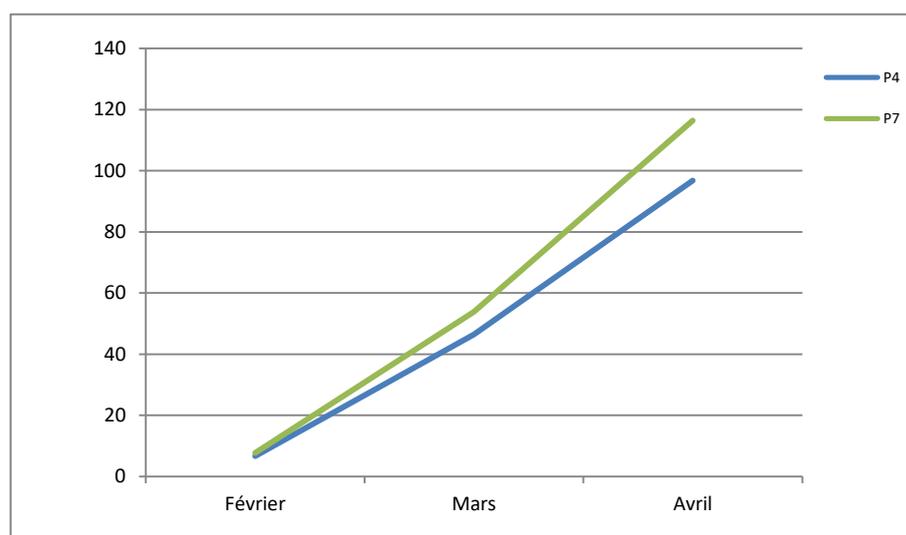


Figure 57 : Evolution de la phytomasse sèche de la culture intercalaire

#### 3.4.4.5 PRODUCTION ET EXPLOITATION DE MEDICAGO ARBOREA

Les mesures effectuées sur les plants de *Medicago arborea* ont concernés l'évolution de la hauteur des plants (croissance et ramification), l'apparition des fleurs et des gousses, ainsi que l'estimation de la biomasse totale et consommable et sa qualité.

##### 3.4.4.5.1 Croissance des plants

La figure 58 présente l'évolution mensuelle moyenne de la hauteur des plants échantillonnés de *Medicago arborea*. On constate une croissance relativement rapide en hivers et moins rapide en fin de printemps. La croissance a été presque nulle en été à cause des hautes

températures. La croissance a légèrement repris vers la fin de l'automne suite à l'arrivée des premières pluies et à la diminution de la température. Ainsi, en moyenne, les plants ont plus que doublé de hauteur au cours de la première année de croissance avec une augmentation moyenne d'environ 40 cm. La croissance en hauteur a continué au cours de la 2<sup>ème</sup> année pour atteindre une moyenne de 75 cm. La croissance a repris avec la chute des températures et l'arrivée des premières pluies en automne. Ainsi, au cours de la 3<sup>ème</sup> année, la croissance a été relativement lente d'octobre à janvier. Elle a été relativement plus rapide entre février à Avril. Au cours de la 4<sup>ème</sup> année de croissance, les plants ont été légèrement pâturés par des ovins au mois d'octobre. La mesure de la hauteur des plants a été reprise au mois de novembre. Entre novembre et mai, les plants ont suivi la même tendance de croissance que les années précédentes et ont connu une augmentation moyenne d'environ 17 cm en hauteur. Ce mode de croissance confirme le caractère de croissance hivernal de cette espèce.

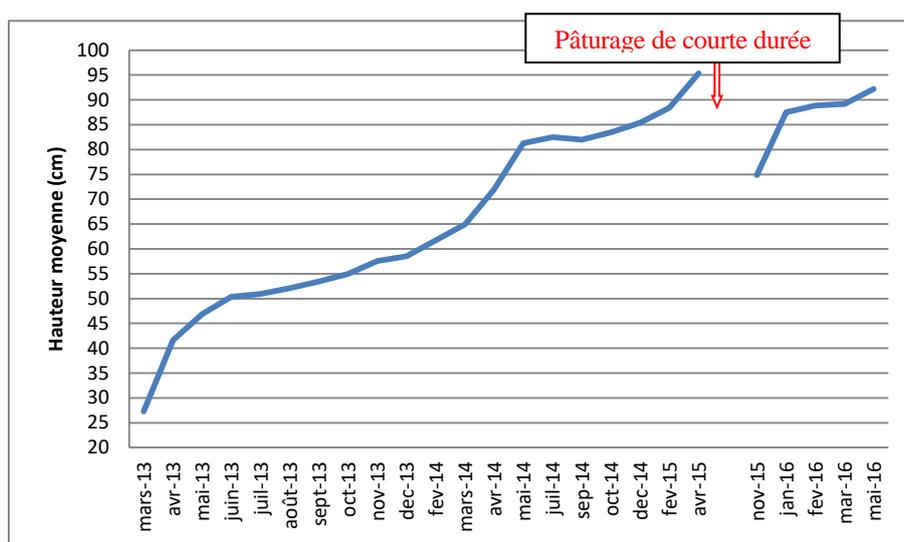
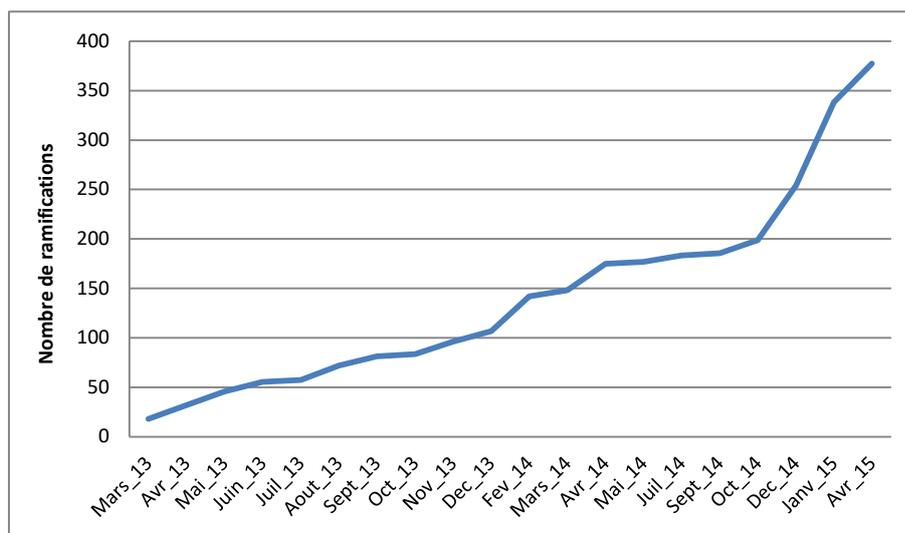


Figure 58 : Evolution mensuelle de la hauteur des plants de *Medicago arborea*

### 3.4.4.5.2 Ramification des plants

La figure 59 présente l'évolution mensuelle du nombre de ramifications des plants de *Medicago arborea*. On constate que le nombre moyen de ramifications a augmenté continuellement le long des trois années. Après une augmentation relativement rapide jusqu'au mois de juin, la ramification s'est arrêtée au cours de l'été. Le nombre moyen a ainsi dépassé 80 ramifications au cours de la première année de croissance des plants pour atteindre environ 170 à deux ans d'âge. Au cours de la troisième année de croissance des plants, le nombre de ramifications a connu une augmentation spectaculaire, à cause d'une pluviométrie plus importante, pour atteindre le double de l'année précédente. Ceci dénote un bon

développement des plants et donc une bonne adaptation de cette espèce aux conditions édapho-climatiques de la zone. Toutefois, on constate que l'écart type de cette variable a augmenté de 10 au début de la période de mesure à 98 vers la fin de la 2<sup>ème</sup> année, et 150 à 200 vers la fin de la 3<sup>ème</sup> année, soit une dispersion de plus en plus large des plants autour de la moyenne, indiquant une variabilité génétique des plants et/ou une variabilité des conditions édaphiques et topographiques au sein de la parcelle .



**Figure 59 : Evolution mensuelle du nombre de ramifications des plants de *Medicago arborea***

En revanche, il est à noter que le ralentissement de la de croissance et du développement des plants de *Medicago arborea* à partir du début de l'été est accompagné d'une chute des feuilles, confirmant le caractère de croissance hivernale et printanière de cette espèce. Ce fait pourrait être un indicateur de la période optimale d'exploitation du feuillage de *Medicago arborea* que ce soit par pâturage direct ou par coupe et affouragement à l'auge. Cette période dépendrait de la date d'arrêt des dernières pluies. Mais, elle ne devrait pas s'étendre au-delà du printemps.

Cependant, si les feuilles qui tombent sur le sol sont perdues comme fourrage, elles constituent néanmoins un apport organique qui contribuerait à l'amélioration des caractéristiques physiques et chimiques du sol.

### 3.4.4.5.3 Floraison et formation des gousses

La notation de l'apparition des fleurs et des gousses a été effectuée sur 209 plants vivants n'ayant pas été coupés auparavant. La figure 60 montre que la floraison a débuté à partir du mois de décembre. Vers la mi-mars, 90 % des plants portaient des fleurs. La formation des gousses a

débuté vers le début février sur environ le tiers de la plantation. Vers fin mars, 85% des plants portaient des gousses, indiquant un bon développement et une bonne adaptation des plants.

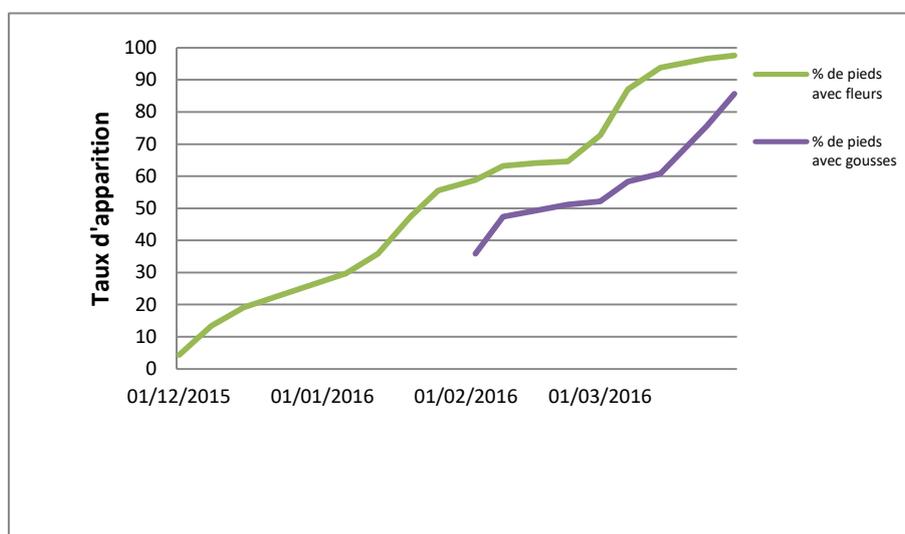


Figure 60 : Apparition des fleurs et des gousses sur les arbustes

#### 3.4.4.5.4 Phytomasse aérienne des plants de *Medicago arborea*

En 2016, la biomasse totale par plant a été de 993 g, 987 g et 1.424 g de MS, respectivement pour la coupe de décembre, février et avril (Tableau 28). Les taux de MS correspondants ont été de 40.5, 41 et 38.7%. La partie consommable de la biomasse produite (feuillage, fleurs et gousses) a représenté 37.5 %, 47.3 et 48.3 %, respectivement pour les trois dates.

Alors que la productivité totale est restée stable entre décembre et février, elle a significativement augmenté après l'arrivée des pluies à partir de la mi-février 2016. Ainsi, la productivité mesurée au mois d'avril a été supérieure de 40-60% par rapport à celles effectuées les mois précédents.

En Avril, les plants de *Medicago Arborea* ont produit une biomasse totale par plant oscillant entre 751 g et 2.260 g de MS avec une moyenne de 1.424 g MS par plant.

**Tableau 28 : Biomasse totale, taux de MS et Proportions des différents constituants des plants de *Medicago arborea***

Période de récolte	Biomasse totale g MF/plant	% MS	Biomasse totale g MS/plant		Biomasse consommable g MS/plant			
			Moyenne	ET	Moyenne	ET	% biomasse totale	Kg MS/ha (250 plant/ha)
Décembre	2476	40,5	993,3	200	372,7	119	37,5	93,2
Février	2380	41	986,7	314	466,6	151	47,3	116,6
Avril	3727	38	1424,5	573	688,7	169	48,3	172,2

MF : Matière fraîche ; MS : Matière Sèche ; ET : Ecart type

En 2017, la biomasse totale par plant a été de 1.622 g de MS pour la coupe de février, variant entre 1.100 et 2.200 g/plant. Le taux de MS global a été de 37%. La partie consommable (feuillage, gousses) de la biomasse produite a représenté 44%.

Si on considère une densité de plantation de 4mx10m, soit 250 plants par hectare, cela fournirait un fourrage supplémentaire de très bonne qualité estimé à plus de 400 kg de MS/ha et qui pourrait atteindre 550 kg MS/ha, avec une quantité plus importante de bois de feu. Ce fourrage s'ajouterait à celui produit par la culture fourragère intercalaire et lui apporterait l'élément qui fait le plus défaut dans les ressources fourragères des zones arides, à savoir l'azote ou matières azotées totales.

**Tableau 29 : Constituants des plants de *Medicago arborea* récoltés à 50 mois d'âge**

Constituant	Poids frais (g/plant)	%MS	Poids sec (g/plant)		% du total	Kg MF/ha	Kg MS/ha
			Moyenne	ET			
<b>Feuillage</b>	2309	30	688	195	42,4	575	172
<b>Gousses</b>	67	28,4	19	11	1,2	19	5
<b>Bois</b>	1961	47	915	315	56,4	490	230
<b>Biomasse totale</b>	4337	37,4	1622	498	100	1084	407

Densité: 250 plants/ha ; MF : Matière fraîche ; MS : Matière Sèche ; ET : Ecart type

### 3.4.4.5.5 Qualité des plants de *Medicago arborea*

#### a/ Teneur du feuillage de *Medicago arborea* en matières minérales

Globalement, La teneur en matière minérale du feuillage est supérieure à celle constatée pour les tiges. Le feuillage (feuilles et rameaux tendres, fleurs et gousses) de *Medicago arborea* est relativement riche en éléments minéraux avec une moyenne de 10.1 % de MS (Tableau 30). Elle a varié de 9.7 à 11% de MS. La valeur la plus élevée a été observée pour la coupe de Février 2017, qui a été précédée par plus d'un mois de sécheresse.

### b/ Teneur en matières azotées totales

La teneur en matière azotée présente de légères variations entre les différentes périodes de coupes, aussi bien pour les tiges que pour le feuillage. Elle a été en moyenne de 10.7 % pour le feuillage et de 5.1% pour le bois. La teneur en MAT est, cependant, remarquablement plus élevée pour les fleurs et les gousses pour la récolte d'Avril.

Ainsi, les valeurs en matière azotée obtenues pour les tiges, oscillent entre 5 % et 5,7 % de MS (Tableau 30). Le feuillage présente des teneurs plus élevées avec 10.8 ; 11.0 % et 9.5 % de MS, respectivement, en automne (Décembre), en hiver (Février) et printemps (Avril). Les fleurs et les gousses, qui ne représentent que 15 % de la biomasse consommable, présentent les valeurs les plus élevées, soient 17.3 et 15.5 % de MS, respectivement.

**Tableau 30 : Biomasse totale, taux de MS et Proportions des différents constituants des plants de *Medicago arborea* récoltés à 36-41 mois d'âge**

Constituants (%MS)	Feuillage			Tiges			Fleurs	Gousses vertes
	Dec. 2015	Fev. 2016	Avr. 2016	Dec. 2015	Fev. 2016	Avr. 2016	Avr. 2016	Avr. 2016
MO	90,3	89,0	90,3	95,9	93,4	96,7	94,2	93,1
MM	9,7	11,0	9,7	4,1	6,6	3,3	5,8	6,9
MAT	10,8	11,8	9,5	5,0	4,7	5,7	17,3	15,5

### c/ Teneurs en fibres

Les teneurs en constituants membranaires sont relativement moyennes à faibles par rapport aux fourrages généralement rencontrés dans les zones arides. Ces teneurs sont rapportées sur la figure 61. La fraction NDF, représentant le total des parois membranaires, a augmenté avec l'avancement de la saison de croissance de 64.3 à 70.5% MS pour les tiges et de 35.9 à 40.5 % MS pour le feuillage. La fraction ADF, représentant la proportion peu ou pas digestible des parois membranaires, a montré une légère augmentation avec l'avancement de la saison, aussi bien pour le feuillage que pour le bois. Elle a ainsi évolué entre 23.4 et 24.4% MS pour le feuillage et entre 44.8 et 49.3 % MS pour le bois. La fraction ADL, représentant le constituant indigestible des parois membranaires, a varié entre 4.4 et 5.2 % MS pour le feuillage et 13.6 et 15.5 % MS pour le bois.

Les fleurs et les gousses, qui représentent 15% de la biomasse consommable, présentent respectivement les valeurs de NDF de 30.7 et 43.8 % de MS, de ADF de 15 et 24 % de MS et de ADL, de 2.9 et 5.9 % de MS.

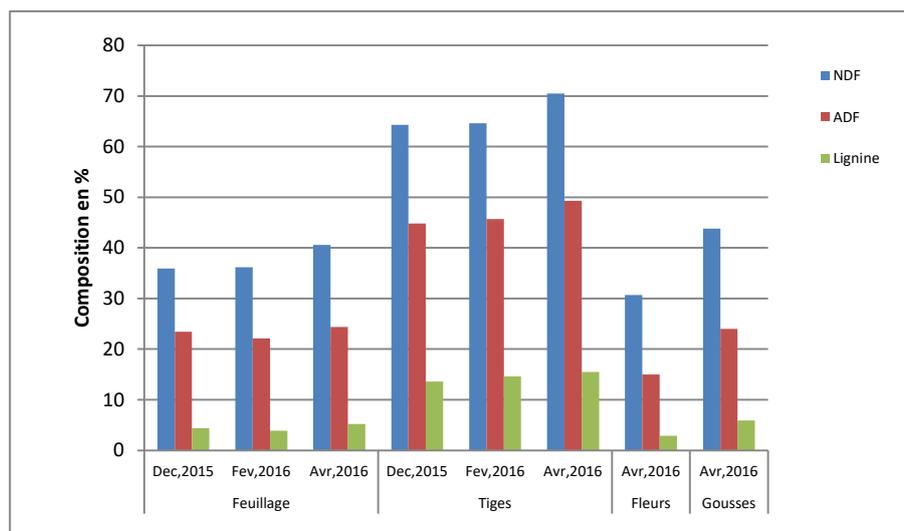


Figure 61 : Composition en fibres des constituants des plants de *Medicago arborea*

### 3.4.4.5.6 Estimation de la valeur nutritive du feuillage

Les résultats obtenus sont rapportés dans le tableau 31. Il en ressort que le feuillage de *Medicago arborea* récolté dans les conditions agro-climatiques de la station INRA (Settat) a eu une teneur moyenne en MAD de 6.4 et une valeur énergétique moyenne à bonne de 0,7. La digestibilité estimée sur la base des teneurs en fibres et en MAD est moyenne à bonne avec une valeur moyenne de 0,7. Ces valeurs indiquent que ce fourrage serait bien apprécié par les ovins.

Tableau 31: Estimation de la valeur nutritive du feuillage de *Medicago arborea*

Périodes de prélèvement	MAT	MAD	MM	MO	d	MOD	MOND	UF /kg MS
déc-16	10,8	6,5	9,7	90,3	0,77	69,53	20,8	0,84
févr-17	11,8	7,4	11	89,0	0,77	68,53	20,5	0,83
mai-17	9,5	5,3	9,7	90,3	0,59	53,28	37,0	0,49
Moyenne	10,7	6,4	10,1	89,9	0,7	63,81	26,1	0,72

UF/kg MS= (2.36 MOD-1.2 MOND) /1650(Breirem, 1939) ; MAD (gr /kgMS)= 0.9294 MAT-3.52 (Demarquillyet Weiss, 1970) ; MOD (gr /kg MS) : matière organique digestible = MOx d ; MOND (gr /kg MS): matière organique non digestible = MO – MOD ; d : Coefficient de digestibilité Apparente de la MO ; MAD : Matières Azotées Digestibles ; MAT : Matières Azotées Totales.

### 3.4.4.5.7 Utilisation et exploitation des plants de *Medicago arborea*

#### a/ Appétibilité de *Medicago arborea*

Pour ce qui est de l'appétibilité ou la consommation du feuillage de *Medicago arborea* par pâturage direct, nous avons constaté qu'elle dépend du disponible fourrager autour des plants de l'arbuste. Ainsi, les ovins préfèrent en premier les espèces herbacées. Mais, comme ils se déplacent en continu, de temps à autre, ils appliquent quelques coups de dents sur les plants de *Medicago*. Mais au fur et à mesure que le disponible herbacé diminue en quantité et en

qualité, les animaux reviennent plus fréquemment sur les plants de *Medicago* jusqu'à épuisement de son feuillage.

#### **b/ Hauteur et période de coupe des arbustes**

Comme il a été signalé avant, le feuillage du *Medicago arborea* devra être consommé avant l'arrivée de l'été. Or, lorsque la parcelle plantée est cultivée en intercalaire, les animaux ne peuvent y accéder pour le consommer. Dans ce cas, le feuillage devra être coupé et offert aux animaux en dehors de la parcelle. Ainsi, deux hauteurs de coupe ont été testées (15 et 30 cm du sol). Les données du tableau 32 montrent que le taux de régénération des plants a été très faible pour la coupe à 15 cm du sol, alors que pour la coupe à 30 cm du sol, il a été de 100% pour les coupes d'automne, hiver et début du printemps, et de 83 à 87% pour les coupes de la fin du printemps.

**Tableau 32 : Période et hauteur de coupe du feuillage de *Medicago arborea***

Période de coupe	Hauteur de coupe	Nombre des pieds coupés	Nombre des pieds morts	% de régénération	Hauteur moyenne au 22-05-17
<b>Mai 2014</b>	15 cm	15	10	33	64 cm
<b>Juin 2014</b>	15 cm	15	12	20	52 cm
<b>Mars 2015</b>	30 cm	15	2	87	67 cm
<b>Mai 2015</b>	30 cm	6	1	83	92 cm
<b>Décembre 2015</b>	30 cm	5	0	100	78 cm
<b>Février 2016</b>	30 cm	5	0	100	75 cm
<b>Avril 2016</b>	30 cm	5	0	100	67 cm
<b>Février 2017</b>	30 cm	5	0	100	41 cm

#### 3.4.5 SYNTHÈSE ET DISCUSSION

Les résultats de ce travail indiquent que dans les zones arides et semi-arides qui connaissent un rétrécissement de la période pluviale et une réduction des pluies vers la fin de cycle de croissance des cultures, la production de cultures à grains devra être abandonnée au profit des cultures à biomasse. En effet, ces dernières seraient récoltées plutôt sans aucun effet néfaste à cause du manque d'eau durant la phase de remplissage du grain. Ces fourrages sont très recherchés au cours de l'automne et jusqu'à l'apparition de l'herbe sur les terres de pâturage, période de faibles disponibilité alimentaires pour le cheptel.

Ainsi dans ces régions, les systèmes agropastoraux pourraient être améliorée si la production du foin de fourrage est pratiquée et généralisée. En effet, la production de biomasse est plus importante que la production de grains dans ces environnements et moins fluctuante.

Par ailleurs, maîtriser les pratiques culturales pour les cultures fourragères est une garantie pour une bonne production avec une économie en intrants et une augmentation de la valeur ajoutée de la production animale. En effet, les cultures fourragères semées précocement dominent les adventices ce qui leur permet une excellente production en quantité et en qualité. Et si la date de semis est relativement bien maîtrisée par les agriculteurs, la date de coupe reste moins cernée et engendre de grandes pertes que ce soit en quantité ou en qualité.

D'un autre côté, l'introduction de nouvelles cultures adaptées permet d'améliorer la productivité et la résilience du système de production intégrant les cultures et l'élevage des zones arides et semi-arides. En particulier, l'introduction de triticales dans ces zones fournit une bonne option pour améliorer la disponibilité de l'alimentation du cheptel que ce soit en biomasse qu'en grains de bonne qualité. Il présente, de même, une résistance à la sécheresse et une tolérance aux maladies et fournit une excellente option pour la diversification des cultures.

Le faible taux de précipitation reste une cause principale de déficit fourrager en zones arides et semi-arides. Il existe une forte relation entre la disponibilité de l'eau et la densité moyenne de végétation, la faible disponibilité de l'eau provoque une diminution importante de la densité moyenne de la végétation. Il est donc primordial de concilier entre ces deux paramètres, ceci serait possible par un bon raisonnement de la dose de semis, mais surtout par la lutte contre les adventices. Ceci est permis par le traitement des cultures par des pesticides, ce qui n'est ni toujours possible ni préconisé pour les cultures fourragères, ou par le choix de cultures très compétitives.

Nos résultats montrent que l'orge (*Hordeum vulgare L.*) est caractérisée par une capacité de croissance rapide qui permet d'atténuer l'effet compétitif des mauvaises herbes. De même, l'association de l'orge et le pois fourrager a une bonne compétitivité vis-à-vis des adventices. Ceci est dû à une couverture rapide du sol par le mélange. En effet, la présence d'une espèce légumineuse dans le mélange permet d'apporter de l'azote, ce qui permet de contrecarrer les carences en azote qui sont souvent responsables de baisses de production chez les graminées et par conséquent, une augmentation du rendement globale de la culture. La capacité des légumineuses à fixer l'azote de l'air les prémunit, au moins en partie, contre ce facteur limitant. D'ailleurs, la capacité des légumineuses à former des symbioses avec les bactéries des genres *Rhizobium* et *Bradyrhizobium*, qui peuvent réduire le di-azote de l'air (N<sub>2</sub>) et

l'utiliser comme source d'azote pour elles-mêmes ou la plante hôte, est responsable en grande partie de leur intérêt agronomique (Ledgard et Steele, 1992).

D'autre côté, l'orge permet de favoriser la culture du pois fourrager en limitant la pression des adventices, grâce à une couverture du sol plus rapide et une plus forte capacité de concurrence du couvert. De même, l'orge assure une meilleure tenue du pois fourrager « rôle tuteur ».

De plus, notre travail montre que l'association graminée-légumineuse permet une bonne amélioration de la production du fourrage, à la fois par une productivité élevée de la masse sèche et par l'amélioration de sa qualité. De même, leur introduction en rotation sous semis direct permet de palier au problème des adventices, tout en permettant de réduire les apports de pesticides.

En outre, le semis direct assure une meilleure productivité et une bonne qualité des fourrages. L'un des facteurs de cette amélioration serait l'enrichissement du sol par la matière organique. Ce résultat est similaire au résultat trouvé par Laghrour *et al* en 2014, ces derniers ont montré que la pratique continue de semis direct favorise l'accumulation de la matière organique en surface du sol (0-10cm). Nos résultats sont aussi en accord avec des résultats trouvés par d'autres chercheurs, Bessam et Mrabet (2001) ont trouvé que le taux de matière organique évolue de façon remarquable sous l'effet du semis direct en fonction du temps, alors que sous travail conventionnel, le sol garde sensiblement les mêmes teneurs. En Tunisie, Ben Hammouda et al. (2004) ont également affirmé qu'après une expérimentation de trois années, le semis direct améliore le taux de matière organique dans le sol, soit 2,6% contre 2,3% mesuré en mode conventionnel. Mrabet (2004) ajoute que seul le semis direct améliore le niveau de matière organique de la surface du sol, après avoir comparé l'utilisation de différents outils aratoires avec le non labour.

De même, les travaux de Kribaa et al. (2001) effectués dans la région de Sétif en Algérie indiquent que le semis direct et les techniques simplifiées permettent une meilleure rétention en eau par rapport au labour conventionnel avec la charrue à soc, cette particularité du semis direct offre à la culture un meilleur comportement en situation de déficit hydrique, notamment, pendant la phase de formation du grain.

La plantation d'arbustes fourragers constitue un élément de stabilité et un moyen efficace pour mitiger les effets de la sécheresse sur les systèmes de production animale (Le Houérou., 2002.

Chriyaa et El Mzouri, 2004). En particulier, la luzerne arborescente (*Medicago arborea*), spontanée dans le Bassin Méditerranéen (Villax, 1963), et qui est une espèce de haute appétibilité (Otal et al., 1991) et avec un contenu protéique élevé (De Koning et Duncan, 2000), constitue une possible alternative. De plus, l'introduction d'arbustes fourragers légumineux de type *Medicago arborea* dans le système de cultures en association avec de l'orge ou des espèces fourragères, réduirait l'impact des périodes de disette en améliorant les disponibilités fourragères (Chriyaa et El Mzouri, 2004). Ceci améliorera aussi la stabilité de l'écosystème en améliorant la fertilité du sol et en réduisant le potentiel d'érosion hydrique et éolienne (De Koning et Duncan, 2000, Dubeux et al. 2019).

Notre expérimentation sur *Medicago arborea* s'est déroulée dans des conditions climatiques déficitaires, toutefois, les quantités de pluie du mois d'octobre, même faibles, ont provoqué le démarrage du développement et de la croissance des arbustes.

*Medicago arborea* a produit une biomasse aérienne non négligeable et de bonne qualité, malgré le retard des pluies et leur faible quantité. Ce fourrage s'ajoute à celui produit par la culture fourragère intercalaire et lui a apporté l'élément qui fait le plus défaut dans les ressources fourragères des zones arides, à savoir l'azote ou matières azotées totales d'un taux moyen de 10.7%. Ce résultat est relativement inférieur, à celui trouvé par Hamdi et collaborateurs en 2019 en Tunisie qui est de 14.4%. De même, dans les Canaries, Ventura et collaborateurs (1999) ont trouvé des valeurs de MAT supérieurs aux nôtres (15.5%).

D'un autre côté, *Medicago arborea* présente un taux de la matière minérale relativement important et des taux des constituants pariétaux faibles, ce qui concorde avec les résultats rapportés dans la littérature (Hamdi et al. 2019, Ventura et al. 1999).

Néanmoins, les plantations de *Medicago arborea* en alley cropping nécessitent une gestion bien raisonnée. En effet, la période d'occupation des parcelles par les cultures intercalaires coïncide avec la période optimale d'exploitation de l'arbuste, ce qui nécessite de couper l'arbuste et de le distribuer aux animaux à l'auge. La hauteur de coupe de 30 cm a permis une meilleure régénération de l'arbuste et une bonne qualité du fourrage. Concernant ce dernier paramètre, Al Masri (2013) a conclu que la coupe des plants de *Medicago arborea* à une hauteur de 25 cm donne un fourrage de bonne qualité par rapport à 50 cm.

La valeur nutritive des feuilles de *Medicago arborea* dans les conditions de notre recherche s'est avérée moyenne à bonne avec un taux de MAT moyenne de 10.7% et une digestibilité de 70% en moyen. Ces résultats sont faibles par rapport à ceux trouvés par De Koning et Duncan (2000), en zones à faible pluviométrie de l'Australie pour la MAT, mais restent proches en ce qui concerne la digestibilité, les valeurs qu'ils ont trouvées pour ces deux paramètres sont respectivement de 20% et 79%.

Par ailleurs, il est à noter que le ralentissement de la croissance et du développement des plants de *Medicago arborea* à partir du début de l'été est accompagné d'une chute des feuilles, confirmant le caractère de croissance hivernale et printanière de cette espèce. Cette chute de feuilles est attribuée à une sénescence foliaire plus élevée pendant la maturité des graines (Lefi et al. 2003). Ce fait pourrait être un indicateur de la période optimale d'exploitation du feuillage de *Medicago arborea* que ce soit par pâturage direct ou par coupe et affouragement à l'auge. D'ailleurs, Al Masri (2013) a montré que la valeur nutritive de *Medicago arborea* diminue considérablement à la fin de l'été et au milieu de l'automne par rapport à l'hiver et au printemps. La longueur de cette période dépendrait de la date d'arrêt des dernières pluies. Mais, elle ne devrait pas s'étendre au-delà du printemps.

Etant donné que le feuillage de *Medicago arborea* est épuisé assez tôt soit par pâturage/coupe ou par chute des feuilles, la plantation dans des parcelles juxtaposées ou dans la même parcelle d'arbustes à croissance estivale, comme l'*Atriplex nummularia*, pourrait constituer une alternative qui fournirait aux animaux du fourrage supplémentaire en été et en automne. En plus, cette utilisation mixte de *Medicago arborea* et d'*Atriplex nummularia*, pourrait être une technique agricole bio-saline prometteuse pour mettre en valeur les sols affectés par la salinisation (Kurdali, 2010).

En conclusion, notre travail a montré que la luzerne arborescente (*Medicago arborea*) pourrait constituer une alternative pour l'amélioration des disponibilités alimentaires des animaux dans les zones agropastorales à faible pluviométrie.

En effet, dans ces zones, où la pluviométrie tend vers la diminution et la période de croissance tend vers le rétrécissement entre fin automne et début printemps, les ovins n'ont accès à du fourrage vert, généralement disponible sur les terres de pâturage ou en jachère, qu'après l'arrivée de pluies significatives (vers fin décembre) et jusqu'au début du printemps. Avant cette période, les brebis sont en fin gestation-début lactation, et donc ayant des besoins élevés en nutriments.

Elles peuvent ainsi consommer le feuillage de *Medicago arborea* coupé et distribué à l'auge, comme supplément de bonne qualité.

Par la suite et à partir du début printemps, les brebis entament leur nouveau cycle de reproduction. Elles doivent ainsi être préparées à la saillie et doivent donc avoir accès à un supplément alimentaire de qualité (flushing). Et puis, vient ensuite la période des saillies durant laquelle les brebis auraient besoin d'une alimentation de qualité pour améliorer leurs performances de reproduction. Durant toutes ces phases, le feuillage de *Medicago arborea* pourrait constituer un fourrage d'appoint de très bonne qualité.

## CONCLUSION GENERALE

---

Les différentes parties présentées dans cette thèse mettent en lumière une diversité de méthodes et d'outils d'analyse qui permettent de diagnostiquer et de caractériser l'état des ressources et des systèmes de production et de tester les propositions de recherche visant à améliorer la durabilité des systèmes agro-pastoraux et à renforcer l'intégration de ces différentes composantes. Ces méthodes se réfèrent à l'analyse des changements opérées suite aux différents dérèglements qu'a connus la zone et aux modalités espérées pour les contourner, mais aussi à l'identification des facteurs d'adoption des produits de la recherche. Elles s'appuient sur la collecte de données de différents types et dans des conditions diverses.

Les enquêtes socio-économiques ont permis d'identifier les facteurs qui influencent l'intensité de la mise en œuvre de l'innovation chez ceux qui l'ont adoptée, mais aussi, d'analyser les corrélations entre des variables traduisant l'utilisation effective de la technologie et des variables sociotechniques sur lesquelles sont fondées les typologies des systèmes d'élevage. Elles permettent, ainsi, de mettre en évidence différentes modalités d'usage de la technologie suivant les types de producteurs.

Le diagnostic de la situation actuelle et passée a permis d'identifier les contraintes et potentialités de la zone. Le climat représente une contrainte majeure aux activités agricoles et pastorales. En effet, la dépendance absolue des productions agricoles et des parcours, et par conséquent de l'élevage envers les conditions météorologiques oblige les agriculteurs à disposer en permanence soit de stocks importants d'aliments (paille et orge) soit d'un fond de roulement en nature ou en espèce. De ce fait, l'eau est considérée comme le principal facteur limitant, à côté de la santé des sols et la dégradation des terres. La variabilité temporelle des précipitations est le symptôme de changement climatique le plus communément admis. Bien que ce risque soit reconnu, il ne se traduit pas par une flexibilité saisonnière ou une réflexion à plus long terme. Le risque de sécheresse est plutôt atténué par des stratégies de thésaurisation.

La deuxième contrainte environnementale majeure réside dans les faibles potentialités agronomiques des sols des terrains agricoles ; notamment faible profondeur, faible teneur en matière organique et réserves hydriques limitées. La dominance du statut collectif des terres et la précarité de leur exploitation constituent également une contrainte majeure à leur mise en valeur.

Les systèmes de production animale de la zone dépendent aussi bien des ressources fourragères pastorales que des sous-produits de l'agriculture. Les parcours sont utilisés d'une manière libre par tous les ayants-droit. Il n'y a ni mise en défens pendant une certaine période de l'année ni limitation des effectifs des troupeaux. Les niveaux de production de ces parcours dépassent rarement les 500 kg de matière sèche à l'hectare. Cette phytomasse est constituée essentiellement par les annuelles et en particulier les graminées entraînant une saisonnalité très marquée de la production.

Les effectifs animaux dépassent largement les capacités productives des ressources fourragères, ce qui se traduit, à court terme, par le recours excessif à la complémentation et à long terme par la dégradation des pâturages, matérialisée par une flore dominée par des annuelles à faible valeur pastorale, et des terrains de cultures par des sols pauvres en matière organique et probablement compactés ce qui serait de nature à diminuer leur réserve hydrique et à accentuer l'effet de l'aridité et de la sécheresse.

Ainsi, avec l'intensification des labours sur les terres des parcours, les défrichements et le surpâturage, il y a eu la cristallisation d'une situation de fait se traduisant par à un partage consensuel des terres de parcours entre les ayants-droit. La problématique des parcours est à replacer au cœur des mutations de l'espace, de l'économie et de la société pastorale. Les éleveurs se sont fortement adaptés aux changements climatiques et l'économie de marché qui affectent le système pastoral et les communautés domestiques et familiales.

Pour pallier ces contraintes, une nouvelle approche consiste en la proposition d'actions d'amélioration agro-pastorale chez des particuliers. Les résultats obtenus dans ce travail sont encourageants. En effet, la production de plus de ressources fourragères est une pratique à préconiser pour les environnements arides du Maroc.

D'un côté, notre recherche a mis en évidence le sérieux compromis entre les objectifs concurrents autour de l'utilisation des résidus de céréales. L'importance du bétail dans le système de production et l'importance des résidus pour le bétail sont un obstacle majeur à toute autre utilisation des résidus, notamment la couverture et l'amendement du sol. Le compromis se joue au niveau de la ferme, mais aussi à l'échelle du village. Cette dernière est alimentée par l'hétérogénéité des situations des agriculteurs, qui se traduit par des inégalités d'accès à la terre et des conflits de pâturage gratuit. La reconnaissance de la diversité socio-

économique des agriculteurs souligne à quel point les compromis spécifiques au contexte autour de l'utilisation des résidus sont perceptibles.

Le bétail est considéré comme plus rentable en général et plus sûr en cas de sécheresse, grâce à la diversification des aliments depuis les années 1990. Cependant, les agriculteurs sont loin d'être autosuffisants pour nourrir leur cheptel pendant les années sèches, et en partie pendant les années normales. Bien que le chaume et la paille représentent la principale source d'alimentation à des périodes spécifiques de l'année, leur importance ne devrait pas éclipser celle des cultures fourragères et des jachères. Ces deux solutions constituent des alternatives prometteuses, avec un potentiel d'adoption important.

Plus de combinaisons de fourrage doivent être testés afin de déterminer les plus adaptées aux conditions climatiques et pédologiques de notre zone (PPNA), en particulier et des zones arides et semi-arides marocaines, en générale. De même, l'amélioration de la jachère notamment par la fertilisation, le traitement contre certains adventices et l'ensemencement peut être une voie d'amélioration de la disponibilité fourragère au niveau de ces zones. En outre, la production de semences de plantes fourragères doit être développée et les graines devraient être disponibles aux agriculteurs à des prix abordables.

Nonobstant, réduire les coûts de la production fourragère et combler le déficit de connaissance sont des étapes décisives pour valider les cultures fourragères en tant que solution de remplacement valable aux résidus de céréales et alternative potentielle pour les systèmes de production qui intègrent l'agriculture et l'élevage. Les politiques nationales de subventions à la culture fourragère pourraient libérer le potentiel de cette alternative. Néanmoins, l'adoption généralisée des cultures fourragères pourrait également stimuler l'expansion de l'élevage, ce qui pourrait être contraire aux principes de l'agriculture durable.

Afin de pallier ces insuffisances, il faut entamer une relance et une mise à niveau de la filière de production fourragère en tenant en compte les atouts suivants :

- Un potentiel de production des fourrages important existant et non exploité notamment en Bour ;
- Une demande importante sur les cultures fourragères ;
- Des acquis importants en matière de recherche et développement ;

- Une prise de conscience des risques liés à la durabilité des systèmes de culture à base de céréales ;
- Le Plan Maroc Vert (PMV), et son plan de consolidation Génération Green (GG) qui offre la possibilité de mise en place d'un contrat programme par la création et l'identification de partenaires au sein de l'interprofession capable de mettre en œuvre la vision de développement de cette filière ;
- Et puis un cadre juridique renforçant le rôle de l'interprofession (loi 03-12).

Aussi, est-il nécessaire de procéder à la modernisation et l'intensification raisonnée des productions fourragères et de renforcer l'organisation de la filière. D'autant plus que les cultures fourragères intéressent aujourd'hui plusieurs acteurs économiques (autres que l'agriculteurs) qui contribuent déjà à leur développement. La multiplicité des acteurs autour des fourrages impose aujourd'hui une forme d'organisation pour pouvoir relever le défi du développement des fourrages d'amont en aval.

Il est, donc, nécessaire de fédérer les acteurs économiques des fourrages autour d'un programme inclusif de développement et d'intensification raisonnée des cultures fourragères, élaboré sur la base d'une vision globale à moyen termes. Les principaux jalons de ce programme peuvent être structurés autour des actions suivantes :

- Mise en place d'une organisation professionnelle de la filière ;
- Extension des superficies, intensification et diversification, et valorisation de la production ;
- Rendre disponible des variétés performantes et des semences certifiées à des prix à la portée des agriculteurs ;
- Renforcement des programmes de recherche en matière de la création variétale, des techniques de production, de diversification, de valorisation et de mécanisation;
- Et enfin renforcement de l'encadrement technique et du conseil agricole des producteurs en matière de techniques de production, de conservation et de stockage.

En corollaire, nous considérons que notre recherche a apporté une contribution en termes d'approche et de réflexion scientifique et a abordé, en partie, la conception d'un modèle de

développement des systèmes de production qui intègrent l'agriculture et l'élevage. Notre travail ne prêtant pas être complet et/ou inclusif. Il résulte, néanmoins, d'une démarche scientifique qui associe des approches scientifiques diverses et complémentaires (recherche en milieu réel, recherche en station, recherche socio-économique et modélisation spatiale). De même, notre travail capitalise sur une expérience longue et diversifiée que nous avons accumulée durant notre carrière et qui a été enrichie par un contact permanent et interactif avec des imminents chercheurs du domaine.

De ce fait, ce travail ouvre d'autres voies pour des investigations futures. Ces dernières devront être fondées sur une approche systémique de recherche qui permettra d'identifier les meilleures espèces et races de bétail et les plus adaptés, les systèmes de gestion des parcours adaptés et appropriés, les stratégies de production à préconiser, les politiques et institutions appropriées à promouvoir, la gestion efficace des sous-produits des cultures et de l'élevage, le raisonnement et la gestion des systèmes d'élevage semi-intensif, l'intégration et l'adoption des systèmes d'agroforesterie et d'agro-écologie intégrant l'élevage, ...etc.

En particulier, les questions de recherche concernant l'impact des changements climatiques sur les systèmes d'élevage intégrant les cultures et l'élevage doivent être développées en profondeur. Ces questions de recherche peuvent être scindées en deux groupes selon les enjeux environnementaux, sociaux et politiques auxquels l'enjeu scientifique est associé :

- Le premier groupe rassemble des questions scientifiques qui sont établies, largement partagées et généralement peu controversées. Elles renvoient plutôt à la production de connaissances génériques pour mieux comprendre les liens entre les systèmes d'élevage et le changement climatique : les interactions entre les systèmes de culture et les systèmes d'élevage; réorientation de la recherche sur les techniques et approches permettant l'adaptation aux enjeux climatiques; approfondir l'analyse et la gestion des risques et leurs combinaisons (événements extrêmes, variabilité climatique accrue) ; développer des approches globales à l'échelle de filières, territoires ou systèmes d'élevage, en intégrant l'analyse d'impact du changement climatique.
- Le deuxième groupe réunit des nouvelles et innovantes thématiques sur les systèmes d'élevage, souvent ignorées par les chercheurs, qui mettent en relation la production scientifique avec les attentes des acteurs économiques et des consommateurs. Les

principaux enjeux auxquelles se rapportent ces thématiques peuvent être déclinés en des questions de recherche, telles que:

- Quelle place pour l'élevage et les produits d'origine animale dans les politiques agricoles ?
- Comment intégrer la dimension environnementale et écologique pour soutenir les systèmes d'élevage (agropastoralisme, agroforesterie, agro-écologie) ?
- Le changement climatique et la souveraineté alimentaire, en particulier des produits animaux ?
- Quelles politiques publiques pour soutenir la recherche en élevage ?
- Evaluation d'impact carbone des filières animales et analyse de solutions pour la mitigation et pour l'adaptation (approche coût-bénéfice de différentes options...)

Il s'agit, en fait, de mettre en exergue deux priorités pour atteindre un double objectif stratégique : lutter contre le changement climatique tout en inscrivant les systèmes qui intègrent les cultures et l'élevage dans la durabilité :

- Intensifier et approfondir la recherche sur les systèmes alimentaires des animaux qui s'impose comme un facteur déterminant pour le développement et la pérennisation de l'élevage des zones arides et semi-arides (amélioration et gestion des parcours, agroforesterie et production fourragère et complémentation/rationnement).
- Repenser et valoriser les productions de l'élevage pour contribuer à concilier l'adaptation aux changements climatiques avec la durabilité au sens écologique et économique du terme ; Il s'agit en fait d'opter pour des systèmes de production animale mixtes avec une meilleure valorisation agroalimentaires des produits de l'élevage.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abd El-Moneim, A.M, 1993. Agronomic potential of three vetches (*Vicia* spp.) under rainfed Conditions. *Journal of Agronomy Science*, 170: 113-120.
- Abdelbaki A., 2012. Utilisation du SIG et télédétection dans l'étude de la dynamique du couvert végétal dans le sous-bassin versant de Oued Bouguedfine (Wilaya de Chlef). Mémoire de magister en Biologie. Université Hassiba Ben Bouali- Faculté des sciences, (Septembre 2012).
- Abdelguerfi A. et Ramdane S.A., 2003. Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture. Rapports de Consultation dans le cadre du Projet PNUD-FEM-MATE, ALG97/G31 "Plan d'Action et Stratégie Nationale sur la Biodiversité". 3 Tomes.
- Abras. M, Cartrysse. C, Froidmont. E, Jamar. D, Rondia. P et Wavreille. J, 2016. Le pois protéagineux, une légumineuse à graines riches en protéines et en énergie. Les protéagineux de la production à la valorisation. 19 pages.
- ACDI ou Agence Canadienne de Développement International (2000). Partenaires dans la lutte contre LA Désertification. Deuxième rapport du Canada à la convention des nations unies sur la lutte contre la désertification avec les partenaires des pays en développement.
- Acherkouk M., Bouayad A., Maatougui A. et Qariouh N., 2001. Systèmes de production Animale : Caractéristiques et coût de production. Rapport final/ convention INRA-PDPEO, Oujda-Maroc.
- Acherkouk, El koudrim M, Mahyou H., Maâtougui A., Bouayad A., (2002). Etude phyto-écologique du couloir Taourirt-Tafoughalt. Rapport final. Convention INRA/PDRTT.
- ADA, 2012. Evaluation environnementale stratégique du Plan Maroc Vert, Rapport Définitif - Mission 2, Août 2012.
- Al Masri M. R., (2013). An in vitro nutritive evaluation of *Medicago arborea* as affected by growth stage and cutting regimen. *Livestock Research for Rural Development*, Volume 25, Number 5, May 2013.
- Alaoui S. B., 2005. Référentiel pour la conduite technique de la culture d'orge (*Hordeum vulgare*). p. 39-49.
- Amine. M, 1987, Situation actuelle des cultures fourragères au Maroc, *Al Awamia* (MA) ISSN: 0572-2721, (1987), no 62, p. 1-16.
- Arif A., Tiedeman J., Chryiaa A., Derkaoui M., 1994. Atriplex as forage for arid areas of Morocco: a review. Actes de la Conference sur les "Acquis et perspectives de la recherche agronomique dans les zones arides et semi-arides du Maroc". 24-27 Mai, Rabat, Morocco: 573-590.
- Attonaty en 1980. Systèmes agraires Systèmes de production : systèmes de culture, systèmes, fonctionnement des exploitations. Vocabulaire français-anglais avec index anglais. Page 104.
- Aydinalp and Cresser, 2008. The effects of climate change on agriculture. *Agric. Environ. Sci.*, 5 (2008), pp. 672-676.
- Barakat, F., Handoufe, A. 1998. Approche agro-climatique de la sécheresse agricole au Maroc. *Sécheresse* 1998. 9(3)/ 201-208.

- Bechchari A., M. Acherkouk, M. El Koudrim et A. Maatougui, 2006. Caractérisation, atouts et contraintes de l'élevage ovin au Maroc oriental. Chapitre dans l'ouvrage « Elevage du mouton et ses systèmes de production au Maroc ». Edité par Boulanouar B. et R. Paquay. INRA 2006. p 77-90.
- Ben Hammouda M., Guesmi L., Nasr K. et Khammassi M., 2004 : Evolution de la matière organique en semis direct. Dans : Actes des deuxièmes rencontres méditerranéennes sur le semis direct, Tunisie, pp. 104-107.
- Ben Salem, H., Smith, T. 2008. Feeding strategies to increase small ruminant production in dry environments. *Small Ruminant Research* 77, 174–194.
- Benniou. R, 2008. Les systèmes de production dans les milieux semi-arides en Algérie, analyse agronomique de leur diversité et des systèmes de cultures céréalières dans les hautes plaines sétifiennes. P :24.
- Benniou.R, Zabi.K, Terrafi.H, Benkherbache.N, Mebarkia.A, Hamdani.M, Djellakh.F, Sersoub.M, Bendada.H et Belguet.H, 2016 : Effet de l'assolement cultural sur la dynamique des adventices conduit en semis direct en milieu semi-aride. Cas de la région Ain El-Khadra M'sila, *Revue Agriculture*. Numéro spécial 1 (2016) 230-239.
- Benzarti and Habaieb, 2001. Etude de la persistance de la sécheresse en Tunisie par utilisation de la chaîne de Markov (1909-1996). *Sécheresse* 4:215-220.
- Berkat O. et M. Hammoumi, (1989). Étude de synthèse cartographique sur les parcours des communes rurales de Mérija, El Ateuf, Tendrara et Bouarfa. *Marché N° 3/89/DE*. Rapport final. IAV Hassan II - Rabat.
- Berkat, O., B.E. Norton et A. Merzouk. (1992). Carte des Ecosystèmes Pastoraux du Maroc: In: *Stratégie de Développement des Terres de Parcours au Maroc. Situation actuelle des Terres de Parcours, Vol. I Inventaire des Ressources Fourragères des Parcours*. Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire, Direction de l'Elevage, Rabat, Maroc.
- Bessam. F et Mrabet. R, 2001. Time influence of no tillage on organic matter and its quality of a vertic Calcixeroll in a semiarid area of Morocco. Dans : Garcia-Torres et al. (eds), *Proceedings of International Congress on Conservation Agriculture, Madrid (Espagne), 1-5 octobre 2001, Vol. 2*, pp. 281-286
- Borreani. G, Roggero. P.P, Sulas. L, et Valente, M.E. 2003. Quantifying morphological stage to predict the nutritive value in sulla (*Hedysarum coronarium L.*). *Agronomy Journal*, 95: 1608-1617.
- Boughlala, M., El Gharras, O. and Dahan, R. 2013. Economic comparison between conventional and no-tillage farming systems in Morocco. In: *57th AARES Annual Conference, Sydney, New South Wales, 5th-8th February, 2013*
- Boulal, H. 2001. *Memoire de titularisation*. INRA Maroc, non publié.
- Boulanouar B., Chriyaa, A. and Boutouba; M.R., 2000. Fodder Shrub Research and Development in Morocco: A Review of Research and Development work on shrubs conducted in Morocco up to 1996. In: Gintzburger, F. et al, eds.: *Fodder Shrub Development in Arid and Semi-arid Zones. Proceedings of a Workshop on Native and Exotic Fodder Shrubs in North Africa, West Asia and the Sahel*. Oct. 27 – Nov. 2, 1996, Hammamat, Tnisia. ICARDA.
- Boulanouar et Matthes-Guerrero, 1997. Morocco country paper. *Global Agenda for Livestock Research. Proceeding of a Consultation on Setting Livestock Research Priorities in Western Asia and North Africa (WANA) Region*. 12-16 November 1997. ICARDA, Aleppo, Syria. p 96-102.

- Breirem, K. (1939). Der Energieumsatz bei den Schweinen. Tierernahrung, 11, 487-528. Cité dans : NAGGAR Mustapha. 1993. Place des Arbustes Fourragers dans les Aménagements Sylvo-Pastoraux : Cas de l'arbuste *Chamaecytisus albidus* dans les parcours du Sahel des Doukkala et du Nord d'Abda (Province d'El Jadida et Safi - Maroc). Forêt Méditerranéenne t. XIV, n° 3, juillet 1993, p. 256-264
- Burke J. L., Waghorn G. C. and Brookes I. M., 2002: An evaluation of sulla (*Hedysarum coronarium*) with pasture, white clover and lucerne for lambs. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production 62, 152–156.
- Canet A. et K. Schreiber, 2015. Agroforesterie et couverture végétale des sols : du carbone pour la production et la protection en agriculture. Association Française d'Agroforesterie. Avril 2015, page 10.
- CCD (1994). Elaboration d'une convention internationale sur la lutte contre la désertification dans les pays gravement touchés par la sécheresse et/ou la désertification, en particulier en Afrique. ONU.
- Célérier, (1924). "Une mission universitaire au Maroc". Annales de Géographie, Volume 33, Numéro 183.
- Cesar. J et Gouro. A, 2004. Les légumineuses fourragères herbacées, productions fourragères en zone tropicale, fiche technique n° 7.
- CeSIA - Accademia dei Georgofili et IATA - Consiglio Nazionale delle Ricerche (1998). Système d'Information sur la Désertification d'aide à la planification dans la Région Méditerranéenne. Indicateurs d'Impact sur la Désertification. Atelier Régional. Marrakech, 9-13 Novembre 1998.
- Chergaoui A. et B. Boulanouar, 2006. Caractéristiques, atouts et contraintes de l'élevage ovin au Moyen Atlas. Chapitre dans l'ouvrage « Elevage du mouton et ses systèmes de production au Maroc ». Edité par Boulanouar B. et R. Paquay. INRA 2006. p 119-142.
- Chriyaa A. 2006. L'atriplex et le cactus comme suppléments à la paille dans l'alimentation d'agneaux en croissance. Rapport annuel 2005-2006 du CRRA Settat.
- Chriyaa A. 2007. L'atriplex et le cactus dans l'alimentation des brebis en lactation nourries à base de paille de blé non traitée ou traitée à l'urée. Rapport annuel 2006-07 du CRRA Settat.
- Chriyaa A. et El Mzouri E., 2004. Introduction des arbustes fourragers dans les systèmes de production en zones à faible pluviométrie. 1th meeting of the Mediterranean Forage Resources Sub-network of the FAO-CIHEAM inter-Regional cooperative research and Development Network on pastures and fodder Crops. Djerba, Tunisia. Vol. 62. p 203-206.
- CSFD, 2002. Qu'est-ce que la Désertification. <http://www.csf-desertification.org/page1.php>
- Daoui. K, 2012, L'agroforesterie ou l'art de combiner des arbres et des cultures, INRA Meknès Magazine, Publié le 17 avril 2014, par, Bahri N.
- De Baets. N, Gariépy. S et Vézina. A, 2007, le portrait de l'agroforesterie de Québec, Gouvernement du Canada, Mars 2007.
- De Koning C.T. and Duncan A.J. 2000. Medicago arborea - a leguminous fodder shrub for low rainfall farming systems. In Sulas L. (ed.). Legumes for Mediterranean forage crops, pastures and alternative uses. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ, 2000. p. 435-438: (Cahiers Options Méditerranéennes: v. 45).
- Demarquilly C. et Weiss Ph. (1970). Tableaux de la valeur alimentaire des fourrages. S.E.I., étude n° 42. 65 p. INRA Publications, 78000 Versailles.

- DPA., 1999. Caractérisation du secteur agricole dans la province de Khouribga. DPA Khouribga, non publié.
- Dubeux José C.B., Jr., Mércia V.F. dos Santos, Alexandre C.L. de Mello, Márcio V. da Cunha, Valéria X. de O. Apolinário and Hugo de B. Lima, 2019. Multiple ecosystem services of arboreal legumes. The journal of the International Legume Society. Issue 17, p 10 – 12.
- Dupraz C. & A. Capillon, 2005. L'agroforesterie : une voie de diversification écologique de l'agriculture européenne, page 1. <http://www1.montpellier.inra.fr/safe/publications/papers/Dupraz%20Capillon.pdf>
- Dupraz C., Liagre F., 2008. Agroforesterie, des arbres et des cultures. 1<sup>er</sup> Ed. Groupe France Agricole. page 24.
- Duru. M, Gibon. A, Langlet. A et Osty P, 1987. Thematiques de recherches sur les systemes fourragers. Le sadoscope, Bulletin interne du Département de recherches sur les systemes agraires et le developpement, I.N.R.A-Paris, N° 39, Decembre 1987-Janvier1988, P : 03-08.
- Duru.M, Nocquet.J et Bourgeoise .A, 1988. Le système fourrager: un concept opératoire?, Le système fourrager et son évolution, p : 251-272.
- Dussault C. F., 2008. L'agroforesterie comme outil de développement durable dans les pays en voie de développement. Maîtrise en biologie, Faculté des sciences, Université de Sherbrooke, Québec, Canada. Juillet 2008.
- Dutilly-Diane C., Acherkouk M., Bechchari A., Bouayad A., El Koudrim M., Maatougui A., 2007. Dominance communautaire dans l'exploitation des espaces pastoraux : impacts sur les modes de vie et implications pour la gestion des parcours du Maroc oriental. Cahiers d'études et de recherches francophones / Agriculture. Volume 16, Numéro 4, Juillet-août 2007.
- El Gharras, O., El Brahli, A., El Mourid, M. 2009. No-Till Applied to Northern Africa Rainfed Agriculture: Case of Morocco. Lead Papers 4th World Congress on Conservation Agriculture, 4-7 February 2009, New Delhi, India. 41-50 pp.
- El Gharras, O., El Mourid, M., Boulal, H. 2015. Conservation Agriculture in North Africa: Experiences, Achievements and Challenges. 1st Africa Congress on Conservation Agriculture (IACCA). Lusaka, Zambia, March 18-21, 2014.
- El koudrim M (2014). Impacts des actions anthropiques et des stratégies socio-foncières dans l'amplification de la désertification au niveau des Hauts Plateaux de l'Oriental. Edition Al Awamia, INRA Maroc.
- El koudrim M, Acherkouk M., Mahyou H., Maâtougui A., Bouayad A., 2003. Dégradation du couvert végétal au Maroc Oriental. Journées scientifiques sur les parcours. Dakhla du 6 au 9 juin 2003.
- El Koudrim M. et Bechchari A., 2005. Mise en culture un facteur de dégradation des parcours steppique du Maroc oriental. INRA/ICARDA/SDC. Proceeding de l'Atelier régional de présentation des résultats du projet SDC II 21 – 23 Novembre, Oujda.
- El Koudrim M. et Bechchari A., 2008. Constraints that hinder collective action related to natural resources. M&M III project report. ICARDA.
- El koudrim M., 2010. Etude de la dégradation du Périmètre Pastoral El Hadra. Rapport technique du projet INRA- CRDI sur la gestion communautaire des parcours de Rhamna.

- El koudrim M., Laamari A., Acherkouk M., Chriyaa A., El Mzouri E. and Hilali S., 2020. Participatory evaluation of the degradation of El Hadra rangeland (Rhamna Province). *African & Mediterranean Agricultural Journal (AFRIMED – AJ) Al Awamia* (128). p. 62-75.
- El koudrim M., Mahyou H., Acherkouk M., Maâtougui A., 2006. Les parcours du Maroc oriental : Etat, gestion et contraintes. Chapitre dans l'ouvrage « L'élevage des ovins au Maroc ». Edité par Boulanouar B. et R. Paquay. INRA 2006. p 103-116.
- El koudrim M., Mahyou H., Acherkouk M., Bouayad A., Rahmi M., Thomas, N., Bounajmat M. et El Mourid M. (2001). Etude du phénomène de mise en culture sur parcours : Cas de la commune de Béni Mathar. Atelier régional sur la gestion durable des ressources agropastorales Organisé par INRA/ICARDA/SDC Suiss du 20 au 22 février 2001, Oujda, Maroc.
- El koudrim M., Ouabbou H. et El Hilali S., 2019. Evolution and transformation dynamics of rangeland in Moroccan north Atlasic plains and plateaux: Rhamna's case. 1st Joint Meeting, FAO-CIHEAM Networks on Sheep and Goats and on Mediterranean Pastures. 1ère Réunion Conjointe des Réseaux FAO-CIHEAM sur les Ovins et les Caprins et sur les Pâturages méditerranéens. Meknès, Maroc, 23-25 Oct 2019.
- Erenstein, O. C. A. 2015. Biomass use trade-offs in cereals cropping systems in the developing world: an Overview. *Agricultural Systems*, Vol. 134
- Escalante- T. H. M. et A. Maiga, 2012. Production et transformation du Mais. Collection PRO-EGRO. p 5.
- FAO (2002). Banque mondiale/FAO, fichiers électroniques et site Web de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Surface forestière (% du territoire) sur la période 1990-2015.
- FAO, 2000. Are grasslands under threat? Brief analysis of FAO statistical data on pasture and fodder crops.
- Floret et Pontanier, 1982. L'aridité en Tunisie Présaharienne : Climat, Sol, Végétation et Aménagement. Travaux et Documents de l'O.R.S.T.O.M. Ouvrage publié en collaboration avec le centre d'étude phyto-sociologiques et écologiques Louis Emberger du C.N.R.S. O.R.S.T.O.M., Paris.
- Franklin W. M. et Scott S., 1992. Principes d'agroforesterie, révisé et mis à jour par Tim Matis, 2007, page 2, lien électronique : <http://www.adaa-ase.com/documents/principes-d-agroforesterie.pdf>
- Franklin W. M., 1993. Forages. Echo technical note. <http://people.umass.edu/psoil370/Syllabus-files/Forages.pdf>
- Fredenburg, P. 2012. Conservation agriculture: opportunities for intensifying farming and environmental conservation in dry areas. ICARDA.
- Gauny J., 2016. Crop residues tradeoffs in rain-fed areas of Morocco. MSc Thesis Report. Wageningen University, Netherlands.
- Gausson H., 1952. Les bioclimats du sub-continent indien et leurs types analogues dans le monde, de V. M. Meher-Homji. In: *Annales de Géographie*, t. 75, n°409, 1966. pp. 357-360.
- Giller K., E. Witter, M. Corbeels, P.A. Tittonell, 2009. Conservation Agriculture and Smallholder Farming in Africa: The Heretics' View. *Field Crops Research* 114(1):23-34. DOI: 10.1016/j.fcr.2009.06.017

- Grouzis M. and Albergel J. (1989). Du risque climatique à la contrainte écologique : incidence de la sécheresse sur les productions végétales et le milieu au Burkina Faso. In : Eldin Michel (ed.), Milleville Pierre (ed.). Le risque en agriculture. Paris : ORSTOM, 243-254.
- Guessous F., I. Boujenane, M. Bourfia and H. Narjisse, 1989. SHEEP IN MOROCCO. Volume III: NORTH AFRICA FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS Rome, 1989.
- Guttman, N.B., 1999. Accepting the standardized precipitation index: A calculation algorithm. J. Am. Water Resour. Assoc., 35, 311–322.
- Hamdi H., Majdoub-Mathlouthi L., Kraiem K. (2019). Caractéristiques floristiques d'un parcours naturel amélioré par le *Medicago arborea* dans le semi-aride de la Tunisie. Université de Sousse, Institut Supérieur Agronomique, BP 47, 4042 Chott-Mariem, Sousse, Tunisie.
- Hammoudi M. et Sebgui M., 1997. Le coût économique de l'érosion hydrique : Cas de Koudiat Laïla. Oriental Agricol. Bulletin trimestriel n°1.
- HARDIN, G., (1968), "The tragedy of the commons", Science, 162:1243-1248. Evanari, M., Shanon, L., et Tadmor, N. (1971), The Negev: The challenge of a desert, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 345 p.
- Hayes M.J., M.D. Svoboda, D.A. Wihite, and O.V. Vanyarkho, 1999. Monitoring the 1996 Drought Using the Standardized Precipitation Index. National Drought Mitigation Center, Lincoln, Nebraska. Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 80., No. 3, March 1999.
- Husson O., Charpentier H., Michellon R., Razanamparany C., Moussa M., Enjalric F., Naudin k., Rakotondramanana N., Seguy L., 2012. *Avena sativa* et *Avena strigosa*, Manuel pratique du semis direct à Madagascar. Volume III. Chapitre 3. § 1. Février 2012
- Huyghe C., Delaby L., 2013. Prairies et systèmes fourragers. Edition la France Agricole. 2ème Edition (1 janvier 2013). 530 pages.
- Huyghe C., Vignau-Loustau L., 2008. Stratégies fourragères : [pâturage, ensilage, foin]. Edition la France Agricole. Coll. Produire mieux. 336 pages.
- ICARDA, 1998. International center for agricultural research in the dry areas. Annual Report. Aleppo, Syria.
- IPCC, 2014. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) : impacts, adaptation, and vulnerability. part A: global and sectorial aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA (2014), p. 1132
- Jacques –Félix .H, 1962. Les graminées d'Afrique tropicale, Généralités, Classification, Description des genres. Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières. Bulletin scientifique n° 8, 30 N.F. 359 pages.
- Janati A., 1990. Des cultures fourragères dans les Oasis. Option Méditerranéenne, Série A : Séminaires méditerranéenne N°11 : les systèmes agricoles Oasiennes, Actes du colloque de Tozeur, (1921 Nov 1988), CIHAM, Paris, pp 163.169.
- Klein H. D., G. Rippstein, J. Huguenin, H. Guerin et D. Louppe, 2014. Les cultures fourragères. Editeur : QUAE. Coll. Agricultures tropicales en poche. 262 pages.

- Koohafkan A.P., 1996. Desertification, drought and their consequences. *SdDimensions* May 1996. Sustainable development department FAO.
- Kribaa, M., V. Hallaire, P. Curmi and R. Lahmar, 2001. Effect of various cultivation methods on the structure and hydraulic properties of a soil in a semi-arid climate. *Soil Till. Res.* 60: 43-53.
- Kurdali F., 2010. Growth and N<sub>2</sub> fixation in mixed cropping of *Medicago arborea* and *Atriplex halimus* grown on a salt-affected soil using a <sup>15</sup>N tracer technique, *Journal of Plant Interactions*, 5:1, 37-44.
- Laghrou . M, Moussadek. R, Zouahri. A, Mekkaoui. M, Dahan R.2 et El Mourid. M, 2014. Impact du semis direct sur les propriétés physiques d'un sol argileux au Maroc central (Impact of No Tillage on physical properties of a clay soil in Central Morocco), *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (2) (2015) 391-396  
Laghrou et al. ISSN : 2028-2508 CODEN: JMESCEN, Received 6 May 2014; Revised 9 September 2014; Accepted 10 September 2014.
- Lahnaoui. L, 1996. Analyse rétrospective de la production fourragère, le point en matière de recherche fourrage au Maroc.
- Le Graët. S et Vieron. Q, 2017. Intérêts de l'agroforesterie, Dossier technique de l'Ouden. Mai 2017. Numéro 1.
- Le Houérou, H. N., 1980. Les fourrages ligneux en Afrique du Nord. Coll. Intern. Sur lign. Fourr. En Afr., 1980. Addis Abeba, CIPEA.
- Le Houérou H.N. 2002. Multipurpose germplasm of foddershubs and trees for the rehabilitation of arid and semiarid land in the Mediterranean isoclimatic zone. *Options Méditerranéennes*, 37:1-118
- Ledgard. S.F et K.W. Steele, 1992. Biological nitrogen fixation in mixed legume/grass pastures, *Plant and Soil* 141: 137-153, 1992. © 1992 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
- Lefi E., J Gulõas, J Cifre, M Ben Younes and H Medrano, 2003. Drought effects on the dynamics of leaf production and senescence in fieldgrown *Medicago arborea* and *Medicago citrina*. *Ann. appl. Biol.* (2004), 144:169-176.
- Lhoste.P, 1984. Le diagnostic sur le système d'élevage, *Les Cahiers de la Recherche-Développement* no3-4, 1984, P : 84-88.
- Liniger, H., Mekdaschi Studer, R., Hauert, C., Gurtner, M. 2011. Sustainable Land Management in Practice – Guidelines and Best Practices for Sub-Saharan Africa. Publisher: Terrafrica, World Overview of Conservation Approaches and Technologies (WOCAT) and Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Lundgren B. and Raintree J. B., 1982. Sustained agroforestry. In: Nestel B, ed, *Agricultural Research for Development: Potentials and challenges in Asia*, pp 37–49.
- Maatougui A, Acherkouk M., Jaber A., El Mourid M., Mouhib A. et Bouali A., 2008. Medicinal and herbal plants for diversifying production and income generation. M&M III project report. ICARDA.
- Maatougui A., M. Acherkouk et A. Bouayad, 2006. Caractérisation économique de l'élevage ovin dans les hauts plateaux de l'Oriental. Chapitre dans l'ouvrage « Caractérisation économique de l'élevage ovin dans les hauts plateaux de l'Oriental ». Edité par Boulanouar B. et R. Paquay. INRA 2006. p 103-116.

- Macheix.J.J, Fleurit.A et Allemand.C.J, 2005. Les composés phénoliques des végétaux. Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique, parution le 06/05/2005
- MADR, 2003. Atlas sur les réalisations d'aménagement et d'amélioration des terrains de parcours. Royaume du Maroc.
- MADREF (2001). Programme d'Action National de lutte contre la désertification. Royaume du Maroc.
- Mahyou N., Tahri M., Thomas N. et Bounajmate M., 2001. Etude de la dégradation des parcours de la commune rurale de Aïn Béni Mathar à l'aide des systèmes d'information géographiques et de la télédétection. Gestion Durable des Ressources Agropastorales. Atelier Régional 20-22 février 2001, Oujda - Maroc
- MAIGA A. Y., 1997. Etat de la désertification au Mali. Centre de Recherche du Développement Agricole de Gao au Mali.
- Magnan, N. 2015. *Property rights enforcement and no-till adoption in crop-livestock systems*. Agric. Syst. 134, 76–83.
- Magnan, N., Larson, D.M., Taylor, J.E. 2012. *Stuck on stubble? The non-market value of agricultural byproducts for diversified farmers in Morocco*. American Journal of Agricultural Economics 94 (5), 1055–1069.
- MAPM, 2016. La politique fourragère en relation avec le développement de l'élevage bovin laitier au Maroc, direction de développement des filières de production, royaume du maroc, septembre 2016.
- Mckee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist J. 1993. The relationship of drought frequency and duration times scales. American Meteorology Society. 8th conference. On applied Climatology. 17-22 Janvier, Anaheim, Ca pp 179-1884.
- McKenzie, D.B et D. Spaner, 1999. White lupin: An alternative to pea in oat-legume forage mixtures grown in New Foundland. Can. J. Plant Sci. 79: 43-47.
- MEDALUS (1999). Désertification: déceler les symptômes pour lancer les remèdes. Projet européen MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use).
- Rojas-Downing M., 2017. Evaluating the Impacts of Climate Change and Variability on Grazing Dairy Production. Michigan State University, ProQuest Dissertations Publishing, 2017.
- Mehdi M., 2010. Dynamics of social morphology and their relationships with rangelands. Technical report of the INRA-CRDI project on community management of Rhamna rangelands.
- Mohammad, W., Shah, S.M., Shehzadi, S., Shah, S.A. 2012. Effect of tillage, rotation and crop residues on wheat crop productivity, fertilizer nitrogen and water use efficiency and soil organic carbon status in dry area (rainfed) of north-west Pakistan. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 2012, 12 (4), 715-727.
- Molle G., Decandia M., Giovanetti V., Cabiddu A., Fois N. and Sitzia M., 2009. Responses to condensed tannins of flowering sulla (*Hedysarum coronarium* L.) grazed by dairy sheep. Part 1: effects on feeding behaviour, intake, diet digestibility and performance. Livestock Science 123, 138–146.
- Morinay A., 2012. Analyse sociotechnique des facteurs d'adoption et de rejets de l'agroforesterie moderne en Pays d'Armagnac. Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de

Master 2 -Politiques environnementales et développement durable. Institut Catholique de Paris Faculté de Sciences Economiques et Sociales. Septembre 2012. 114 pages.

Moussadek, R., Mrabet, R., Zante, P., Lamachere, J-M., Pepin, Y., Le Bissonnais, Y., Ye, L., Verdoodt, A., Van Ranst, E. 2011. Effets du travail du sol et de la gestion des résidus sur les propriétés du sol et sur l'érosion hydrique d'un Vertisol Méditerranéen. *Can. J. Soil Sci.* 91, 627–635.

Mrabet R, 2004. Le système de semis direct en milieu semi-aride marocain : Aperçu sur les acquis de la recherche. Dans : Actes des deuxièmes rencontres méditerranéennes sur le semis direct. Tunisie.

Mrabet, R. & Wall, P., 2015. Practical guide to conservation agriculture in West Asia and North Africa. Beirut, Lebanon, International Center for Agricultural Research in Dry Areas (ICARDA).

Mrabet, R. 2008. No-Tillage systems for sustainable dryland agriculture in Morocco. INRA Publication. Fanigraph Edition. 153p.

Mrabet, R. 2011. Effects of residue management and cropping systems on wheat yield stability in a semiarid Mediterranean clay soil. *American Journal of Plant Sciences*

Mrabet, R., Moussadek, R., Fadlaoui, A., Van Ranst, E., 2012. Conservation agriculture in dry areas of Morocco. *Field Crops Research* 132, 84-94

Nair P.K. Ramachandran, 1993. An introduction to Agroforestry, Section II. Agroforestry Systems and Practices, p 21-35.

Nafzaoui A., & Ben Salem H., 2002. Forage, fodder, and animal nutrition. pp. 190-210, in: P.S Nobel (ed). *Cacti: Biology and uses*. University of California Press.

Narjisse H., Amane E., Berkat O., Merzouk A., Tozy M. et Rachik H., 1994. Stratégie de développement des terres de parcours au Maroc. Situation actuelle des terres de parcours (phase I). L'élevage sur parcours : aspects conduite, économique et sociologique. Volume II.

Nyabyenda. P, 2005. Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique : Généralités, légumineuses alimentaires, plantes à tubercules et racines, céréales.

Ortiz, R., Sayre, K.D., Govaerts, B., Gupta, R., Subbarao, G.V., Ban, T., Hodson, D., Dixon, J.M., Ortiz-Monasterio, J.I., Reynolds, M. 2008. Climate change: can we beat the heat? *Agric. Ecosyst. Environ.* 126, 46–58.

Özyigit Y., M. Bilgen, 2013. Use of Spectral Reflectance Values for Determining Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Contents of Rangeland Plants. *Journal of Agricultural Science and Technology* 15:1537-1545.

Otal J., Correal E., Belmonte C., 1991. Variaciones estacionales de la palatabilidad y consumo por el ganado ovino de diversos arbustos forrajeros preseleccionados en el S.E. español. XXXI Reunion Científica de la SEEP, pp. 353-357. Murcia, España.

Paliwal R. L., 2002. Futur du maïs en milieu tropicale. Le maïs en zones tropicales : amélioration et production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. p 343-346.

Pannell, D.J., Llewellyn, R.S., Corbeels, M. 2014. The farm-level economics of conservation agriculture for resource-poor farmers, *Agriculture, Ecosystems & Environment*.

Patt, A., Schröter, D. 2008. Perceptions of climate risk in Mozambique: Implications for the success of adaptation strategies. *Global Environmental Change* 18, 458-467.

PNUE, nd. Gestion des écosystèmes fragiles : lutte contre la désertification et la sécheresse. <http://unep.org/>.

Ruisi, P., Siragusa M, Di Giorgio G, Graziano D, Amato G, Carimi F et Giambalvo D 2010. Phenomorphological, agronomic and genetic diversity among natural populations of sulla (*Hedysarum coronarium* L.) collected in Sicily, Italy. Genetic Resources & Crop Evolution, in press. Published online on 12 May 2010, doi: 10.1007/s10722-010-9565-5.

Saadani Y., Kayouli C., Narjisse H., 1989. Valeur nutritive d'un parcours mixte à *Acacia cyanophylla*, *Atriplex nummularia* et *Medicago arborea*. XVIème Congrès International des Herbages, pp. 943-944. Nice-France.

Salgado. P, Le Hoa Binh, Vu Chi Cuong, Tran Van Thu, Nguyen Thi Hoa Ly. 2008. Production et utilisation de l'avoine fourragère (*Avena strigosa* et *Avena sativa*) au nord du Vietnam : une solution pour résoudre le déficit fourragère en hiver. Montpellier : CIRAD, 95p

Sama L., 1997. Expérience du Niger en Matière de lutte contre la désertification. Direction de la Programmation et de l'Intégration Régionale (DEPIR), Niamey.

Samarriba E. J., 1992. Revisiting the Past: an Essay on Agroforestry Definition. *Agrof. Syst.* 19: 233-240.

Schwilch, G., Laouina, A., Chaker, M., Machouri, N., Sfa, M., Stroosnijder, L. 2013. Challenging conservation agriculture on marginal slopes in Sehoul, Morocco. *Renewable Agriculture and Food Systems*, Vol. 30 (3), p. 233-251.

Scrosati R., 2000. The interspecific biomass-density relationship for terrestrial plants: Where do clonal red seaweeds stand and why? *Ecology Letters* 3(3):191-197

Simard J., 2012. L'agroforesterie, une avenue de développement durable pour l'agriculture québécoise? Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement en vue de l'obtention du grade de maître en environnement, Longueuil, Québec, Canada, mai 2012

Somarriba, E., 1992. Revisiting the past: an essay on agroforestry definition. *J. Agroforestry Systems*. 19 : 233 – 240.

Sulas, L. 2006. La sulla (*Hedysarum coronarium* L.): foragère per ambienti marginali o specie strategica? In: Atti del III convegno internazionale: l'ossidiana del Monte Arci nel Mediterraneo, Pau, 2004, Manias, M. (ed), pp. 19-28.

Suttie J.M., 2004. Conservation du foin et de la paille pour les petits paysans et les pasteurs. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 2004. Collection FAO, production végétale et protection des plantes N° 29

Kendir H., 1999. Determination of Some Yield Components of Winter Vetch Species (*Vicia* spp.) Grown in Ankara Conditions. *Tarim Bilimleri Dergisi* 5(2):85-91. DOI: 10.1501/10.501/Tarimbil\_0000000029

Timuragaoglu. K A, Genc. A & Altinok. S, 2004. A research on forage and seed yields of forage pea lines under Ankara conditions. *Tarim Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences* 10: 457-461

Tarhzouti O., B. Boulanouar et M. Sibaoueih, 2006. L'élevage ovin en bour défavorable!: caractéristiques, atouts et contraintes. Chapitre dans l'ouvrage « L'élevage des ovins au Maroc ». Edité par Boulanouar B. et R. Paquay. INRA 2006. p 161-178.

- Turk, M., Albayrak, S. & Yüksel, O., 2011. Effect of seeding rate on the forage yields and quality in pea cultivars of differing leaf types. *Turkish Journal of Field Crops* 16: 137-141
- Tittonell, P., Gérard, B., Erenstein, O. 2015. Tradeoffs around crop residue biomass in smallholder crop-livestock systems – What's next? *Agric. Syst.* 134, 119–128.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3597.
- Ventura M.R., Flores M.P., Castañón J.I.R. (1999). Nutritive value of forage shrubs: *Bituminaria bituminosa*, *Acacia salicina* and *Medicago arborea* in Etienne M. (ed.). *Dynamics and sustainability of Mediterranean pastoral systems Zaragoza : CIHEAM Cahiers Options Méditerranéennes*; n. 39 p 171-173.
- Villax E.J., 1963. La culture des plantes fourragères dans la région méditerranéenne occidentale. Les cahiers de la recherche agronomique, no 17, INRA, Rabat, 630p.
- Voisin A.-S, Cellier P, Jeuffoy M. H., 2015. Fonctionnement de la symbiose fixatrice de N<sub>2</sub> des légumineuses à graines : Impacts Agronomiques et Environnementaux, *Innovations Agronomiques* 43 (2015), 139-160.
- Verhulst, N., Nelissen, V., Jespers, N., Haven, H., Sayre, K.D., Raes, D., Deckers, J., Govaerts, B. 2011. Soil water content, maize yield and its stability as affected by tillage and crop residue management in rainfed semi-arid highlands. *Plant Soil* 124, 347–356.
- Wiegand, T. & Jeltsch, F., 2000. Long-term dynamics in arid and semiarid ecosystems - synthesis of workshop. *Plant Ecology* 150. P 3 – 6 2000. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Woodward, S.L, Waghorn, G.C, Lassey, K.R. et Laboyre, P.G. 2002. Does feeding sulla (*Hedysarum coronarium*) reduce methane emissions from dairy cows? *Proc. of the New Zealand Society of Animal Production*, 62: 227-230.
- Yoda, K., Kira, T., Ogawa, H. & Hozumi, K. 1963. Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivated and natural conditions. *Journal of Biology of Osaka City University*, 14, 107–129.
- Young A., 1995. L'agroforesterie pour la conservation du sol, traduit de l'anglais par Michel Baumer, chapitre 3, page 21.
- Zanin.V, 1998. Un nouveau concept nutritionnel pour l'homme, l'extrait foliaire de luzerne. <http://www.nutrition-luzerne.org/anglais/pdf/EtudeZaninenglish.pdf>.
- Zomer R. J., H. Neufeldt, J. Xu, A. Ahrends, D. Bossio, A. Trabucco, M. van Noordwijk & M. Wang, 2016. Global Tree Cover and Biomass Carbon on Agricultural Land: The contribution of agroforestry to global and national carbon budgets, Published: 20 July 2016. DOI: 10.1038/srep29987.