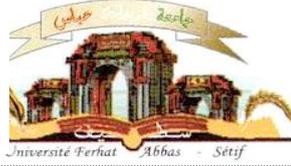


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université Ferhat Abbas Sétif 1
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة فرحات عباس، سطيف 1
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET ECOLOGIE VEGETALE

N°...../SNV/2017

THÈSE

Présentée par

TEDJARI Nassima

Pour l'obtention du diplôme de

DOCTORAT EN SCIENCES

Filière: BIOLOGIE

Spécialité: BIOLOGIE VEGETALE

THÈME

**Contribution à l'amélioration des systèmes fourragers dans
la région semi- aride de Sétif (cas des prairies naturelles).**

Soutenue publiquement le 20/01/2018

DEVANT LE JURY

Président	Fenni Mohamed	Pr. UFA Sétif 1
Directeur	Abbas khaled	Dir. Rec. INRA Sétif
Examineurs	Chahma Abdelmadjid	Pr. Univ. Ouargla
	Hafsi Miloud	Pr. UFA Sétif 1
	Mefti Mohamed	MCA. ENSA. Alger
	Mebarkia Amar	MCA. UFA Sétif 1

Laboratoire de Valorisation des ressources biologiques naturelles

Remerciements

Au terme de cette étude, je remercie avant tout Dieu le Tout Puissant, de m'avoir donné la foi et le courage et de m'avoir guidé pour l'accomplissement de ce travail.

*Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à Monsieur **Abbas k**, directeur de recherche à l'INRAA de Sétif, mon encadreur, qui a bien voulu, par son aimable bienveillance, diriger ce travail qu'il trouve ici l'expression de mon profond respect.*

*Je remercie vivement **Mr Fenni M**, Professeur à l'Université Ferhat Abbas Sétif 1, pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de présider le jury et qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance.*

*Mes sincères remerciements s'adressent à **Mr Chahma A**, Professeur à l'Université d'Ouargla et à **Mr Mefti M**, Maître de conférences à L'ENSA Alger, qui ont accepté de se déplacer de si loin pour nous honorer à l'université Ferhat Abbas Sétif 1 et faire partie de mon jury de thèse ainsi que pour le temps consacré à la lecture du manuscrit.*

*Je tiens à remercier également **Mr Hafsi M**, Professeur et **Mr Mebarkia A**, Maître de conférences à l'Université Ferhat Abbas, Sétif 1, qui ont bien voulu juger ce travail.*

*J'adresse toute ma gratitude au personnel de l'EMIVAR pour leur gentillesse et leur disponibilité tout au long du travail, et particulièrement **Mr Benmohamed, Samia et Boubaker**.*

*J'exprime mes remerciements à mes collègues **Mr Nefir k** et **Mr Mouffek CH**.*

Aussi, je souhaite remercier tous ceux qui m'ont aidé d'une façon ou d'une autre, ou encouragé au cours de l'élaboration de ma thèse.

A tous, je dis Merci

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى المساهمة في تحسين الأعلاف والإنتاج الرعوي للمناطق الطبيعية ولا سيما المروج معتدلة التدهور لضمان المزيد من الموارد العلفية للثروة للماشية للحد من التحميل وتحسين الاستدامة للمزارع من خلال إدخال وإنشاء الأصناف السنوية والمعمرة حديثة النمو (النجليات والبقوليات) في النظم الزراعية المختلفة. تخضع هذه التجربة لمرحلتين أجريت المرحلة الأولى في ظروف طبيعية وتمثلت في زرع مروج المنطقة الشبه الجافة سطيف بخليط من بذور اصناف العلف الجديدة. حيث تمت متابعة الإنتاج والتنوع النباتي لهذا المزيج العلفي مقارنة بالمروج الطبيعية الموجودة سابقا لمدة 4 سنوات (2006-2009) اما المرحلة الثانية فكانت في الظروف نصف مراقبة ومن خلالها تم تقييم تأثير الإجهاد الحراري على هذا الخليط في المرحلة النباتية لنبات لمدة 3 ساعات. وذلك عن طريق درجات حرارة مختلفة- 3.2 درجة مئوية، -1.2 درجة مئوية و 0.5 درجة مئوية المستنتجة من خلال دراسة ترددية لمناخ منطقة سطيف وذلك لقياس درجة التكيف هذه النباتات من خلال مؤشرات المورفو فيزيولوجية (نمو النبات ومستوى الكلوروفيل). و بيو كيميائية(البرولين و السكريات المنحلة) المقاسة في النباتات. تختلف نتائج الإنتاج الرعي والحش للمراعي من سنة إلى أخرى حيث تبين إنتاجية الكتلة الحيوية في المروج المزروعة اعلى بكثير من كتلة المروج القديمة ،اضافة الي كمية التي تأخذها الحيوانات وعلاوة على ذلك، فإن تطور التنوع النباتي خلال السنوات الأربع من التجربة يكشف أن نسبة النجيليات تزداد تدريجيا على حساب البقوليات: يمكن أن يكون الري الغمر وشدة درجات الحرارة في الشتاء والربيع سببا لهذا التدهور الزراعي والتقلبات القوية التي تحدث بين فترة واخرى. في حين أن النتائج التي تم الحصول عليها من دراسة المؤشرات الحيوية تظهر أن تأثير البرد تسبب في انخفاض كبير في الصفات المختلفة المدروسة، وتعتمد أيضا على عوامل مثل الأسرة والإجهاد.

الكلمات الرئيسية: المروج المجدد، درجات الحرارة المنخفضة، الإنتاجية، البرولين، السكر القابل للذوبان، الكلوروفيل، التسامح

Résumé

La présente étude a pour objectif la contribution à l'amélioration de la production fourragère et pastorale des espaces naturels, notamment les prairies moyennement dégradées, pour assurer plus de ressources fourragères à l'élevage afin de réduire le chargement ainsi qu'une meilleure durabilité aux exploitations agricoles, à travers l'introduction et l'établissement de cultivars annuels et pérennes (graminées et légumineuses) nouvellement développés, dans différents systèmes agricoles. Le travail est conduit selon deux essais d'une part sous conditions naturelles avec l'ensemencement d'une prairie dégradée à l'aide d'un mélange de semence fourragère en région semi-aride de Sétif. Les performances (production et composition floristique) de ce mélange fourrager et de la prairie naturelle préexistante ont été suivies pendant 4 ans (2006-2009) et d'autre part, en conditions semi contrôlés en évaluant l'effet du stress thermique sur ce mélange fourrager. A partir d'une étude fréquentielle du climat de la région de Sétif, un stress est réalisé à des températures de $-3,2^{\circ}\text{C}$, $-1,2^{\circ}\text{C}$, $0,5^{\circ}\text{C}$, pendant 3h afin de quantifier le degré d'adaptation de ces plantes prairiales introduites par des réponses morpho- physiologiques (croissance des plantes et taux de chlorophylle). Les variations des paramètres mesurés sont suivies au stade végétatif des plantes. Les résultats de la production pour pâture et fauche des deux prairies étudiées sont variables d'une année à une autre, la productivité de la biomasse de la prairie rénovée est significativement supérieure à celle de l'ancienne prairie, ainsi que la quantité prélevée par les animaux. En outre l'évolution de la composition floristique au cours des quatre années d'expérimentation révèle que la proportion des deux familles a été variable d'une année à une autre. La proportion des graminées augmente progressivement aux dépens de celle des légumineuses : l'irrigation par submersion et la rigueur des températures hivernales et printanières peuvent être à l'origine de cette dégradation floristique et des fortes fluctuations interannuelles. Alors que les résultats obtenus à partir de l'étude des bio- marqueurs, montre que l'effet du froid a provoqué une diminution significative sur les différents caractères étudiés et dépendent aussi de facteurs tels que la famille et le stress.

Mots clés : Prairie régénérée, basses températures, productivité, proline, sucre solubles, chlorophylle, tolérance

Summary

The objective of this study is to contribute to improve forage and pastoral production of natural areas, in particular the moderately degraded grasslands, in order to provide more forage resources to livestock, in order to reduce loading and to improve farming sustainability through introduction and establishment of newly developed annual and perennial cultivars (grasses and legumes) in different agricultural systems. The work is carried out according to two tests: on the one hand under natural conditions with the seeding of degraded grassland using a mixture of forage seed in the semi-arid region of Sétif. The performance (production and floristic composition) of this forage mix and the pre-existing natural grassland were monitored during 4 years (2006-2009) and, on the other hand, under semi-controlled conditions by evaluating the effect of thermal stress on this forage mixture. From a frequential study about the climate of the region of Sétif, stress is performed at $-3,2^{\circ}\text{C}$, $-1,2^{\circ}\text{C}$, $0,5^{\circ}\text{C}$ temperatures, during 3h to quantify the degree of adaptation of these prairie plants introduced by morphological and physiological responses (plant growth and chlorophyll level). Variations in the measured parameters are monitored at the vegetative stage of the plants. Production results for pasture and mowing of the two grasslands studied are variable from one year to the next; the productivity of the renewed grassland biomass is significantly higher than that of the former grassland, as well as the quantity taken from animals. Consequently, the evolution of the floristic composition during the four years of experimentation reveals that the proportion of the two families was also variable from one year to another. The proportion of grasses increases progressively at the expense of that of legumes: submersion irrigation, winter severity and spring temperatures can be the cause of this floristic degradation and the strong inter-annual fluctuations. While results obtained from the study of the bio markers show that cold effect caused a significant decrease of the different characters studied and depend on other factors like family and stress too.

Key words: regenerated meadow, low temperatures, productivity, proline, soluble sugar, chlorophyll, tolerance

Table des matières

Remerciements

ملخص

Résumé

Summary

Liste d'abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des cartes

Liste des photos

Introduction générale

Synthèse Bibliographique

I : Les prairies naturelles	8
I-1- Définition d'une prairie :	8
I-2- La multifonctionnalité des prairies :	11
I-2-1- Les services fourragers :	12
I-2-2- Les Services environnementaux :	13
I-2-2-1) La Séquestration du carbone :	14
I-2-2-2) La biodiversité:	16
I-2-2-3) La qualité de l'eau:	18
I-2-2-4) Aspect esthétique de la prairie	19
I-3- La flore prairiale :	20
I-3-1- composition idéale d'une prairie :	20
I-3-2- Composition floristique :	21
I-3-2-1- Les graminées	21
I-3-2-2- les légumineuses	22

1-3-2-3- les autres plantes prairiales.....	24
1-3-2-4- les plantes bio indicatrices.....	24
I-3-3) Structure des communautés végétales :.....	25
I-3-3-1) Effets des facteurs du milieu sur la végétation prairiale :.....	26
I-3-3-2) Influence des pratiques agricoles sur les prairies naturelles :.....	28
I-4- Changement climatique : causes et conséquences.....	34
I-4-1-Effets du Changement climatique sur les prairies naturelles	36
1-5-La rénovation des prairies	38
I-5-1- Rappels sur les causes de la dégradation d'une prairie	39
1-5-2-Amélioration ou rénovation des prairies	41
I-5-2-1-Amélioration douce de la prairie par des pratiques agricoles adaptées	42
I-5-2-2-Le sursemis	43
1-5-2-3) Rénovation totale :	44
I-6- Méthode d'étude des prairies.....	47
I-6-1 Méthodes et techniques d'échantillonnage de la végétation	47
I-6-1-1- Phase d'inventaire.....	47
I-6-1-2-Technique d'échantillonnage	48
Méthode de Braun Blanquet.....	49
I-6-2 Appréciation de la production des pâturages.....	49
I-6-2-1- Les cages.....	49
II : Situation des prairies naturelles en Algérie	50
II-1) Les fourrages naturels	52
II-1-1-Les Jachères	52
II-1-2- Les prairies naturelles :.....	53
II-1-2-1) Situation géographique des prairies en Algérie.....	53
II-1-2-2) Historique des prairies en Algérie :.....	54

Matériels et méthodes

I) Présentation de la station d'étude	60
I-1. Situation géographique	60
I-2. Caractères Agropédoclimatiques	60
I-2.1. Le relief.....	60
I-2-2- Ressources en eau.....	62
I.3. Le climat.....	62
I-3-1 Les précipitations.....	64
I-3-2) Régime saisonnier pluviométrique.....	66
I-3-3 - Les températures	69
I-3-3-1 Les températures maximales moyennes mensuelles.	70
I-3-3-1- Les températures minimales moyennes mensuelles.	70
I-4- Activités agricoles	71
I-4-1- La production végétale	72
I-4-2- La production animale.....	73
II - Protocole et Méthodologie de travail :	73
III- Matériels.....	76
III-1-Expérimentation 1 : conditions naturelles (étude de la productivité des prairies naturelles et régénérée)	76
III-1-1) Présentation de la ferme « khababa Abdelwaheb ».....	76
III-1-1-1) Localisation	76
III-1-1-2) Répartition des terres.....	76
III-1-1-3) Les cultures	77
III-1-1-4 Fourrages et productions végétales.....	77
III-1-1-5) Elevage et Production animale.....	78
III-1-1-6) Type de sol :	78
III-1-2) Délimitations des parcelles expérimentales.....	78

III-1-2-1) Choix des sites.....	78
III-1-2-2) La semence :.....	78
III-1-2-3) Le labour :	79
III-1-2-4) Le semis.....	79
III-1-2-5) Le roulage :.....	79
III-1-2-6) La fertilisation :	80
III-1-2-7) Irrigation :.....	80
III-1-2-8- Mesure de la biomasse naturelle	80
III-1-2-8-1- la biomasse naturelle hors pâturage	80
III-1-2-8-2 Les cages	80
III-1-3) Méthodes	81
III-1-3-1 Calendrier des interventions	81
III-1-3-2- Méthode d'échantillonnage	81
III-1-3-3-Le pâturage.....	81
III-1-3-4- La fauche	82
III-1-3-5- Tri et préparation des échantillons	82
III-1-3-6- Analyses des données.....	82
III-2 Expérimentation 2 : milieu contrôlé : Détermination et évaluation des traits morpho-physiologiques et biochimiques des différents cultivars semés	82
III-2-1-Préparation des pots et le semis	83
III-2-1-1- Dispositif expérimental	84
III-2-2-Mesures et analyses étudiées	85
III-2-2-1-Paramètres morphologiques	85
III-2-2-1-1- Mesure de la hauteur de la plante	85
III-2-2-2-Paramètres physiologiques.....	85
III-2-3- Paramètres biochimiques.....	86
III-2-3-1-Dosage de la proline.....	86

III-2-3-2-Dosage des sucres solubles :	87
III-2-4-Analyses des données	87

Résultats

I- Estimation de la productivité des prairies naturelles et régénérée.....	92
I- 1) Productivité.....	92
I-1-1) Productivité pastoral (hors cages).....	92
I-1-1-1 Biomasse avant pâturage	92
I-1-1-2 –Biomasse après pâturage	93
I-1-1-3- Niveau d'ingestion	95
I-1-2- Productivité de fauche (dans les cages	96
I-2- Diversité floristique	98
I-2-1-Stade pâturage (hors cages).....	98
I-2-2- Stade de fauche (dans les cages)	100
I-3-Evolution de la biomasse fraîche et sèche de chaque cultivar des deux familles (graminées et légumineuses)	99
I-3-1 Evolution de la biomasse fraîche des différents cultivars de la famille des graminées au stade de fauche.....	99
I-3-2- Evolution de la biomasse fraîche des différents cultivars de la famille des légumineuses (pérennes et annuelles) au stade de fauche	101
II-Effet de des basses températures sur le comportement des différents cultivars	109
II-1 –Détermination des bases de températures appliquées lors du stress.....	109
II-2- Effet de la contrainte thermique sur la croissance des différentes familles :.....	111
II-2-1- Effet de la contrainte thermique sur la hauteur des graminées	112
II-2-2- Effet de la contrainte thermique sur la hauteur des légumineuses.....	113
II-2-3- Effet de la contrainte thermique sur la hauteur des différents cultivars de graminées	114
II-2-4- Effet de la contrainte thermique sur la hauteur des légumineuses annuelles et pérennes	115

II-3- Influence de la contrainte thermique sur la quantité totale de la chlorophylle chez les deux familles (graminées et légumineuses).....	117
II-3-1- Influence de la contrainte thermique sur la quantité de la chlorophylle entre le type de familles de légumineuses (pérennes et annuelles).....	116
II-4- Influence de la contrainte thermique sur l'accumulation de la proline chez les deux familles (graminées et légumineuses).....	117
II-4-1) Influence de la contrainte thermique sur l'accumulation de la proline selon le type des légumineuses (pérennes et annuelles).....	118
II-5) Influence de la contrainte thermique sur l'accumulation des sucres solubles pour les deux familles (graminées et légumineuses).....	119
II-5-1) Influence de la contrainte thermique sur l'accumulation des sucres solubles selon le type de légumineuses (pérennes et annuelles).....	120
II-6- Classification des espèces :	121
II-6-1) classification des différents cultivars de graminées.....	122
II-6-2) Classification des différents cultivars des légumineuses	124
II-6-2-1) Classification des cultivars de légumineuses pérennes	124
II-6-2-2) Classification des légumineuses annuelles :.....	126
Discussion générale	129
Conclusion	135
Références Bibliographiques	135

Annexes

Liste d'abréviation

PIB : Produit intérieur brut

N : Azote

MADR : Ministère d'agriculture de développement rural

UF : Unité fourragère

Mrds : Milliards

STH : Surface Toujours en Herbe

MS : Matière sèche

TEP : Types fonctionnels des plantes

GES : Gaz à Effet Serre

SAT : Surface agricole Totale

SAU : Surface Agricole Utile

TCT : Taux de Chlorophylle totale

H : Hauteur des plantes (H1-H12)

EC : écart de croissance

Chlo : Chlorophylle

S : Stress

Liste des tableaux

Tableau 01 : Les grands types de prairies	9
Tableau 02 : Les principales espèces des graminées prairiales(Kleiber, 2011).....	22
Tableau 03 : les principales espèces des légumineuses prairiales(Kleiber, 2011).....	23
Tableau 04 : les autres plantes prairiales selon leur qualité fourragères (Crémer,2014)	24
Tableau 05 : Plantes prairiales bio indicatrices (Knoden et <i>al.</i> , 2016).....	25
Tableau 06 : Evaluation de la qualité de la flore prairiale(Battegay et <i>al.</i> , 2009).....	42
Tableau 07 : Evaluation des disponibilités fourragères en UF (année, 2012).....	50
Tableau 08 : Bilan fourrager en UF (année 2012).....	51
Tableau 09 : Terres agricoles impliquées dans la production fourragère.....	52
Tableau 10 : Répartition régionale des prairies naturelles en Algérie.....	56
Tableau 11 : Moyennes mensuelles et annuelles des précipitations (1981-2009).....	64
Tableau 12 : Précipitations mensuelles moyennes des années d'expérimentations (2006-2009).....	65
Tableau 13 : Régime saisonnier comparatif des précipitations de la période (1981-2007) et période d'expérimentation (2006-2009)	67
Tableau 14 : Températures mensuelles moyennes de la période (1981-2009)	68
Tableau 15 : Températures mensuelles moyennes de la période d'expérimentation (2006-2009).....	69
Tableau 16 : La répartition des terres dans la wilaya de Sétif.....	72
Tableau 17 : Production végétale (superficies, production et rendement) de la Wilaya de Sétif.....	75
Tableau 18 : Effectif animal de la Wilaya de Sétif	73
Tableau 19 : Répartition des terres.....	76
Tableau 20 : Répartition de la production végétale dans la ferme « khababa ».....	77
Tableau 21 : Les productions fourragères de la ferme « khababa ».....	78
Tableau 22 : Le mélange de semence.....	79
Tableau 23 : les travaux expérimentaux.....	81

Tableau 24 : Rendement en biomasse fraîche et sèche en (t/ha) avant pâturage dans les deux prairies de 2006-2009	92
Tableau 25 : Rendement en biomasse fraîche et sèche après pâturage en t/ha dans les deux prairies de 2006-2009	93
Tableau 26 : La Quantité de matière fraîche et sèche totale ingérée dans les deux prairies ...	95
Tableau 27 : Rendement en biomasse fraîche et sèche en (t/ha) dans les deux prairies (dans les cages).....	96
Tableau 28 : Composition floristique des prairies régénérée et naturelle au stade pâturage de 2006-2009	98
Tableau 29 : Composition floristique entre les deux prairies au stade de fauche	100
Tableau 30 : évolution de la biomasse fraîche et sèche des différents cultivars de graminées de 2006-2009 au stade fauche	99
Tableau 31 : évolution de la biomasse fraîche et sèche des différents cultivars de légumineuses (pérennes et annuelles) de 2006-2009 au stade fauche.....	101
Tableau 32 : Résultats de l'analyse des mesures répétées pour les deux familles au cours des différents traitements	113
Tableau 33 : Analyse des mesures répétées entre légumineuses pérennes et annuelles	117
Tableau 34 : Analyse de la variance de la teneur en chlorophylle de différents traitements thermiques selon les familles (graminées et légumineuses)	118
Tableau 35 : Analyse univariée de la teneur en chlorophylle de différents traitements thermiques selon le type de légumineuses.....	116
Tableau 36 : Paramètres statistiques des teneurs en proline ($\mu\text{mol/g MS}$) dans les différents familles pour les différentes basses températures.....	117
Tableau 37 : Paramètres statistiques des teneurs en proline ($\mu\text{mol/g MS}$) dans les différents types de légumineuses pour les différentes basses températures.	119
Tableau 38 : Paramètres statistiques des teneurs en sucres solubles ($\mu\text{g /g MS}$) dans les différentes familles pour les différentes basses températures.	120
Tableau 39 : Paramètres statistiques des teneurs en sucres solubles ($\mu\text{g /g MS}$) selon le type de légumineuses pour les différentes basses températures.	121
Tableau 40 : Variance totale expliquée des graminées	122

Tableau 41 : Variance totale expliquée des légumineuses pérennes	124
Tableau 42 : Variance totale expliquée des légumineuses annuelles	126

Liste des figures

Figure 01 : définition schématique d'un service écosystémique (Goret, 2015)	12
Figure 02 : La séquestration de carbone au niveau d'un agroécosystème : prairie permanente (Chenu et al., 2014).	16
Figure 03 : Terres cultivées dans le sens perpendiculaire à la pente et prairie dans une zone à enjeux : l'eau serpente sur le champ, l'infiltration est facilitée à ce niveau. La prairie infiltre plus d'eau dans la nappe. La qualité de l'eau.....	19
Figure 04 : Terres cultivées dans le sens de la pente : L'eau ruisselle sur le champ, l'infiltration dans les nappes n'a pas le temps de se faire. On observe une forte érosion des terres. Des coulées boueuses arrivent jusque dans la rivière	19
Figure 05 : graminée prairiale (Crémer, 2014)	
Figure 06 : légumineuse prairiale (Crémer, 2014).....	23
Figure 07 : facteurs (facteurs milieu et facteurs gestion) influençant la diversité biologique prairiale (Carrère, 2013).	26
Figure 08 : Synthèse des pratiques agricoles influençant la diversité végétale (Blanchet, 2012).	28
Figure 09 : Relation entre services, états de végétation et les différents descripteurs (Michaud 2011).....	33
Figure 10 : Bases présentant le Choix d'une intervention face à une prairie dégradée (Knoden et al., 2016)	41
Figure 11 : Principales questions à se poser pour déterminer les espèces et les variétés adaptées pour le semis d'une prairie (Crémer, 2015).....	46
Figure 12 : Répartition (en %) de l'offre fourragère par type de fourrage à l'échelle nationale (Merdjane et Yakhlef, 2016)	51
Figure 13 : Bilan fourrager en Algérie (année 2012)	52
Figure 14 : Evolution des superficies, des prairies naturelles de 1933 à 1964.....	56
Figure 15 : Evolution des superficies des prairies naturelles en Algérie (après l'indépendance) durant la période 1965-2015 (Source : MADR, 2015).....	57
Figure 16 : Variation mensuelles moyenne des précipitations de la période (1981-2009)	64

Figure 17 : Variation mensuelles moyennes de la période d'expérimentation (2006-2009)...	65
Figure 18 : Variation mensuelles moyennes de la période (1981-2009) et (2006-2009)	66
Figure 19 : Régime saisonniers des précipitations des deux périodes (1981-2009) et (2006-2009).....	67
Figure 20 : Evolution de la température moyenne mensuelle (1981-2009).	68
Figure 21 : Evolution de la température moyenne mensuelle de la période d'expérimentation (2006-2009).	69
Figure 22 : Les températures maximales moyennes mensuelles de la période d'expérimentation (2006-2009).....	71
Figure 23 : Les températures minimales moyennes mensuelles de la période d'expérimentation (2006-2009).....	71
Figure 24 : Démarche méthodologique	75
Figure 25 : Répartition des terres cultivées	77
Figure 26 : schéma d'une cage-abris.....	82
Figure 27 : Variation des rendements de la biomasse fraîche en (t/ha) avant pâturage dans les deux prairies pour les années d'expérimentation (2006 -2009)	93
Figure 28 : Variation des rendements de la biomasse sèche en (t/ha) avant pâturage dans les deux prairies pour les années d'expérimentation (2006 -2009).....	93
Figure 29 : La productivité en biomasse fraîche en (t/ha) après pâturage dans les deux prairies de 2006-2009	94
Figure 30 : La productivité en biomasse sèche en (t/ha) après pâturage dans les deux prairies de 2006-2009	94
Figure 31 : Quantité de matière fraîche ingérée au niveau des deux prairies au cours des années d'expérimentation (2006-2009)	95
Figure 32 : Quantité de matière sèche ingérée au niveau des deux prairies au cours des années d'expérimentation (2006-2009).....	96
Figure 33 : Rendements en poids frais en (t/ha) des deux prairies au stade de fauche	97
Figure 34 : Rendements en poids sec en (t/ha) des deux prairies au stade de fauche	97
Figure 35 : Evolution de la composition floristique (famille des graminées) dans les deux prairies (naturelle et régénérée) de 2006-2009 au stade pâturage.	99

Figure 36 : Evolution de la composition floristique (famille des légumineuses) dans les deux prairies (naturelle et régénérée) de 2006-2009 au stade pâturage	99
Figure 37 : Evolution floristique (famille des graminées) des deux prairies au stade fauche de 2006-2009.....	100
Figure 38 : Evolution floristique (famille des légumineuses) des deux prairies au stade fauche de 2006-2009.....	101
Figure 39 : Poids frais de chaque cultivar de graminées de 2006-2009.....	102
Figure 40 : Poids sec de chaque cultivar de graminées de 2006-2009.....	101
Figure 41 : Poids frais de chaque cultivar des légumineuses pérennes de 2006-2009	102
Figure 42 : Poids sec de chaque cultivar des légumineuses pérennes de 2006-2009	103
Figure 43 : Poids frais des différents cultivars de légumineuses annuelles de 2006-2009...	103
Figure 44 : Poids sec des différents cultivars de légumineuses annuelles de 2006-2009.....	104
Figure 45 : Qualité des classes de l'étude climatique	109
Figure 46 : Pourcentages des différentes classes de l'analyse climatique	110
Figure 47 : les différentes classes correspondantes aux différentes températures appliquées	111
Figure 48 : Evolution de la croissance des espèces prairiales étudiés face aux différents traitements (T, S1, S2 et S3) avec une erreur standard.....	112
Figure 49 : Evolution de la croissance des graminées face aux différents traitements(T, S1, S2, S3) avec erreur standard.....	112
Figure 50 : Evolution de la croissance de la famille des légumineuses au cours des différents traitements (T,S1, S2, S3) avec erreur standard	113
Figure 51 : Evolution de la croissance des différents cultivars graminées au cours des différents traitements (T, S1, S2, S3) avec erreur standard	115
Figure 52 : Evolution de la croissance des Légumineuses annuelles au cours des différents traitements(T, S1, S2 et S3) avec erreur standard	116
Figure 53 : Evolution de la croissance des Légumineuses pérennes au cours des différents traitements (T, S1, S2 et S3) avec erreur standard	116

Figure 54 : Quantité de chlorophylle des deux familles (graminées et légumineuses pour les différents traitements (T, S1, S2 et S3) avec une moyenne \pm erreur standard.	117
Figure 55 : Variation des teneurs en chlorophylle dans les différents type de famille (légumineuses pérennes et annuelles) en fonction des traitements thermique (T, S1, S2 et S3) avec une moyenne \pm erreur standard.	119
Figure 56 : Quantité de proline des deux familles graminées et légumineuses pour les différents traitements (T, S1, S2 et S3) avec une moyenne \pm erreur standard.	121
Figure 57 : Quantité de proline des deux types de légumineuses (pérennes et annuelles) pour les différents traitements (T, S1, S2 et S3) avec une moyenne \pm erreur standard.	118
Figure 58 : Quantité de sucres des deux familles graminées et légumineuses pour les différents traitements (T, S1, S2 et S3) avec une moyenne \pm erreur standard.....	122
Figure 59 : Quantité de proline des deux types de légumineuses (pérennes et annuelles) pour les différents traitements (T, S1, S2 et S3) avec une moyenne \pm erreur standard	120
Figure 60 : Projection des variables sur le plan (1 et 2) des graminées.....	122
Figure 61 : CHA des cultivars de graminées	123
Figure 62 : Projection des variables sur l'axe 1 et 2) des légumineuses pérennes.....	127
Figure 63 : CHA des espèces de légumineuses pérennes basées sur les différents paramètres	125
Figure 64 : Projection des variables sur l'axe 1 et 2 des légumineuses annuelles	126
Figure 65 : CHA des espèces de légumineuses annuelles basée sur les différents paramètres étudiés.....	127

Liste des cartes

Carte01 : Localisation par communes des prairies naturelles dans la wilaya de Sétif (DSA, Sétif, 2016)	54
Carte 02 : Localisation de la région de Sétif en Algérie (DSA de Sétif, 2011).....	61
Carte 03 : Les reliefs de la région de Sétif	61
Carte 04 : Le réseau hydrographique de la wilaya de Sétif (Direction de l'Hydraulique Agricole, 2011).....	62
Carte 05 : Carte bioclimatique de Sétif	63

Liste Des Photos

photos de 01 à 04 : technique de la main pourcentage des vides	40
photo 05: les différents pots préparé par génotype.....	85
photo 06: incubateur du stress thermique.....	86
photo 07: apparition des deux différentes phase (phase supérieure et inférieure).....	88
photo 08: apparition de la couleur jaune orange des sucres.....	89

Introduction

L'Algérie est un grand centre de diversité biologique; sa position géographique et la structure de ses étages bioclimatiques font de ses terroirs un gisement relativement important de ressources génétiques. Cependant la croissance démographique galopante, les conditions climatiques difficiles, la qualité des sols et leur dégradation constante ont diminué fortement l'autosuffisance alimentaire entraînant une surexploitation des ressources naturelles et des pratiques culturelles non adaptées telles que le surpâturage, le défrichement et autres (Haddadi *et al.*, 2005).

Durant ces dernières décennies des pressions intenses ont occasionné un appauvrissement de la biodiversité et de la diversité génétique et donc une réduction quantitative et qualitative de ses éléments constitutifs. Les réservoirs génétiques s'amenuisent à un rythme accéléré ce qui réduit les possibilités d'augmentation de la production agricole, pastorale et forestière.

La dégradation des habitats naturels, et leur morcellement provoquent un déclin des espèces et une réduction de leur diversité génétique. Des menaces sérieuses pèsent sur ces ressources en détruisant les habitats, en modifiant l'environnement. Cette modification des habitats résulte d'un usage inapproprié des techniques, des méthodes culturales et le recours abusif aux pesticides. Les zones côtières, telliennes, steppiques et sahariennes, sont exposées à des degrés divers à toutes les formes de dégradation (érosion hydrique, éolienne, marine, surpâturage et urbanisation) entraînant un rétrécissement. Nous constatons que nous avons beaucoup de lacunes en matière de connaissance sur les origines, le maintien de la fonction écologique de la biodiversité. Ce manque de base scientifique ne permet pas de planifier un développement durable lié à une préservation de ces ressources. En effet nos connaissances sur la variabilité des écosystèmes et de leurs constituants sont insuffisantes ainsi que leur action sur les facteurs qui régissent les systèmes agraires pastoraux forestiers et paysagers.

Le secteur de l'agriculture occupe en Algérie une position stratégique dans l'économie nationale. Il se situe à la troisième place par sa contribution dans le PIB et constitue l'une des priorités du programme de développement économique et social du pays. Malgré sa position dans l'économie nationale, l'agriculture n'arrive pas à couvrir les besoins alimentaires du pays qui sont assurés en grande partie par le recours aux importations.

La vocation agricole de l'Algérie est difficile à cerner ; seulement 17 % du territoire national sont utilisées par l'agriculture tandis que 83 % sont des terres improductives qui s'étendent sur le Sahara et les zones steppiques. Les ressources fourragères et pastorales couvrent au niveau national un total de 43 millions d'hectares (MADR, 2015). Ces superficies sont réparties en plus des parcours et pacages entre les prairies naturelles, les cultures fourragères, les chaumes de céréales et les terres en jachère

Le bilan fourrager en Algérie laisse apparaître pour la période 2008-2012 un déficit qui se révèle négatif puisque l'offre fourragère accuse un déficit de l'ordre de 7,289 Milliards d'UF, soit un taux de couverture moyen de 45,37% (Merdjane et yakhlef, 2016). La valeur du déficit obtenu est nettement supérieure à celle rapportée par Bouzida (2008) pour l'année 2006 soit 3,3 Mrds d'UF. L'insuffisance des productions fourragères est à l'origine de ce déficit chronique qui engage des répercussions négatives sur la productivité des animaux et se traduit par un recours massif aux importations de produits animaux. Cette situation découle du fait que la production et la culture des fourrages en Algérie reste, à bien des égards, une activité marginale des exploitations agricoles.

L'actuel défi de la recherche agronomique est d'arriver à nourrir, neuf milliards de personnes tout en préservant l'intégrité et les fonctions des écosystèmes (Chaumet et *al.*, 2009). Hors la nécessité de protéger ces écosystèmes pour des raisons éthiques mais aussi afin de conserver l'ensemble des biens et services qu'ils fournissent, nous sommes amenés à considérer d'autres types de gestions des agro-écosystèmes pour mieux produire.

Une des solutions proposée passe par la mise en place de systèmes de cultures qui favorisent et tirent profit de l'utilisation efficace des processus écologiques (Bonny, 2011), où les agriculteurs n'ont pas les moyens de se fournir en intrants, permettre de répondre à une demande croissante en nourriture (Lynch, 2007). Ce changement de mode de production passe par une meilleure compréhension des processus écologiques et de leur importance dans le fonctionnement des agroécosystèmes (Tassin, 2011). Cette prise de conscience de la nécessité de mieux produire a en partie conduit à l'émergence de l'agro écologie dans le sens de discipline scientifique caractérisée, entre autres, par l'application des concepts et théories de l'écologie en agronomie.

La prairie est l'un des agroécosystèmes pour lequel la connexion entre ces disciplines est certainement la plus avancée (Cruz et *al.*, 2010; Garnier et Navas, 2011). De plus, les prairies forment des milieux d'un grand intérêt notamment en termes de production de biens

et de services écosystémiques (Pellerin et *al.*, 2013; Lavorel, 2013). Elles sont aujourd'hui considérées comme des systèmes multifonctionnels. Le premier d'entre eux est bien sur la production de fourrage qui est une ressource de qualité pour les élevages. Viennent ensuite les services en liens avec la protection des sols contre l'érosion, l'amélioration de la qualité de l'eau, le stockage de carbone ou encore le maintien d'une biodiversité élevée dans les zones agricoles. Malgré l'intérêt agronomique et environnemental des prairies permanentes, en Algérie, ces surfaces ont fortement régressé moins de 1957 ha en 2015 (MADR, 2015), alors qu'elles occupaient environ 1 million d'hectares au début du siècle, notamment dans les zones semi arides d'altitude (Lapeyronie, 1982). L'absence d'une approche globale du développement agricole et la volonté d'intensification trop spécifique de certaines spéculations (céréaliculture) ont, en effet, induit une continuelle destruction des espaces prairiaux. En matière d'exploitation agronomique, un laisser-aller s'est installé à cause d'une multitude de facteurs internes aux exploitations agricoles liés notamment à la forte concurrence des autres espaces agricoles; s'y ajoutent des facteurs externes tels que l'absence de plans de développement englobant les prairies naturelles et le problème du foncier public, dont le statut souffre d'une grande instabilité aussi par un déficit de connaissances techniques et scientifiques sur la valeur agronomique des prairies ou sur l'optimisation de leur gestion et par un manque de diffusion des savoir-faire existants. De plus la faible diversité des prairies les rend tout particulièrement sensibles aux événements climatiques extrêmes avec des difficultés d'implantation et des mauvaises résiliences après des sécheresses rendant les exploitations particulièrement sensibles (Nettier et *al.*, 2011).

Dans la région de Sétif, l'agriculture repose essentiellement sur la céréaliculture associée à l'élevage pastoral. Dans cette région d'altitude moyenne (1 000 m), le climat semi-aride est très rude avec des précipitations faibles et irrégulières, des hivers froids et des chaleurs estivales extrêmes. La présence de nombreux cours d'eau génère un relief parfois accidenté et la présence de nombreuses prairies naturelles ; bien qu'elles soient de faibles superficies, ces prairies représentent une part non négligeable des ressources fourragères locales. Leur contribution est d'autant plus importante que les autres ressources (jachères, parcours, sur des superficies considérables) sont de faible productivité. L'intensification récente des systèmes de production agricole, à travers notamment le labour précoce de la jachère et la transformation des prairies naturelles en parcelles céréalières, prive le cheptel d'espace pastoral. Cela induit une exposition accrue des sols aux risques de désertification, notamment par les effets de l'érosion, hydrique (pluies torrentielles) ou éolienne (en lien avec

la sécheresse), amplifiée par les changements climatiques. D'autre part, ces systèmes de production pluviaux ont pu être partiellement intensifiés grâce aux aides de l'État et au prix élevé de la viande, mais en les fragilisant parallèlement. D'où l'urgence d'étudier comment assurer plus de ressources fourragères à l'élevage afin de réduire le chargement pour une meilleure durabilité des exploitations agricoles tout en limitant l'utilisation d'intrants et donc les risques de pollution, en plus comment améliorer la résistance et la résilience de ces prairies face aux avènements du changement climatique. Il faut repenser aux modèles de production basés sur des monocultures et proposer de nouveaux types de couverts plus complexes ou composés d'espèces différentes notamment à travers l'introduction et l'établissement de cultivars pérennes nouvellement développés. L'introduction de mélanges fourragers dans les systèmes de culture sera aussi examinée dans l'intention d'optimiser la gestion des prairies (fertilisation, pâturage, fauche). Ces couverts devraient être plus adaptables aux ressources disponibles dans le milieu (eau, azote, phosphore...), limitant ainsi l'épuisement des réserves de ressources. Cela passe par une meilleure compréhension de l'adaptation des plantes formant ces couverts aux conditions environnementales des milieux dans lesquels elles vont être semées. Il est aussi nécessaire d'améliorer notre compréhension du comportement de ces espèces en mélange et d'identifier des critères pour associer plusieurs d'entre elles en vue d'améliorer la pérennité et la stabilité de leur production en limitant l'usage d'intrants

Le changement climatique a un impact négatif sur la production alimentaire au travers d'événements climatiques extrêmes (Lobell et *al.*, 2011), les simulations climatiques annoncent un bilan hydrique climatique estival (P-ET°) dégradé (Durand et *al.*, 2010). Il est donc certain que le changement climatique a dès à présent un impact sur les services des agroécosystèmes, En conséquence, des défaillances des prairies et des dégradations à long terme en raison de la sécheresse pourraient s'accroître d'une manière progressive (Briske et *al.*, 2003). Il importe donc de renforcer les capacités adaptatives des acteurs en élaborant des indicateurs et des outils d'aide à la décision. L'enjeu aujourd'hui est de fournir les moyens à ces systèmes de s'adapter au changement climatique et/ou de contribuer à l'atténuation de ces effets relever ce défi implique un accroissement des connaissances scientifiques à l'échelle de l'écosystème, particulièrement sur les mécanismes pilotant son fonctionnement et sur les processus de régulation interne. La revalorisation des prairies permanentes dans les systèmes d'élevage s'est traduite d'avantage de données expérimentales sont nécessaires afin de

modéliser et explorer les impacts négatifs des changements climatiques et des événements extrêmes sur ces espaces (Soussana et *al.*, 2010).

Nos recherches ont pour objectif la production de connaissances sur les principales pistes de recherche à explorer au sujet des prairies multi-espèces, et l'étude du fonctionnement et du rôle de ces espaces nouvellement régénérées dans la sécurité, souplesse et la durabilité des systèmes fourragers avec leurs adaptation aux changement climatiques et l'impact qu'elles peuvent avoir envers une production animale meilleure. Pour répondre aux questions suivantes :

* Les prairies multi-espèces permet-elle d'améliorer la biodiversité de ces écosystèmes afin de pouvoir remplir leurs fonctions écologiques, afin de faire face aux avènements du changement climatiques ainsi serait-il pertinent d'acquérir des connaissances pour établir des recommandations adaptées aux éleveurs.

* Quels protocoles expérimentaux mettre en place pour les acquérir ?

Cette question est à considérer : i) dans un contexte d'aléas (climatiques, économiques, sociaux, politiques...) pouvant remettre en question la sécurité des systèmes fourragers dans les élevages de ruminants, ii) de la spécificité de l'agriculture biologique sur les questions d'autonomie, de gestion des intrants et de santé animale, iii) dans des milieux pédoclimatiques diversifiés et dans des élevages aux objectifs de productions variés.

Notre travail propose une démarche méthodologique visant :

* Cibler l'amélioration de la production fourragère et pastorale sur ces espaces moyennement dégradés par l'introduction ou l'ensemencement d'un mélange de semences fourragère composée de cultivars pérennes et annuelles (graminées et légumineuses) nouvellement développés dans différents systèmes agricoles pluviaux pour la restauration de prairies en milieu semi-aride d'altitude (Algérie), dans le cadre du projet PERMED, dans l'intention d'optimiser leur gestion (fertilisation, pâturage, fauche).

La présentation du contenu de nos recherches est divisée en trois grandes parties :

- La première partie concerne la problématique et la méthodologie cela se résume en une recherche bibliographique portant sur les différents services écosystémiques rendus par la prairie pour le bien être de l'homme, comme services d'approvisionnement (services fourragers) et de régulation (services écologiques) et

visualiser les liens qui existent entre la composition botanique des prairies et les différents descripteurs (facteur milieu et pratiques de gestion) intervenant dans leur gestion ensuite nous avons abordés une partie rétrospective sur la production fourragère en Algérie en dégagant le déficit négatif du bilan fourrager, tout en abordant la situation des prairies en Algérie notamment leurs régressions rapide et continue pour une période de 50 ans.

- La deuxième partie décrit la région d'étude (wilaya de Sétif) sur le plan agricole et climatique et présente les objectifs et la méthodologie de notre recherche divisée en deux étapes d'expérimentation : la première en conditions naturelles (plein champ) portant sur l'étude de deux parcelles de prairie à 1ha chacune; l'une préexistante et dégradée et l'autre régénérée avec un mélange de cultivars pérennes. La deuxième étape en conditions semi contrôlés à travers des paramètres morpho-physiologiques et biochimiques où les cultivars sont soumis à des traitements thermiques (trois températures) sélectionnées à partir d'une étude climatique de la région de Sétif.
- La troisième partie concerne les résultats organisés en deux parties essentielles, la première vise à comparer les performances concernant la biomasse fraîche et sèche du mélange fourrager utilisé pendant 4 années à ceux de la prairie naturelle préexistante, la deuxième est la réponse des différents cultivars aux critères morpho - physiologiques et biochimiques et faire ressortir le cultivar le plus tolérant au conditions semi-aride de la région pour pouvoir enrichir la biodiversité des prairies et enfin une discussion générale a permis de comparer nos résultats aux différentes situations de production.

Cette recherche se pose comme objectif pour les hypothèses principales portant sur les synergies agro-écologiques aptes à maintenir à la fois des quantités et qualités satisfaisantes (notamment en N) de ces couverts fourragers.

Synthèse
Bibliographique

I : Les prairies naturelles

I-1- Définition d'une prairie :

Le mot « prairie » dérive de « pré » vient du latin « Pratum » qui signifie « chose prête » et qui désigne originellement des surfaces prêtes à produire de façon continue sans l'intervention de l'homme (Machou, 1960). L'objectif est d'apporter un éclairage sur les définitions que l'on peut donner à l'objet « prairie permanente », à la fois pour mieux comprendre ce qui se cache derrière ces définitions, mais aussi pour comprendre les conséquences de ces regards sur la prairie (Pottier et *al.*, 2012).

Par ailleurs Rackham (1986) indique que le terme prairie se restreint à l'origine au pré de fauche. Il existe autant de termes pour nommer ces surfaces fourragères enherbées de natures et d'usages très variés, avec des désignations qui diffèrent selon que l'on est un éleveur, technicien, agronome ou écologue (Plantureux, et *al.*, 2012) : Prairies naturelles, prairies permanentes, prairies temporaires, prairies artificielles, herbages surfaces toujours en herbe (STH), pelouses, gazons, landes, parcours steppique et forestiers. Il apparaît clairement que la définition de la prairie permanente n'est pas la même pour les différents acteurs.

La prairie est associée à des surfaces herbagères de longue durée souvent mécanisables, dont le niveau de productivité se situe entre d'une part les cultures fourragères et la prairie temporaire et d'autre part les espaces pastoraux (landes, alpages, parcours, pelouses). Selon Huyghe et *al.*, (2005) la réglementation communautaire retient un seuil fixe de plus 5 ans au-delà duquel une prairie peut être qualifiée de permanente (Tableau 1).

Derrière le terme de « permanente » se cachent des réalités et des représentations différentes qui ont varié dans le temps et qu'il faut préciser pour lever certaines ambiguïtés et comprendre ce que c'est une prairie. L'approche proposée par Jacques Pluvinage in Plantureux et *al.*, (2012) était alors très différente et singulière. Il classait les prairies en deux catégories en fonction de deux regards très différents, relatif à l'animal et celui de l'économiste. En 1983, Laissus propose une entrée qui découle de l'histoire des prairies

Différentes définitions désignent les prairies permanentes selon les usages qu'en font les éleveurs. Les parcs, les pâtures ou les pâturages renvoient aux surfaces uniquement pâturées alors que les prés ou les prés de fauche désignent généralement les parcelles uniquement fauchées. Parmi les surfaces pâturées, certaines ont un statut particulier : les estives et les

alpages se définissent par rapport à l'altitude et à la fonction d'alimentation au pâturage des animaux pendant une période estivale parfois limitée (généralement entre 2 et 5 mois)

Tableau 01 : Les grands types de prairies

Catégorie	Type de prairies	Durée d'ensemencement	Nature de l'ensemencement	Espèces
Prairies non permanentes	Prairies artificielles	0 à 5 ans	Légumineuses fourragère	Luzerne, sainfoin, trèfle violet, lotier
	Prairies temporaires	0 à 5 ans	Graminées fourragères pures ou mélangées à des légumineuses	
prairies permanentes ou toujours en herbe (STH)	Prairies semées		6 ans ou plus	Plantes fourragères herbacées vivaces en général nombreuses et diversifiées
	Prairies naturelles non semées	Productives (production ≥ 1500 (UF))	6 ans ou plus	
		Non productives (parcours et landes, alpages, estives) (production ≤ 1500 (UF))	6 ans ou plus	

Source : Huyghe et al., 2005

Cependant les parcours désignent des surfaces généralement rencontrées dans des conditions pédoclimatiques séchantes où la faible quantité d'herbe produite par hectare contrairement aux estives, alpages et parcours, les landes se retrouvent partout, dans des situations très variées de plaine ou de montagne et sont caractérisées par la coexistence d'une strate herbacée et d'arbustes qui traduit un taux de prélèvement faible ne permettant pas de maîtriser la dynamique naturelle de la végétation. Toutes ces surfaces ont des caractéristiques qui les rapprochent des prairies permanentes (couvert herbacé spontané, non-retournement du sol, caractère pérenne et à vocation fourragère), mais elles s'en distinguent cependant sur deux points : la présence possible d'une végétation ligneuse (et non exclusivement herbacée) et une production nette d'herbe assez faible avec des valeurs parfois inférieures à 500 kg MS par hectare et par an (Plantureux et al., 2012)

Enfin, le mot « herbage » a progressivement été abandonné, mais conservé dans d'autres. Il peut être considéré comme un synonyme de prairie, mais ne concerne que les prairies permanentes. Les différents termes utilisés à propos de la prairie permanente peuvent désigner des natures de prairie différentes, mais ils révèlent souvent un point de vue différent.

Selon Dusseux (2014) d'autres typologies existent et se basent sur les critères suivants : les conditions pédoclimatiques (pluviométrie, nutrition minérale, acidité ...), la composition botanique, le mode de gestion (fauche, pâture, mixte). Il est également possible de les caractériser selon leur valeur d'usage, c'est-à-dire la capacité des prairies à remplir une fonction, celle-ci pouvant être différentes selon l'objectif en vue. On peut s'intéresser à la valeur d'usage environnementale si l'approche des prairies envisagée est écologique mais on peut également s'intéresser à la valeur d'usage agricole comme la capacité des prairies à fournir un fourrage de qualité et/ou en quantité dans le cas d'une approche agronomique.

En dernier lieu, il est nécessaire de rectifier un contresens courant : les prairies permanentes sont souvent qualifiées de prairies naturelles, en référence à une production que la nature fournissait sans que l'homme n'ait à intervenir pour semer une ou plusieurs espèces. Ici dans cette présente étude nous nous intéresserons qu'aux prairies permanentes productives et nous ne traiterons donc pas d'autres productions que sont les prairies temporaires et artificielles.

En agronomie, les « prairies permanentes » désignent une utilisation fourragère de ces surfaces. La biomasse produite alimente les herbivores, soit directement par le pâturage, soit de manière indirecte par la fauche via la constitution de stocks (ensilage ou foin) (Carrère, 2013).

Selon Hubert (2004) les prairies permanentes constituent une ressource alimentaire essentielle pour les herbivores d'élevage et ont un rôle environnemental important (conservation de la biodiversité, lutte contre l'érosion, façonnement des paysages, ...). L'ensemble de ces rôles fourragers et environnementaux sont considérés comme des services rendus pour le bien-être de l'homme. Ces services varient d'une prairie à l'autre selon la végétation, les conditions de milieu et de gestion.

Michaud (2011) rapporte que les prairies permanentes sont des surfaces dont les peuplements végétaux sont composés principalement de graminées et légumineuses fourragères, utilisés pour l'alimentation des polygastriques. La consommation de ces

fourrages peut être réalisée directement au champ par pâture, ou à l'auge sous forme de fourrage vert (venant juste d'être coupé) ou conservé (par dessiccation comme le foin, ou par fermentation comme l'ensilage). Dans les systèmes herbagers, les prairies permanentes favorisent une production fourragère à faible coût notamment par la réduction des intrants ou du temps de travail mais peuvent également être gérées de manière intensive avec beaucoup d'intrants.

I-2- La multifonctionnalité des prairies :

L'action de l'homme sur les prairies a de tout temps été motivée principalement par la volonté de produire du fourrage pour l'alimentation du bétail. Plus récemment, la prise de conscience d'une diminution de la diversité du vivant et les conséquences climatiques d'un accroissement des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre ont conduit à porter un regard neuf sur ces agrosystèmes prairiaux (Amiaud et carrère, 2012).

Dans le langage commun le terme « Fonction » est défini comme le rôle de l'activité d'une chose dans un ensemble.

Dans le domaine agronomique, la notion de fonction a été définie par Fleury (1994) à l'échelle de la parcelle, comme le rôle principal qui lui est assigné par l'agriculteur. Les fonctions parcellaires rendent compte de la contribution d'une parcelle dans l'élaboration du système fourrager, donc l'éleveur attend de cette prairie une quantité et une qualité de foin suffisante pour produire du lait et de la viande.

En écologie, un écosystème est caractérisé par les interactions complexes entre des éléments biotiques (organisme vivants) et abiotiques (climat et sol) alimentant des processus, qui conduisent à un résultat défini, à savoir un service.

Selon Wallace (2007) le terme de « Fonctions des écosystèmes » est utilisé soit pour décrire le fonctionnement des écosystèmes, caractérisé par les processus écologiques (recyclage des flux d'énergie et des nutriments), soit pour décrire les bénéfices obtenus des écosystèmes par les humains.

Fischer et Turner (2008) considèrent que les services comme les propriétés des écosystèmes permettant de produire le bien être de l'homme et de la nature (Figure 1).

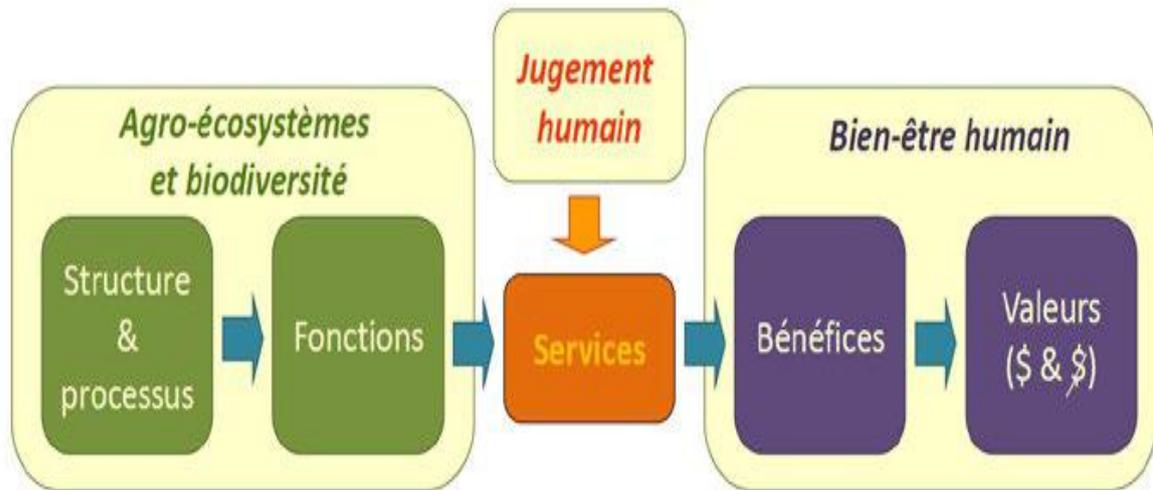


Figure 01 : définition schématique d'un service écosystémique (Goret, 2015)

Dans ce contexte, Le Roux et *al.*, (2008) ont identifiés trois grandes catégories de services rendus par les écosystèmes prairiaux gérés par l'agriculture : les services intrants, les services produits et les services hors revenus agricole. Les services intrants contribuent à la fourniture des ressources et au maintien des supports de la production agricole. Les services produits contribuent directement à la production agricole et englobent la fourniture de nourriture pour les animaux notamment la production de fourrage et la valeur aromatique de ces fourrages appelés aussi **services fourragers**. Les services produits hors revenu direct se distinguent des services précédents car ils ne contribuent pas directement à la production agricole. Ce sont les services ayant un intérêt pour l'environnement appelés aussi **services environnementaux**, décrivant l'implication de processus et fonctions comme la séquestration du carbone, la qualité des eaux et l'aspect paysager des prairies (Michaud, 2011). L'objectif de cette partie est d'approfondir les services dépendant de la diversité des états de la végétation telle que les services fourragers et environnementaux considérés actuellement comme des services majeurs dans le fonctionnement des écosystèmes prairiaux.

I-2-1- Les services fourragers :

La notion de service fourrager recoupe celle de fonction fourragère d'une prairie telle que Jeannin et *al.*, (1991) l'ont définie. Elle renvoie au rôle de la prairie dans le système fourrager et le système d'alimentation.

Le terme fourrager désigne à la fois la constitution de stocks et la consommation d'herbe sur place (pâturage). Les services fourragers intègrent la notion de quantité et de qualité du fourrage (Michaud, 2011). L'herbe des prairies constitue l'alimentation de base des

herbivores domestiques. C'est un aliment complet, riche en protéines et en minéraux. Elle contribue à la santé des animaux et à l'autonomie alimentaire des exploitations (Kleiber, 2011). Ces services font l'objet d'études depuis de nombreuses années et constituent encore un domaine de recherche très actif (Vuattoux 2009; Duru et *al.*, 2010; Lavorel et *al.*, 2011).

Les services fourragers des prairies ont été étudiés à l'échelle de l'exploitation agricole (Duru et *al.*, 2001) ou à celui de la parcelle (Fleury, 1994). Une parcelle peut remplir plusieurs services sur une année donnée ou il est possible de considérer un service principal sur celle-ci (Guérin et Bellon, 1990). Ces services sont définis et exprimés selon les attentes de l'éleveur vis-à-vis de la parcelle. Il attend du couvert végétal une production régulière ainsi qu'une quantité sans risque de chute importante avec le temps.

Selon Huyghe (2008) les prairies participent également à la quantité organoleptique des produits issus des élevages et concourent positivement à leur image. Les attentes liées à la quantité d'un fourrage peuvent concerner sa qualité en termes de valeur alimentaire pour la couverture des besoins animaux. En effet, un lien entre la composition botanique des prairies et les caractéristiques sensorielles des fromages a été démontré même si les mécanismes restent encore mal connus (Martin et Coulon, 1995; Coulon et *al.*, 1997; Coulon et Priolo, 2002). Selon Cossé (1999) l'herbe est perçue comme un aliment naturel, donnant des produits animaux bons pour la santé et satisfaisants pour le goût. Ainsi la présence d'un cahier des charges garantissant la prédominance de l'herbe dans la ration animale apporte une plus-value aux produits (lait, viande et fromage).

I-2-2- Les Services environnementaux :

Au-delà de leur fonction primaire de production, les prairies peuvent remplir des fonctions environnementales essentielles. Elles contribuent, à quelques nuances et restrictions près selon le type de prairie et son mode d'exploitation (Cossé 1999) à la qualité du climat (séquestration du carbone), des sols, de l'eau, de la biodiversité et des paysages, autant de domaines que l'on pourrait regrouper au sein du concept d'environnement au sens large du terme.

Selon Lemaire (2013) le concept du développement durable implique qu'aucun service écosystémique pris isolément ne puisse être produit au détriment des autres. Il importe d'avoir une approche globale et systémique pour rechercher les synergies et éviter les antagonismes.

I-2-2-1) La Séquestration du carbone :

Le défi posé à la recherche dans ce domaine est de maximiser l'effet « prairie » sur la séquestration des matières organiques tout en minimisant les risques d'émission de NO₂ liés notamment aux apports d'engrais azotés et à la gestion des déjections animales (Chabbi *et al.*, 2014)

Ce service est lié au processus d'enlèvement du dioxyde de carbone (CO₂) de l'atmosphère pour être déposé dans des pools de carbone de temps de vie varié (Jones et Donnelly 2004). Selon Gac *et al.*, (2010), les principaux puits de carbone terrestres sont les prairies et les forêts, le même auteur signale qu'une prairie peut stocker 70 t de carbone/ha. Les résultats des recherches récentes d'Orth et Alvarez (2012) montrent que les prairies sont potentiellement des puits de carbone, c'est-à-dire qu'elles sont capables d'en stocker plus que le système n'en émet. Le stockage de carbone se fait dans le sol, lentement mais en très grande quantité (0.5 à 1 t/ha/an). Néanmoins, le potentiel de stockage apparaît très variable selon la pratique (pâturage et mode de gestion de la pâturage, coupe, ensilage, affouragement en vert, etc.) et les caractéristiques pluviométriques de l'année.

Selon Robert et Saugier (2003) l'accumulation de carbone dans les écosystèmes prairiaux intervient principalement grâce à l'accumulation des matières organiques dans les sols contrairement aux forêts où le carbone est accumulé pour moitié dans les sols et dans les bois récoltés. Cette accumulation dans les sols de prairies s'effectue par trois voies complémentaires : le retour des litières des feuilles sénescentes non exploitées par les animaux, l'accumulation des racines mortes et les exsudations racinaires et rhizodépôts qui correspondent à l'activité des racines vivantes en interaction avec la microflore du sol (Jones et Donnelly, 2004).

Amiaud et Carrère (2012) signalent que les activités agricoles susceptibles de favoriser le stockage sont celles qui permettent d'accroître les entrées de matières organiques et celles qui ralentissent la minéralisation. Une augmentation de la production primaire, le retour des résidus de culture ainsi que les déjections animales favorisent la restitution de la matière organique au sol. Le ralentissement de la minéralisation va être permis en jouant sur la composition de la matière organique, sur l'usage du sol et les pratiques agricoles.

En fonction des caractéristiques du sol (teneur en matière organique initiale, teneurs en argile et en calcaire...), de son activité biologique et des événements qui l'affectent

(fertilisation, labour, etc.....), le carbone peut être stocké, par rétention sous forme organique, ou déstocké sous forme de CO₂, par libération dans l'atmosphère de carbone minéral. Le sol donc tout à la fois un puits et une source de carbone. Le stockage de carbone n'est pas linéaire mais rapide durant les 30 à 40 premières années, il ralentit ensuite. Il dépend en effet de la cinétique de décomposition de la matière organique par la communauté microbienne du sol, et tend à terme vers un équilibre où les entrées et les sorties se compensent. Par ailleurs, la conversion d'une prairie ou d'une forêt en culture, du simple travail du sol, engendre un déstockage de carbone deux fois plus rapide et deux fois plus important durant les 20 premières années que le stockage induit par la conversion.

La dynamique de stockage de carbone dans les sols est un phénomène complexe qui est influencé par plusieurs paramètres environnementaux ou en lien avec les pratiques agricoles. Les modalités de gestion des prairies peuvent avoir un effet sur les conditions physico-chimiques du sol et la protection physique des matières organiques.

Plusieurs travaux sur le stockage de carbone sous prairies ont été menés à grande échelle, les résultats d'une étude de 28 sites de prairies appartenant à un réseau européen montrent que les prairies constituent des puits nets pour le CO₂ stockant de 500 à 1200 kg C/ha/an selon les modalités de gestion (chargement animal, mode d'utilisation et fertilisation). Les niveaux de stockage net en carbone se situent en moyenne autour de 1000 kg C/ha/an (Gac *et al.*, 2010).

L'évolution du stock de carbone organique des sols résulte de l'équilibre entre le flux d'entrée, c'est à dire les entrées de MO fraîches au sol et le flux de sortie par minéralisation. Une représentation simplifiée du cycle du carbone dans un agroécosystème (Figure 2) montre que les leviers d'action sont : (1) d'augmenter les entrées en augmentant la production primaire (par exemple en augmentant les rendements en culture), (2) de favoriser le retour au sol de la biomasse végétale produite (en restituant les résidus de récolte plutôt que les exporter, en limitant le pâturage), (3) d'importer des matières organiques externes à la parcelle (par exemple des produits résiduels organiques tels que des composts, des effluents d'élevage), ou (4) de réduire la minéralisation des matières organiques (par exemple en limitant les opérations de travail du sol qui stimulent la décomposition) (Chenu *et al.*, 2014).

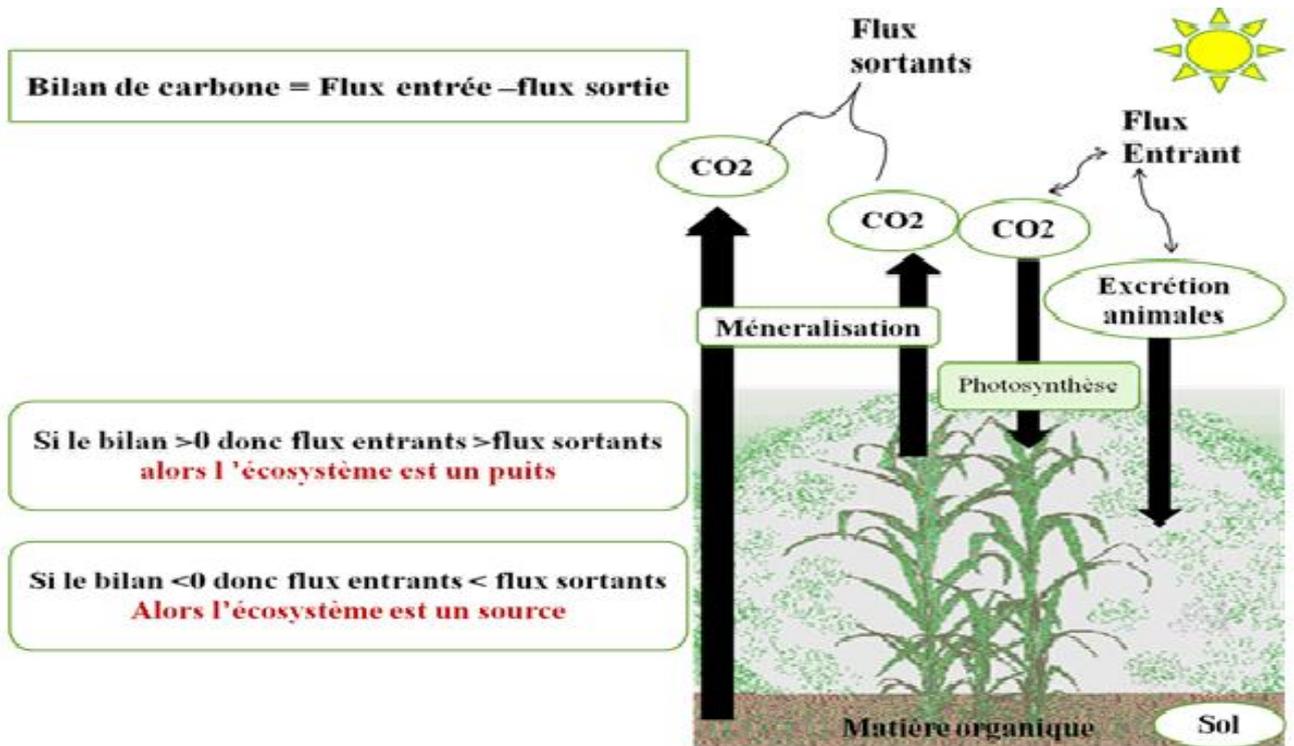


Figure 02 : La séquestration de carbone au niveau d'un agroécosystème : prairie permanente (Chenu et *al.*, 2014).

I-2-2-2) La biodiversité:

Les prairies sont considérées comme des écosystèmes pouvant héberger une grande biodiversité, non seulement à travers la complexité de leur composition floristique, mais aussi grâce à la diversité des organismes microbiens hébergés dans leurs sols et la diversité des habitats qu'elles procurent à différentes populations animales. Elles sont appelées « zones de régulation écologique » ou « éléments agroécologiques » car ce sont des surfaces gérées de manière extensive, généralement sans pesticides et avec peu de fertilisation.

Les prairies hébergent plus de 300 espèces végétales rares ou menacées, elles sont donc des réservoirs de biodiversité non négligeables (Petit et *al.*, 2004). Cette biodiversité est essentielle car elle intervient dans les cycles de l'eau, du carbone, de l'azote. La biodiversité d'une prairie constitue donc un objectif environnemental ; elle est le résultat de la combinaison entre le mode de gestion de la prairie et sa situation pédoclimatique (Amiaud et Plantureux, 2011). Elle est aussi une caractéristique d'une prairie qui va influencer positivement ou négativement sur l'ensemble des services environnementaux ou agronomiques (production de fourrages) qu'elle délivre. Les prairies sont des agro-écosystèmes pouvant présenter une richesse floristique importante (Gibon, 2005) soumise à de nombreux facteurs de modification. Au sein de ces agro-écosystèmes prairiaux, les effets des pratiques agricoles sur

la diversité spécifique ont été très étudiés (Diaz et *al.*, 1998 ; Marriott et *al.*, 2004). Les recherches récentes sur le fonctionnement des écosystèmes ont montré l'importance de la diversité spécifique sur le fonctionnement de ces écosystèmes (Loreau, 2000) spécialement dans les agroécosystèmes prairiaux (Hector et *al.*, 2001) (Zaret, 1982 ; Kimmrer, 1984 ; Tilman et *al.*, 1994).

Les études récentes se focalisent sur les réponses des caractéristiques biologiques ou des traits fonctionnels visant à améliorer les espèces végétales à l'échelle inter-communauté. D'après Cossé (1999) d'autres travaux visant à améliorer ou à augmenter la production des prairies ont également montré que l'élévation du niveau de fumure notamment azotée entraîne une régression des légumineuses et un développement des graminées. Paradoxalement la sous exploitation des prairies sans même parler de leur abandon, entraîne également une dégradation de la biodiversité prairiale. De ce fait la flore d'une prairie est très dépendante de son mode d'exploitation et de son niveau d'intensification. De même une équipe internationale de chercheurs (Loreau, 2015) a démontré, grâce à 46 expériences menées sur la diversité végétale des prairies, qu'une biodiversité élevée augmente la résistance de ces écosystèmes à une large gamme d'événements climatiques (sécheresse, canicule, pluies extrêmes). Elles seraient plus résilientes, retrouvant plus rapidement leur niveau normal après la sécheresse; Sur l'ensemble des études et événements climatiques considérés, il s'avère que la productivité des communautés végétales à faible diversité (qui ne comprennent qu'une ou deux espèces) s'écarte d'environ 50% de son niveau normal pendant un événement climatique, alors que celle des communautés à haute diversité (qui comprennent 16 à 32 espèces), ne s'en écarte que d'environ 25%.

Bien évidemment, la biodiversité d'une prairie ne concerne pas que sa flore; elle englobe également des animaux de tous ordres. Les prairies ont pour la faune sauvage une triple fonction en tant que lieu d'alimentation, de reproduction ou de refuge (Granval, 2000). Elles contribuent au maintien de la biodiversité animale, sous réserve de pratiques agricoles conciliables avec le maintien de ces fonctions, vitales pour la faune sauvage. Tout d'abord, la présence de certains insectes est associée à celle des plantes particulières, fourragères ou non ou bien la présence des animaux domestiques, la faune la plus caractéristique de la prairie en rapport avec leurs déjections qu'ils abandonnent, elles nourrissent une microflore et une microfaune complexes dont l'ensemble constitue une chaîne dont chaque maillon contribue pour sa part à la transformation des bouses jusqu'à leur disparitions par incorporation de la matière organique (Cossé, 1999). L'action de la microfaune ne se limite pas au recyclage des

déjections mais elle se généralise à la fertilité de la prairie notamment à l'aération et à la structuration du sol. Face aux résultats de Cluzeau (2004) sur l'importance de certains acteurs de la fertilité du sol, ils ne se contentent pas seulement de le structurer, ils interviennent aussi dans de nombreuses fonctions chimiques et biologiques en rapport avec le recyclage des matières organiques et l'alimentation des végétaux. Facilement observables et très sensibles aux pratiques agricoles, les vers de terre sont également des indicateurs intéressants de l'état physique comme biologique d'un sol.

I-2-2-3) La qualité de l'eau:

Les prairies ont un rôle tampon vis-à-vis de la qualité des eaux, c'est-à-dire un rôle dans la régulation des pollutions diffuses (Cossé, 1999). La pollution des eaux résultant des pratiques agricoles est la conséquence de pertes de substances fertilisantes et de produits de défense contre les ennemis des cultures dans le milieu. Les pollutions qui en découlent sont alors de nature à empêcher certaines utilisations de l'eau pour l'alimentation humaine et à entraîner une dégradation des milieux aquatiques superficiels et marins. Les substances fertilisantes, nitrates et phosphates, concourent notamment à l'eutrophisation des eaux continentales et littorales (Jannot, 2007). Ce même auteur signale que les deux principales pollutions diffuses d'origine agricole clairement identifiées sont les pollutions par les nitrates issus des effluents d'élevage (fumiers et lisiers), représentant 1,4 M t N/an, principalement recyclés sur les surfaces de l'exploitation. Ces effluents qui sont collectés dans les bâtiments d'hiver, stockés puis épandus, assurent une partie des besoins en azote, en phosphore et en potasse des cultures et prairies, limitant ainsi le recours aux engrais chimiques et des engrais minéraux, pour 2,2 M t/an et, plus récemment, celles par les produits phytosanitaires. Il faut toutefois souligner que la pollution par le phosphore d'origine agricole commence à être préoccupante dans certaines régions.

Les prairies favorisent l'infiltration avec leur fort recouvrement végétal du sol (chevelu racinaire dense). Elles jouent donc un rôle sur l'infiltration des eaux ruisselantes venant de l'amont (Figure 3 et 4). Les prairies sont également économes en produits phytosanitaires, cela permet notamment de réduire le ruissellement de surface, ainsi que l'entraînement des molécules d'azote et phosphore par l'eau, appelé lessivage et à plus long terme, l'érosion des sols. Sous prairies, les pertes par érosion des sols sont environ 20 fois plus faibles. Huyghe (2009) souligne que des pertes évalués respectivement à 0,18 et 0,15 t/ha par an en parcelles non drainées et drainées contre 4,05 et 3,72 t/ha sous cultures annuelles ainsi selon Chisci et

Zanchi (1981) sous réserve d'une fertilisation raisonnée en l'absence de surpâturage, le lessivage des éléments fertilisants sous prairies est faible. Globalement l'importance et la position de la sole des prairies dans un bassin versant contribuent fortement à améliorer ou à maintenir la qualité des eaux.



Figure 03 : Terres cultivées dans le sens perpendiculaire à la pente et prairie dans une zone à enjeux : l'eau serpente sur le champ, l'infiltration est facilitée à ce niveau. La prairie infiltre plus d'eau dans la nappe. La qualité de l'eau est préservée (Jannot, 2007).

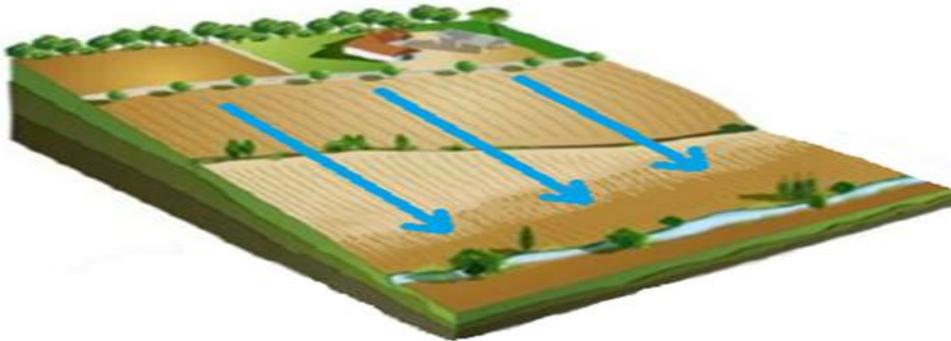


Figure 04 : Terres cultivées dans le sens de la pente : L'eau ruisselle sur le champ, l'infiltration dans les nappes n'a pas le temps de se faire. On observe une forte érosion des terres. Des coulées boueuses arrivent jusque dans la rivière (Jannot, 2007).

I-2-2-4) Aspect esthétique de la prairie

Le paysage est l'expression d'une relation dynamique entre un territoire concret et la perception que l'on en a (Parris, 2002; Ambroise et *al.*, 2002). Pour cela un paysage peut devenir un enjeu de société, expression d'une identité régionale, donc il est très utile de s'interroger sur la place et la fonction spécifique qu'y tiennent les prairies dans le paysage (Cossé, 1999). Certes l'aspect d'une prairie change avec les saisons mais elle reste néanmoins un des éléments les plus stables du paysage agricole du fait que les prairies contribuent à façonner la mosaïque du paysage par l'équilibre et de la diversité de composition qu'elles apportent (Deffontaines et Pringent, 1987). De plus les prairies contribuent à faire vivre le

paysage à travers les activités qui s'y conduisent, à commencer par la présence de diverses espèces d'herbivores domestiques qui y séjournent et s'y déplacent (Fleury, 1995). Enfin elles accueillent comme d'autres espaces agricoles ou boisés, des activités de loisirs selon les saisons qui permettent de consommer le paysage tout en l'animant (Cossé, 1999).

Les prairies, d'une manière générale, ont intrinsèquement un fort potentiel pour rendre des services fourragers (Michaud, 2011) organisés autour des attentes de production et qualité ainsi que des services écosystémiques relatifs à la protection de l'environnement prenant en compte des enjeux en termes de biodiversité paysagers et planétaires comme la séquestration du carbone et la qualité des eaux de surface et des nappes. Enfin les effets bénéfiques ne sont pas restreints aux surfaces qu'elles occupent, elles fournissent des services agronomiques à des échelles plus larges exemple à d'autres agros-systèmes qui peuvent être associés spatialement ou temporairement. Néanmoins, ces différents services fournis par la prairie à des niveaux variables dépendent de la conduite agronomique des prairies et plus particulièrement de son degré d'intensification déterminé par le couple « fertilisation azotée – chargement animal » (Lemaire, 2013). En général, une intensification modérée de la prairie doit permettre d'augmenter simultanément la production animale permise et le niveau des services environnementaux fournis. Par ailleurs, les prairies, à travers les activités qui s'y conduisent (pâturage d'herbivores, fauche), concourent à « faire vivre le paysage ». Elles permettent également de lire l'usage passé et peuvent ainsi renvoyer à l'histoire d'un territoire (Fleury, 1995).

I-3- La flore prairiale :

I-3-1- Composition idéale d'une prairie :

La prairie permanente est constituée d'un mélange important d'espèces végétales (de 10 à plus de 100), qui contribuent très diversement à la production de biomasse.

Selon Knoden et *al.*, (2016) la prairie est un écosystème complexe qui évolue au cours du temps, sa composition botanique peut être fort différente selon l'âge de la prairie et les techniques d'exploitation (fauche, pâturage et fertilisation. Toutes ces espèces partagent le même habitat et entretiennent des relations de compétition ou de complémentarité pour la lumière, les nutriments et l'eau. C'est un écosystème complexe qui évolue au cours du temps et des méthodes d'exploitations (Guo, 2007). Une flore dégradée présente toujours une composition déséquilibrée avec un pourcentage excessif de plantes insuffisamment

productives ou indésirables. Cependant, il existe des repères pour une composition idéale d'une prairie vers lesquels il faut se mesurer: On considère qu'une prairie permanente productive est composée.

Minimum : * 75% de graminées (*Poacées*) 50% de bonnes

* 10 à 20 % de légumineuses (*Fabacées*)

Maximum : 15 % d'autres dicotylés, diverses autres que rumex, chardons et plantes toxiques (renoncule âcre, colchique...).

(Crémer, 2016)

I-3-2- Composition floristique :

I-3-2-1- Les graminées

Les graminées sont les principaux constituants de la prairie (Figure 5). Elles peuvent fournir un fourrage de qualité (bonne valeur alimentaire) pour autant qu'il soit composé majoritairement de bonnes graminées et exploité au stade idéal. Comparativement aux légumineuses, la valeur alimentaire des graminées chute rapidement après le stade idéal d'exploitation (Knoden et *al.*, 2016).

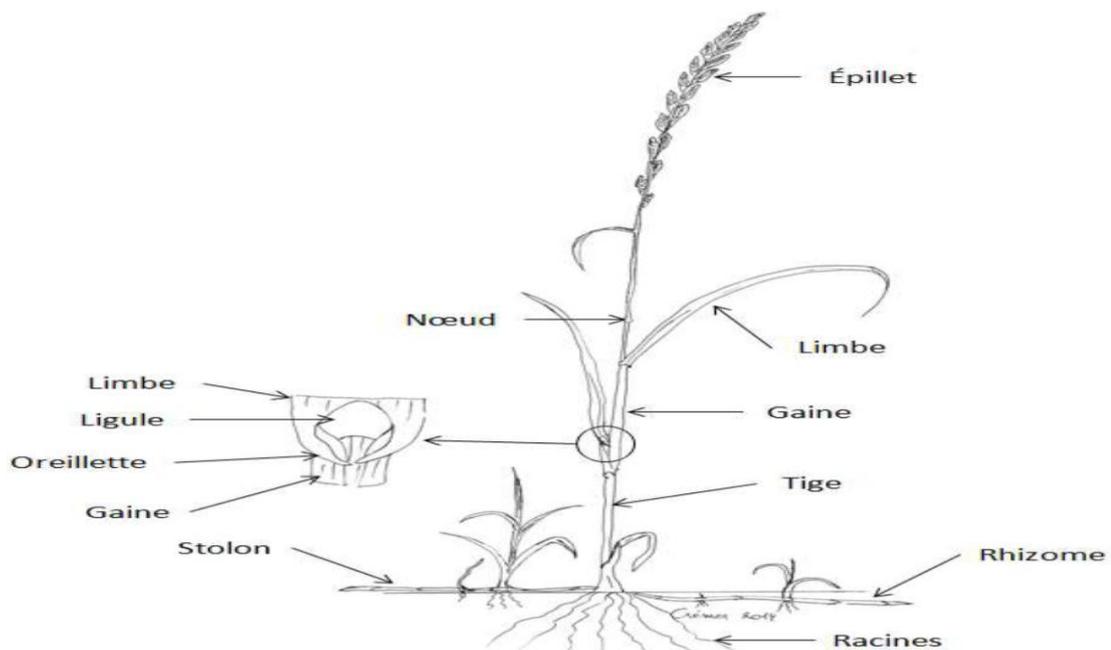


Figure 05 : graminée prairiale (Crémer, 2014)

Les principales graminées que l'on retrouve dans nos prairies sont divisées en 3 groupes (bonnes, moyennes, médiocres) selon leurs qualités fourragères (Tableau 2).

Tableau 02 : Les principales espèces des graminées prairiales

Nom scientifique	Nom commun	Catégorie fourragère
<i>Phleum pratense</i>	Fléole des près	Très bonne à bonne
<i>Lolium perenne</i>	Rays-Grass anglais	
<i>Lolium multiflorum</i>	Ray-Grass italien	
<i>Dactylis glomerata</i>	Dactyle	
<i>Festuca pratensis</i>	Fétuque des près	
<i>Festuca arundinacea</i>	Fétuque élevée	
<i>Poa trivialis</i>	Pâturin commun	
<i>Poa pratensis</i>	Pâturin des près	
<i>Arrhenatherum eliatum</i>	Fromental	
<i>Agrostis canina</i>	Agrostis des chiens	Moyenne
<i>Agrostis stolonifera</i>	Agrostis stolonifère	
<i>Agrostis tenuis</i>	Agrostis vulgaire	
<i>Agrostis capillaris</i>	Agrostis fin	
<i>Agropyrum repens</i>	Chiendent rampant	
<i>Alopecurus pratensis</i>	Vulpin des près	
<i>Avena pubescens</i>	Avoine pubescente	
<i>Festuca rubra</i>	Fétuque rouge	
<i>Holcus lanatus</i>	Houlque laineuse	
<i>Koeleria cristata</i>	Koelerie à crête	Médiocre à nulle
<i>Trisetum flavescens</i>	Avoine jaunâtre	
<i>Briza media</i>	Brise intermédiaire	
<i>Brachypodium pinnatum</i>	Brachypodium penné	
<i>Bromus mollis</i>	Brome mou	
<i>Cynosourus cristatus</i>	Crételle	
<i>Danthonia decumbens</i>	Danthonia decumbens	
<i>Deschampsia cespitosa</i>	Canche cespitose	
<i>Festuca ovine</i>	Fétuque ovine	
<i>Glycéria fluitans</i>	Glycérine flottante	
<i>Holcus mollis</i>	Houlque molle	Médiocre à nulle
<i>Hordeum secalinum</i>	Orge faux seigle	

(Kleiber, 2011)

I-3-2-2- les légumineuses

Plus communément connues sous le nom des *Fabacées*, sont des plantes dicotylédones, herbacées (Figure 6). Une des particularités de cette famille est de pouvoir fixer l'azote atmosphérique (variable selon les espèces et les conditions de culture) grâce à une symbiose avec des bactéries qui sont logées dans des nodosités fixées sur les racines (Crémer, 2014).

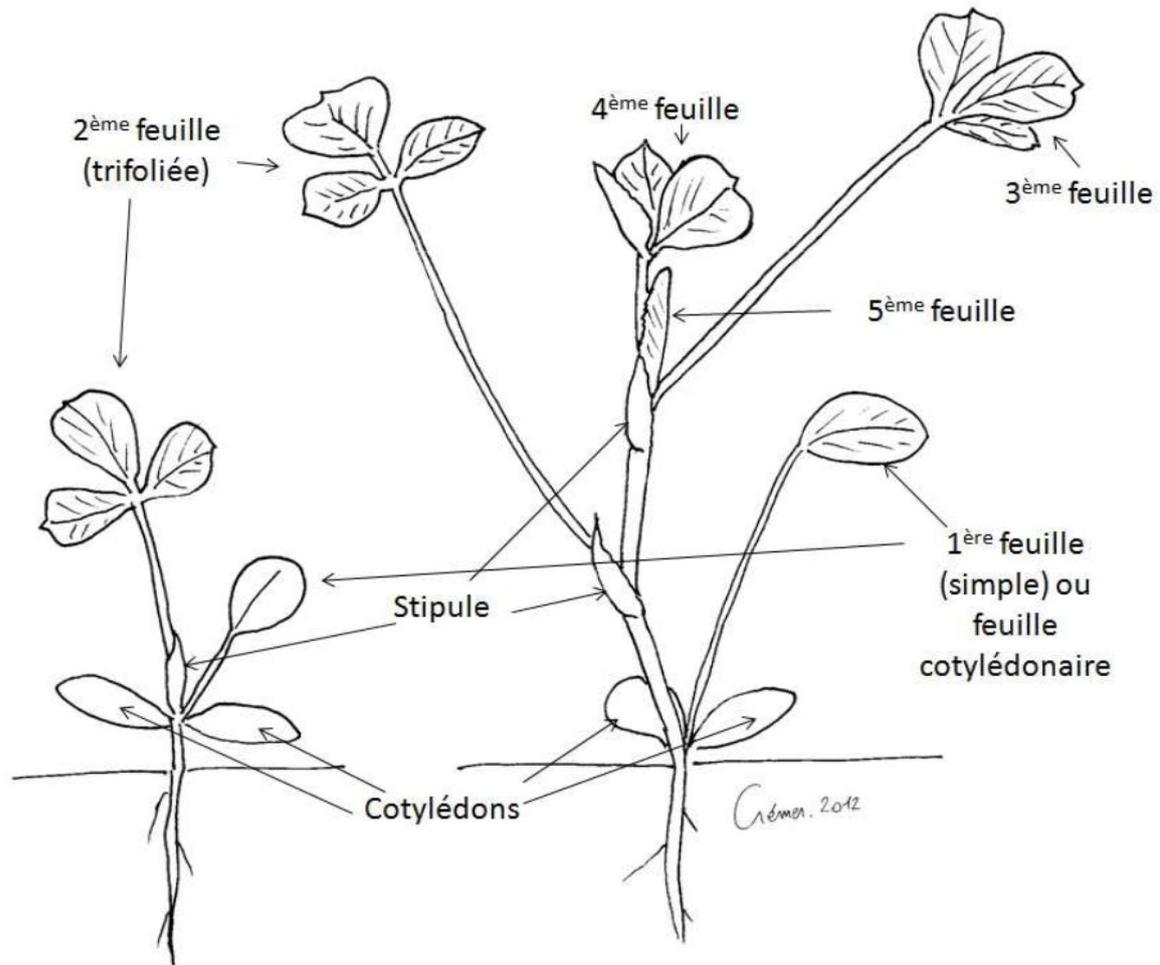


Figure 06 : légumineuse prairiale (Crémer, 2014)

Les principales légumineuses que l'on retrouve dans nos prairies sont divisées en 3 groupes (bonnes, moyennes, médiocres) selon leurs qualités fourragères (Tableau 3).

Tableau 03 : les principales espèces des légumineuses prairiales

Nom scientifique	Nom commun	Catégories fourragère
<i>Lotus corniculatus</i>	Lotier corniculé	Très bonne à bonne
<i>Lotus uliginosus</i>	Lotier des marais	
<i>Medicago lupulina</i>	Minette	
<i>Trifolium pratense</i>	Trèfle violet	
<i>Trifolium repens</i>	Trèfle blanc	
<i>Lathyrus pratensis</i>	Gesse des près	Moyenne à médiocre
<i>Ononis spinosa</i>	Bugrane épineuse	
<i>Trifolium fragiferum</i>	Trèfle porte fraise	
<i>Trifolium dubium</i>	Trèfle douteux	
<i>Vicia cracca</i>	Vesce craque	

(Kleiber, 2011)

1-3-2-3- les autres plantes prairiales

Différents genres et familles botaniques, très difficile de les classer. Certaines de ces plantes possèdent une qualité fourragère intéressante, d'autres sont sans intérêts (Crémer, 2014).

Parmi ces familles on distingue : *Asteraceae*, *Plantaginaceae*, *Scrophulariaceae*, *Lamiaceae*, *Rosaceae*. Le Tableau 4 présente quelles que plantes prairiales qui appartient à ces familles selon leur qualité fourragères.

Tableau 04 : les autres plantes prairiales selon leur qualité fourragères

Non scientifique	Nom commun	Qualité
<i>Leontodon taraxacum</i>	Pissenlit	Moyenne
<i>Plantago</i>	Plantain	Médiocre
<i>Veronica spicata L</i>	Véronique	
<i>Teucrium chamaedrys</i>	Germandrée Petit chêne	
<i>Alchemilla amphisericea</i>	Alchémille	

(Crémer, 2014)

1-3-2-4- les plantes bio indicatrices

Certaines espèces de plantes peuvent être caractéristiques d'un type d'exploitation ou de sol. Il y a par exemple des espèces qui seront régulièrement rencontrées dans les prairies de fauche ou de pâture. Leur présence laisse percevoir un type de sol ou un mode d'exploitation pour réaliser de bons diagnostics de prairies (Knoden et al., 2016).

Le Tableau 5 représente les espèces bios indicatrices rencontrées dans les prairies selon le mode d'exploitation et le type de sol.

Tableau 05 : Plantes prairiales bio indicatrices

La fauche	
Nom commun	Nom scientifique
Houlque laineuse	<i>Holcus lanatus</i>
Flouve odorante	<i>Anthoxanthum odoratum</i>
Avoine élevée	<i>Arrhenatherum elatius</i>
Trèfle des prés	<i>Trifolium pratense L</i>
Vesce	<i>Vicia</i>
Le surpâturage	
Fétuque rouge	<i>Festuca rubra</i>
Agrostide	<i>Agrostis</i>
Pâturin annuel	<i>Poa annua</i>
Pâturin commun	<i>Poa trivialis</i>
Pâquerette	<i>Bellis perennis</i>
Chardon	<i>Cardus defloratus</i>
Type du sol	
Jonc épars	<i>Juncus effusus</i>
Rumex obtus	<i>Rumex obtusifolius</i>
Petite oseille	<i>Rumex acetosella</i>
Renoncule âcre	<i>Ranunculus acris</i>

(Knoden et al, 2016)

I-3-3) Structure des communautés végétales :

La végétation prairiale évolue sous l'influence d'un ensemble de facteurs que l'on peut répartir en deux groupes. Les facteurs liés au climat et au sol que l'on appelle souvent les facteurs du milieu, et les facteurs liés aux modes d'exploitation (Figure 7). Une des conséquences de ces facteurs est la modification de la dynamique de compétition entre les espèces prairiales qui entraîne plus ou moins rapidement, des modifications importantes dans la composition botanique du couvert végétal à partir de son état initial.

Les différentes conditions abiotiques, notamment climatiques, représentent un premier niveau de « filtre écologique » et déterminent ainsi le pool d'espèces susceptibles de se maintenir dans une zone géographique plus ou moins large (Keddy, 1992). Au niveau d'une zone plus restreinte (une exploitation agricole), ce sont le plus souvent les pratiques agricoles qui sont considérées comme les facteurs déterminants de l'évolution des couverts prairiaux (Vivier, 1990). La végétation est ainsi vue comme le « reflet et la synthèse de la combinaison milieu-pratiques » Ce sont aussi en général les seuls leviers d'action dont disposent les

agriculteurs. Ces pratiques représentent donc un facteur essentiel dans la dynamique et le maintien des prairies, ce qui rend cet écosystème dépendant de l'action de l'homme et des animaux (Huyghe et *al.*, 2005). Elles peuvent être caractérisées de différentes manières et peuvent notamment être décrites en référence aux principaux facteurs écologiques (Vivier, 1990).

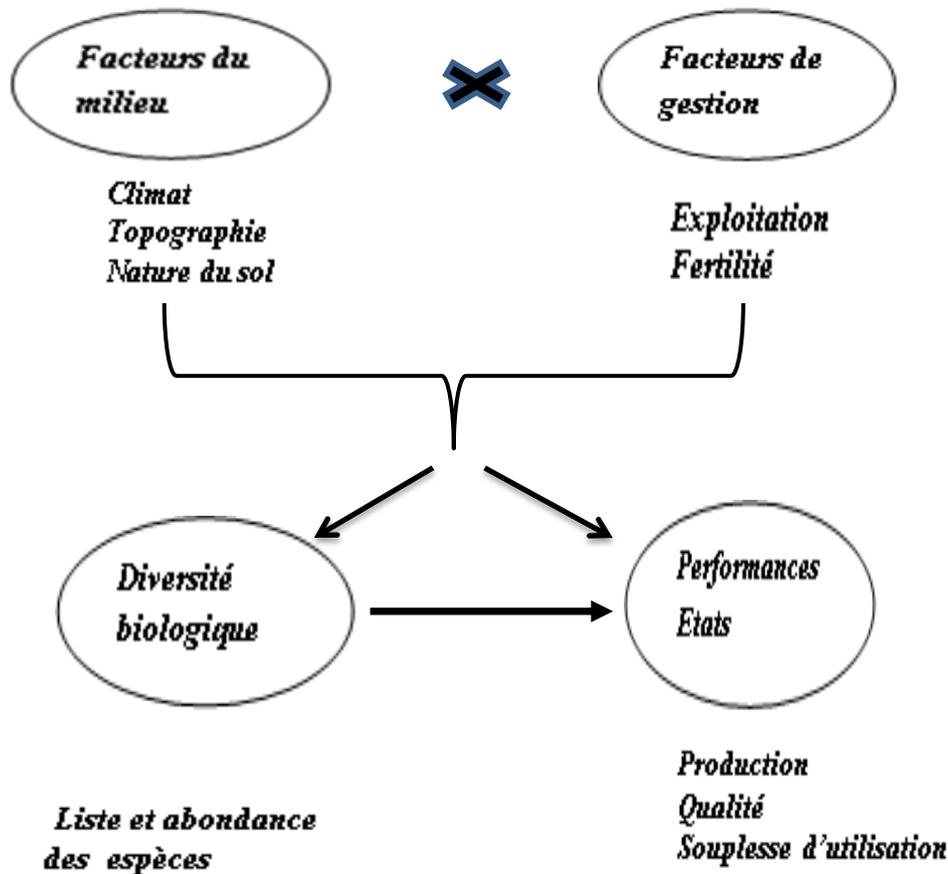


Figure 07 : facteurs (facteurs milieu et facteurs gestion) influençant la diversité biologique prairiale (Carrère, 2013).

I-3-3-1) Effets des facteurs du milieu sur la végétation prairiale :

La composition botanique est influencée par des descripteurs pédoclimatiques (Hopkins 1986 ; Plantureux et *al.*, 1993 ; Klimek et *al.*, 2007 ; Kopec et *al.*, 2010). Les conditions de sol tel que le pH, l'humidité et la fertilité ont un effet sur la composition floristique (Zang et Dong, 2009) ou sur la dominance en espèces (Lenz et Facelli, 2006). Les sols humides ou mal drainés présentent généralement un cortège de plantes diversifiées. Il suffit que ces sols restent gorgés d'eau sur une longue période pour que des espèces tolérantes (joncs, renoncules...) à ces excès se développent des espèces au détriment des autres (ray-grass,

trèfle blanc...). De même, un sol séchant et/ou peu profond pose le même type de problème. A la moindre sécheresse conséquente, la majorité des plantes disparaîtra au profit d'autres plus résistantes (dactyle sauvage) ou qui recoloniseront rapidement la place au retour de la pluie (pâturin annuel) (Luxen et Knoden, 2015). Le pH du sol est un des facteurs du milieu qui a la plus forte influence sur la composition floristique des prairies. En effet, lorsque le pH du sol devient acide, la mise en solution de l'aluminium et du manganèse peut induire des toxicités pour les plantes (Crémer et Knoden, 2008). Le pH détermine également la disponibilité des éléments minéraux pour les végétaux. D'après Pausas et Austin (2001), peu de plantes peuvent se développer sur des sols trop acides ou trop alcalins. Kleiber (2011) souligne que dans un couvert végétal, plus le pH est élevé et plus la contribution des bonnes et surtout des très bonnes graminées augmente et inversement, les graminées médiocres et les plantes diverses diminuent.

Fabre et Kockmann (2006) rapportent que les prairies les plus productives ont des pH compris entre 6 et 7. Le rendement moyen des prairies ayant un pH supérieur à 5,5 est très significativement supérieur à celui des prairies les plus acides, L'écart annuel peut atteindre 1,5 t de MS/ha. Les facteurs climatiques ont une influence directe sur la végétation prairiale (Bonischot, 1984).

D'après Pausas et Austin (2001) l'augmentation des précipitations permet l'accroissement du nombre d'espèces. De même, tant que le facteur « eau » n'est pas limitant, l'augmentation de la température favorise la richesse spécifique. L'altitude et la topographie sont souvent à l'origine de microclimats, de ce fait, ils peuvent influencer l'organisation et la répartition de la végétation. En effet, ce sont des indicateurs simplifiés d'une combinaison complexe de facteurs climatiques (rayonnement, température...) ayant eux-mêmes une influence sur la végétation. D'après Rodrigues et *al.*, (2007) les prairies situées à une altitude supérieure à 900 m ont une proportion de plantes diverses plus élevée. Cependant, une élévation de l'altitude entraîne une réduction de la richesse spécifique car la rudesse des conditions de milieu (températures basses, période végétative courte ...) ne permet la survie que d'un nombre restreint d'espèces (Bornard et *al.*, 2004). De gros dégâts peuvent survenir à la suite d'autres incidents météorologiques comme des gelées, En général, ces aléas provoqueront rapidement d'importants vides dans le couvert végétal (luxen et knoden, 2015).

I-3-3-2) Influence des pratiques agricoles sur les prairies naturelles :

À l'échelle de la parcelle, différentes pratiques agricoles peuvent affecter la composition floristique des prairies. Dans cette partie, nous nous intéresserons uniquement aux pratiques agricoles de pâturage, de fauche, et de fertilisation (Figure 8) car elles sont les plus fréquentes et agissent beaucoup sur la végétation. Cependant, il existe d'autres pratiques ayant des impacts plus ou moins importants sur la diversité végétale. Par exemple : les produits sanitaires (lutte contre les parasites), lutte contre des espèces floristiques indésirables (désherbage de "mauvaise herbe") ou faunistiques (taupes, fourmilières,...), le débroussaillage, l'ébousage...

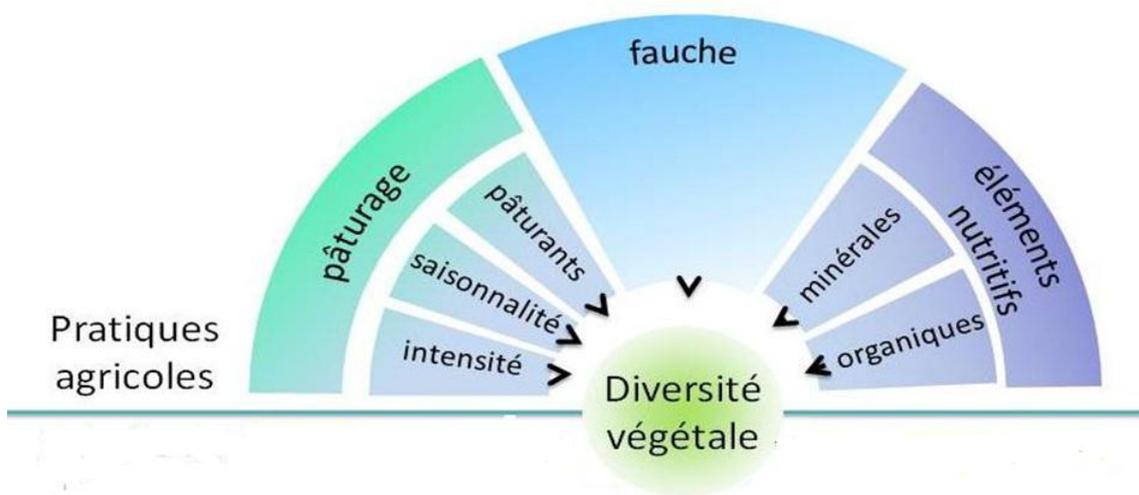


Figure 08: Synthèse des pratiques agricoles influençant la diversité végétale (Blanchet, 2012).

Effet du Pâturage :

Le pâturage est certainement le point le plus délicat dans la gestion des prairies. Le pâturage induit une homogénéisation du couvert, il exerce une défoliation hétérogène qui favorise le maintien d'une plus grande diversité fonctionnelle végétale et animale (Williams et *al.*, 1988 ; Granval et *al.*, 2000 ; Marini et *al.*, 2008 ; Dumont et *al.*, 2011). Le pâturage a un effet direct sur la diversité végétale du fait du broutement, du piétinement et de dépôt d'excrétion des animaux. La défoliation par les ruminants entraîne des modifications dans la fréquence et l'abondance des espèces végétales. Il peut causer des modifications de l'hétérogénéité spatiale impliquant des changements dans la diversité des habitats. L'effet du pâturage sur la végétation peut varier suivant le type d'animaux de pâture, l'intensité et la saisonnalité du pâturage (Blanchet, 2012).

Ainsi, le pâturage est généralement considéré comme favorable à la préservation de la biodiversité (animale et végétale) mais peut aussi avoir des effets délétères directs ou indirects sur la biodiversité prairiale (Schoier, 2012).

Rook et Tallowin (2003) soulignent que les herbivores ont un impact sur la végétation selon quatre mécanismes : le piétinement, dispersion des graines, les déjections et défoliation sélective. Le pâturage agit sur les plantes de manière directe en entraînant des pertes de tissus par défoliation ou en occasionnant des dégâts dus au piétinement. Il peut également agir sur les plantes de manière indirecte en modifiant leur environnement abiotique (quantité de lumière ou fertilité du sol (Day et Detling, 1990) et (Posse et *al.*, 2000; Augustine et Frank, 2001; Bakker et *al.*, 2003; Rossignol et *al.*, 2006) et biotique (nature et intensité des interactions entre plantes) (Hartley et Amos, 1999; Van der wal et *al.*, 2000; Suding et Goldberg, 2001 in Marion, 2011).

Ces effets du pâturage constituent des filtres environnementaux. En effet, par leur piétinement, les animaux de zones très fréquentes structurent les communautés végétales, ils réduisent la hauteur du couvert (Cole et Bayfield, 1993) en causant une destruction partielle ou totale des végétaux (Crawley, 1997). Cela peut aller jusqu'à la création de zones de sol nu favorisant le recrutement de jeunes plants puisque la compétition pour la lumière, l'espace et les nutriments y est moindre (Pickett et White, 1985; Bullock et Marriott, 2000).

Si les conditions de milieux sont à nouveau favorables (par exemple, des espèces végétales peu compétitrices peuvent coloniser ces zones, soit à partir de la banque à graines (Silverstown, 1981), soit par extension végétative des espèces clonales (Bonis, 1997). Le pâturage compacte le sol ce qui entraîne une réduction de sa porosité et, de ce fait, des problèmes d'enracinement des plantes, Il faudra veiller à pâturer ses parcelles dans de bonnes conditions de portance des sols car dans les cas contraire la végétation peut être détruite ou enterrée partiellement. Seules quelques espèces peu productives et peu appétentes se développent dans ces conditions (Kleiber, 2011).

Les animaux contribuent également de manière active ou passive à la dissémination des graines des espèces dites endozoochores et exozoochores (Rook et Tallowin, 2003). L'intensité de pâturage, mesurée par un chargement global ou instantané peut influencer la composition de la végétation (Pykala, 2004 ; Klimek et *al.*, 2007; May et *al.*, 2009 ; Zhang et Dong, 2009). Ces mêmes auteurs signalent aussi que l'intensité de pâturage, mesurée par un chargement global ou instantané peut influencer la composition de la végétation

En effet, une intensité de pâturage élevée modifie la composition de la végétation notamment en diminuant les espèces de légumineuses et en favorisant les espèces annuelles (Kleiber, 2011).

Les déjections ont également un impact sur la végétation par un effet direct de destruction des plantes ou de suppression brutale de leur accès à la lumière, ou un effet indirect résultant d'un apport local important d'éléments nutritifs (azote dans les urines; potassium et phosphore par les fèces).

Ainsi, les cycles biochimiques sont impactés, comme le cycle de l'azote qui s'accélère induisant des changements dans la composition botanique autour des zones de déjection (Gillet et *al.*, 2010). Des patches de végétation haute se développent autour de ces zones, généralement évitées par les animaux de même espèce en raison des risques accrus d'infestation parasitaire. Ces différentes zones sont généralement dominées par des espèces nitrophiles et des espèces compétitrices (Bokdam, 2001).

Même si ces différents phénomènes influencent la structuration des couverts (Marriott et Carrère, 1998), le déterminant principal de la diversité et de la structure de la végétation reste la défoliation sélective des animaux (Rook et Tallowin, 2003; Dumont et *al.*, 2007).

En raison de leurs préférences alimentaires, les herbivores vont manifester une sélection alimentaire accrue envers certaines espèces végétales, comme le trèfle (Rutter et *al.*, 2004; 2006) ou envers certains organes de la plante. En effet, les feuilles et les inflorescences, appétentes du fait de leur grande richesse en azote et en glucides solubles, sont recherchées par les animaux, alors que les épis et les tiges plus fibreuses sont évités. L'ensemble de ces mécanismes aboutit, à court terme, à une modification de la structure du couvert et de l'abondance relative des espèces dans la communauté, et à long terme à une modification de sa richesse floristique (Tallowin et *al.*, 2005).

D'après Furrugia et *al.*, (2006) le déprimage n'a pas d'effet sur la richesse spécifique mais influence l'abondance des espèces. Les espèces précoces, à fort taux de croissance seraient favorisées. À l'inverse, l'abondance des espèces plus tardives diminuerait.

L'impact du pâturage sur la végétation dépend également des types d'animaux qui pâturent. La physiologie digestive, le format et la morphologie buccale et dentaire des herbivores sont variables selon les espèces. Cela influence leur choix alimentaire et donc potentiellement leur impact sur les communautés végétales.

➤ **Effet de la fertilisation :**

La bonne gestion de la fumure, qu'elle soit organique ou minérale, est une des conditions de réussite dans la conduite des prairies. La fertilisation influence la composition botanique (Broyer et Prudhomme 1995; Elisseou et *al.*, 1995; Jones et Hagggar 1997; Galka et *al.*, 2005; Cop et *al.*, 2009; Brum et *al.*, 2009; Szeman 2009 in Michaud, 2011) en diminuant généralement la richesse floristique et en privilégiant la dominance de quelques espèces compétitrices (Plantureux et Thorion, 2005).

Crémer (2015) souligne qu'une fumure excessive par rapport au potentiel de production ou rythme d'exploitation entraînera une modification de la flore et l'augmentation d'espèces nitrophiles ou supportant bien les excès de matières organiques (rumex, mouron des oiseaux...). Selon le même auteur, si la fréquence des exploitations n'est pas ajustée à la fertilisation, il y a fort à parier que les fourrages récoltés auront perdu de leur qualité et/ou de leur appétence (pâturage). Seuls les milieux extrêmement pauvres peuvent voir leur richesse floristique augmenter avec le niveau de fertilité. Celle-ci est souvent exprimée en quantité ou nombre d'apports, en considérant la fertilisation azotée, phosphatée et potassique, sous forme minérale ou organique (Michaud, 2011).

Il semble que ce soit la fertilisation azotée qui affecte le plus la composition floristique des prairies. Elle favorise également les graminées bonnes et moyennes au détriment des plantes diverses, des légumineuses et des graminées médiocres (Loiseau et *al.*, 2001). Le nombre moyen d'espèces fourragères serait faible dès que les apports excéderaient 75 U d'N/ha/an (Plantureux et *al.*, 2005). Dans des prairies de fonds de vallées Normandes, l'augmentation de la fertilisation azotée de 0 à 320 U d'N/ha/an a entraîné une régression du nombre d'espèces prairiales de plus de 30 à moins de 10 (Leconte et *al.*, 2002). Le type de fertilisant utilisé influence également la composition floristique des prairies.

D'après Pervanchon (2004) le lisier favorise les graminées tandis que le fumier stable permet une augmentation des espèces diverses. Une fertilisation minérale appliquée chaque année conduirait à un appauvrissement plus important de la flore qu'une fertilisation organique (Cardasol, 1994). La fumure organique, lorsqu'elle est mal appliquée, ou dans de mauvaises conditions va nuire à la prairie. L'exemple simple est l'application de fumier mal dispersé, les plaques de fumier vont se plaquer au sol et faire disparaître le gazon. Les engrais de ferme liquides appliqués par temps ensoleillé posent également des problèmes (brûlures) (Crémer, 2015).

➤ **Effet de la fauche :**

La fauche exerce une défoliation homogène dont les conséquences sur les communautés végétales vont dépendre essentiellement de la date des coupes et de leur fréquence. Comme pour le pâturage, la richesse spécifique des parcelles fauchées est maximale pour des niveaux d'intensification intermédiaires (Kleiber, 2011).

La date de fauche, qui est une pratique déterminante (Leroux et *al.*, 2008) ainsi que le nombre d'utilisations (coupes ou passages d'animaux) permettent aussi d'approcher le niveau d'intensité d'utilisation de la prairie (Crémer, 2015). En effet, si la fauche intervient trop précocement, les espèces ayant une reproduction uniquement sexuée ne peuvent monter en graines et disparaissent progressivement (Pervachon, 2004). De plus, une fauche (ou une succession de fauches) trop rase, épuise considérablement les plantes car la majorité des réserves nutritives sont situées dans le bas des plantes. .

Les coupes fréquentes sélectionnent les espèces fortement productives, les graminées sont donc favorisées au détriment des espèces diverses (Carrière et *al.*, 2002), un nombre de coupes minimum est nécessaire pour maintenir un niveau de biodiversité élevé. Une augmentation de la fréquence des fauches favorise généralement les graminées au détriment des dicotylédones, et réduit de fait la richesse floristique des prairies (Duru et *al.*, 2001). De plus une augmentation conséquente du nombre de coupe entraîne une diminution du nombre d'espèces Michaud (2011).

Dumont et *al.*, (2007) rapportent que sur un réseau de 31 parcelles de fauche des Alpes autrichiennes, le nombre d'espèces par mètre carré a baissé de 10,8 à 6,5 lorsque le nombre de fauche est passé de 2 à 6. L'effet du nombre de coupes sur la végétation doit cependant être nuancé, il dépend également du degré d'humidité de la parcelle et du type de sol (Plantureux et *al.*, 2005).

D'une manière générale, les prairies pâturées ont une diversité végétale supérieure à celle des prairies fauchées. Ceci peut s'expliquer par la présence de plusieurs faciès de végétation sur une même parcelle de pâture (Farrugia et *al.*, 2006).

Le fonctionnement des communautés végétales peut être traduit par des caractéristiques biologiques pertinentes des espèces dominantes qui les composent (Goldberg, 1997). Ces caractéristiques, ou traits fonctionnels, permettent de classer les végétaux dans des types fonctionnels de plantes (TFP).

L'ensemble des espèces d'un même type fonctionnel dans un milieu donné peut être considéré comme un groupe fonctionnel. Il s'agit de regroupements non phylogénétiques d'espèces accomplissant une fonction similaire dans l'écosystème et qui peuvent être identifiés par un ou des traits biologiques communs (Gitay et Noble, 1997). Pour expliquer le fonctionnement d'un écosystème, il faut donc définir les groupes fonctionnels correspondant aux mécanismes majeurs l'affectant et les espèces les plus caractéristiques de ces groupes (Hooper et Vitousek, 1997).

Ces dernières correspondent aux espèces dominantes, puisqu'elles représentent la plus grande quantité de matière et d'énergie dans un écosystème et ont un impact prédominant sur sa structure et son fonctionnement (Golberg, 1997). La gestion de la biodiversité constitue un enjeu majeur pour les exploitations. Elle y est de plus en plus fréquemment considérée non seulement comme une résultante du mode de conduite des parcelles, mais aussi vis-à-vis des services qu'elle rend aux activités d'élevage (Clergue et *al.*, 2005) : qualité des produits animaux, valeur nutritive des fourrages, souplesse d'utilisation des prairies, etc.

Selon Michaud (2011) l'aptitude d'une prairie à rendre des services fourragers et environnementaux peut donc être évaluée à travers l'étude des liens entre les descripteurs pédoclimatiques et pratiques et les états de la végétation, entre les états de la végétation et les critères d'aptitude et enfin entre les critères d'aptitude et les services. (Figure 9)

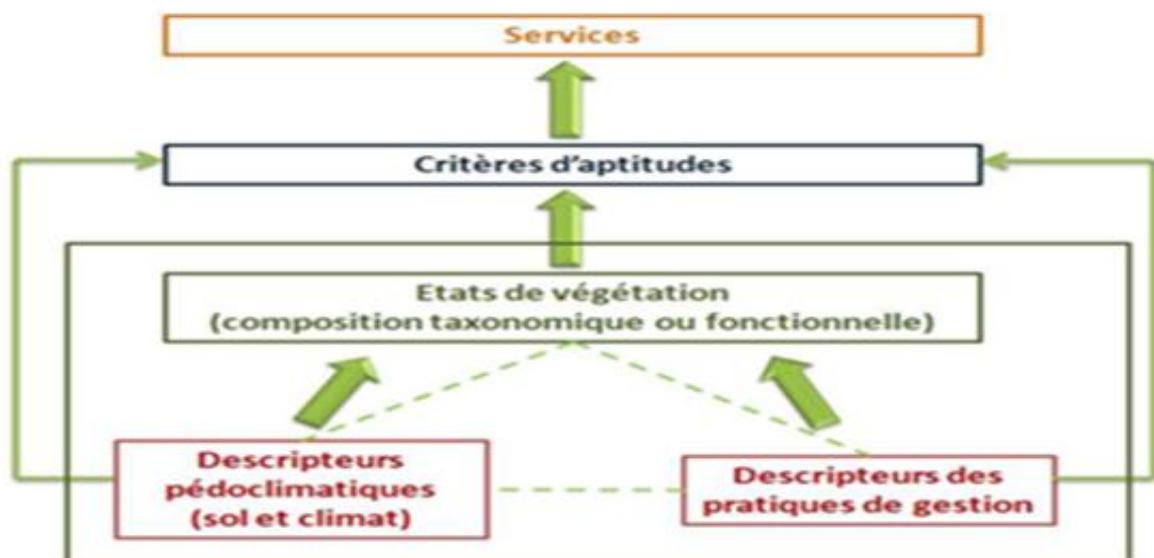


Figure 09 : Relation entre services, états de végétation et les différents descripteurs (Michaud, 2011)

I-4- Changement climatique : causes et conséquences

Le changement climatique est une modification durable et globale des paramètres climatiques et météorologiques de la Terre dépassant l'envergure des cycles naturels due aux émissions anthropiques de GES (Gaz Effet Serre) (Zenabou, 2013).

En effet, plusieurs gaz (dits gaz à effet de serre : GES) forment une « barrière » autour de la surface du globe permettant de retenir la chaleur du soleil renvoyée par la terre. Outre la hausse des températures, il y a d'autres indicateurs du changement climatique : dérèglement des précipitations, multiplication du nombre d'évènements météorologiques extrêmes (ouragans, inondations, sécheresse et vagues de chaleur), hausse du niveau des océans, dérèglement des saisons, acidification des océans et fonte des glaces.

Le changement climatique est l'un des défis majeurs de notre époque. Les émissions mondiales de CO₂ à partir d'énergies fossiles ont augmenté de 40 % entre 1990 et 2008, pour atteindre 8,7 milliards de tonnes de carbone par an. En mai 2013, la concentration en CO₂ atmosphérique a atteint un niveau de 400 ppm (Soussana, 2013).

Parmi les causes de ce changement climatique nous pouvons citer :

- 1) émission de gaz à effet de serre ; le méthane (CH₄) provenant des fermentations digestives dans le rumen (émission par éructation) et de la fermentation des effluents. Les effluents produisent également du protoxyde d'azote (NO₂). A ces émissions directes par l'animal s'ajoutent les émissions indirectes liées à la production des aliments, incluant la production des engrais épandus sur les cultures et les prairies, l'acheminement des intrants (engrais, aliments,...) sur l'exploitation, et la consommation d'énergie à la ferme. La nature de l'alimentation en particulier influe donc indirectement sur les émissions de NO₂ et de CO₂.
- 2) Pollution en augmentation
- 3) Utilisation intensive des sols
- 4) Modes de consommation très élevée et un développement non durable.

Selon le 4ème rapport du GIEC (2007) la température moyenne globale va augmenter et pourrait atteindre 4,5°C d'ici 2100, le régime des précipitations va se modifier et la variabilité climatique sera accrue notamment la fréquence des événements extrêmes de plus en plus

récurrents. Les régimes pluviométriques seront également touchés et pourraient accuser une baisse de plus de 20 à 30 % (Bigot et *al.*, 2003).

Cette grande période de sécheresse a eu des incidences non seulement néfastes sur les rendements agricoles mais plus dramatiques sur les conditions d'existence des populations rurales, car le degré de leur vulnérabilité n'a cessé de s'accroître avec les changements climatiques (Sarr, 2006). Ces modifications du climat vont néanmoins affecter les agroécosystèmes plus particulièrement ceux qui ont une forte dépendance au climat (Bryant, 2008).

Depuis plusieurs années, les chercheurs du monde entier, et parmi eux les équipes de l'Inra, cherchent à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) liées à l'élevage des ruminants. Les évolutions liées au changement climatique, déjà perceptibles aujourd'hui, vont s'amplifier et auront des impacts importants sur les systèmes fourragers et l'élevage. Pour les élevages, le changement climatique risque aussi d'engendrer plus d'incertitudes avec une fréquence et une amplitude accrues des aléas climatiques. Face à cette situation et à l'ensemble de ces phénomènes, l'adaptation s'avère nécessaire à court et long termes, aux systèmes fourragers actuels.

Des pesanteurs sociopolitiques et économiques, à caractère endémique, associés aux mutations environnementales et stress hydro-thermiques, risquent d'impacter, de façon durable, les communautés agricoles. Celles-ci, avec leur faible capacité d'adaptation aux changements climatiques, parviendraient difficilement à assurer l'autosuffisance alimentaire à partir des produits et revenus agricoles (Ndjendolé et Malibangar, 2009; Harrison et Boulahya, 2010). Le maintien d'une production agricole adéquate pouvant satisfaire les besoins alimentaires de la population est indispensable pour une stabilité politique, économique et sociale des générations actuelles et futures. Devant l'importance de ce secteur et compte tenu de son niveau de dépendance des conditions climatiques, il est plus que nécessaire de mettre en évidence les impacts probables des changements climatiques projetés sur les rendements agricoles et de proposer des stratégies adéquates d'adaptation plus durables.

Dans ce contexte, l'adaptation sera donc nécessaire. Celle-ci doit être envisagée comme un complément désormais indispensable aux actions d'atténuation (réduction des émissions). L'adaptation au changement climatique de l'agriculture et des écosystèmes s'impose aujourd'hui comme un objectif complémentaire à la lutte contre l'effet de serre. L'agriculture

face au climat a été définie comme une agriculture qui augmente durablement la productivité et la résilience (adaptation), améliore la sécurité alimentaire et le développement, elle peut participer à l'amélioration du bilan net des émissions de GES via quatre leviers : la réduction des émissions de NO₂ et de CH₄, le stockage de carbone dans les sols et dans la biomasse, la production d'énergie à partir de biomasse qui revient à réduire les émissions par effet de substitution à des énergies fossiles et les économies d'énergie (Soussana, 2013). Des systèmes plus productifs et résilients peuvent avoir des effets secondaires bénéfiques. Ces options supposent de modifier la gestion de la biodiversité et des ressources naturelles (par exemple, conservation et restauration des sols, récupération et économies d'eau, utilisation accrue de la fixation biologique de l'azote et de systèmes intégrés, etc.

I-4-1-Effets du Changement climatique sur les prairies naturelles

La durabilité des prairies permanentes est aujourd'hui fortement menacée par les effets grandissants du changement climatique (Tubiello et *al.*, 2008). Au cours du XXI^{ème} siècle, la production agricole sera très vraisemblablement affectée par les changements atmosphériques et climatiques. Des effets sur la production fourragère et sa répartition saisonnière, sur la valeur alimentaire de l'herbe, sur l'utilisation d'intrants (azote, eau) et sur la biodiversité des prairies sont hautement probables.

Selon Gaujour et *al.*, (2012) des changements des pratiques (mode d'exploitation, fertilisation) de gestion des prairies sont également prévisibles. Estimer le bilan des gaz à effet de serre de l'activité agricole dans sa plus grande diversité est plus que jamais d'actualité. Il est donc utile d'explorer dès maintenant toutes les pistes qui peuvent conduire à une meilleure adaptation au changement climatique, tout en favorisant la séquestration de carbone dans le sol par les prairies, en limitant les émissions de GES et en maintenant un niveau élevé de biodiversité.

Les besoins en production animale vont augmenter et la satisfaction des besoins fourragers va devoir faire appel à une utilisation intensive et écologique de la prairie (Neely et *al.*, 2009). Le statut polyvalent des prairies (production de fourrage, protection du sol, stockage de carbone, conservation de la biodiversité) est aujourd'hui bien reconnu (Hervieu, 2002). Il est donc certain que le changement climatique a dès à présent un impact sur les services des agroécosystèmes, en affectant la composition des prairies et leur potentiel de production. Selon un des scénarios climatiques les plus modérés et prenant en compte des mesures efficaces pour réduire la production de gaz à effet de serre au cours de ce siècle, les

simulations climatiques annoncent un bilan hydrique climatique estival (P-ET°) dégradé (Durand et *al.*, 2010).

Dans ce contexte, depuis une quinzaine d'années, des programmes de recherche cherchent à évaluer l'impact des modifications climatiques sur les prairies et leur biodiversité (Bindi et Olesen, 2011). A titre d'exemple, il a été montré qu'un doublement de la concentration atmosphérique en CO₂ est susceptible de diminuer les besoins en eau du couvert végétal, de stimuler sa production annuelle de fourrage, mais avec des conséquences sur sa valeur nutritive (diminution de la teneur en matières azotées totales). Cela a notamment permis de montrer que les différentes espèces prairiales ne réagissent pas toutes de la même manière, et que certains groupes peuvent être favorisés (légumineuses). De plus, les performances de la prairie résultent des interactions entre les espèces végétales et avec les micro-organismes du sol (cycle biogéochimique et disponibilité en nutriments).

Les réponses des prairies à ces changements sont complexes car elles dépendent d'interactions avec la disponibilité de l'eau et des nutriments, avec la nature des sols et de la végétation et avec les conditions de gestion.

L'effet relatif du CO₂ sur la croissance végétale d'une graminée comme le ray-grass anglais augmente avec la température (Casella et *al.*, 1996). La qualité du fourrage sera également affectée : sous fort CO₂, la teneur en protéines a diminué d'un tiers et les teneurs en sucres solubles ont pratiquement doublé ; un réchauffement de 3°C a entraîné une légère baisse de la digestibilité du fourrage (Soussana et *al.*, 1996). La baisse de la teneur en protéines du fourrage ne tenait pas seulement à une dilution accrue des protéines par les sucres solubles. Les graminées cultivées sous fort CO₂ étaient en effet plus carencées en azote que dans le traitement témoin. Des études détaillées des cycles C et N dans le sol grâce aux isotopes stables ¹³C et ¹⁵N ont permis de montrer que l'immobilisation de l'azote minéral par les micro-organismes du sol est plus forte lorsque le taux de CO₂ est doublé (Loiseau et Soussana, 2000).

Cette expérience montre également que le changement climatique aura des impacts sur le bilan environnemental de la prairie : - le drainage hivernal, qui permet de réalimenter les nappes, a été réduit de 40 à 50 mm dans le climat réchauffé de 3°C (Casella et *al.*, 1996) ; i) les pertes hivernales en nitrate dans les eaux de drainage ont diminué dans les peuplements exposés à un doublement du CO₂ atmosphérique (Soussana et *al.*, 1996) ; ii) le stockage de carbone dans la matière organique du sol a augmenté significativement sous l'effet de

l'augmentation du CO₂ et ce stockage n'a pas été affecté par un réchauffement de 3°C (Loiseau et Soussana, 2000). En revanche, la composition botanique de la prairie a dérivé, les graminées qui étaient initialement dominantes ont fortement régressé dans le traitement soumis à une augmentation du CO₂ atmosphérique, au profit des légumineuses.

La valeur nutritive du fourrage récolté en prairie permanente a également été étudiée. On a observé des tendances communes pour les graminées : diminution des protéines, augmentation des sucres solubles ; l'augmentation des légumineuses et des dicotylédones non fixatrices a permis de compenser cette réduction des protéines et de préserver la valeur azotée du fourrage (Teyssonneyre et *al.*, 2002; Picon-cochard et *al.*, 2004).

Ces résultats soulignent donc que les impacts sur la production de la prairie et sa valeur alimentaire pour des herbivores dépendront largement des changements de composition botanique induits par l'augmentation de la concentration atmosphérique en CO₂. Ces expériences montrent que la diversité, la productivité et la composition botanique des prairies seront affectées par la hausse actuelle des concentrations atmosphériques en CO₂ et des températures en plus les principes de la gestion des prairies (fertilisation, fréquence des coupes, pâturage...) devront être adaptés au changement climatique (Hopkins et Del Prado, 2007).

Des travaux récents ont toutefois démontré la capacité de ces systèmes à réduire leur contribution aux émissions de GES, notamment grâce à leur capacité à séquestrer le carbone dans le sol, en particulier dans le cas de prairies permanentes (Soussana et *al.*, 2010). Relever ce défi implique un accroissement des connaissances scientifiques à l'échelle de l'écosystème, particulièrement sur les mécanismes pilotant son fonctionnement et sur les processus de régulation interne. Compte tenu du grand nombre de facteurs (abiotiques ou biotiques) susceptibles d'influer sur le système et les interactions existantes entre eux.

1-5-La rénovation des prairies

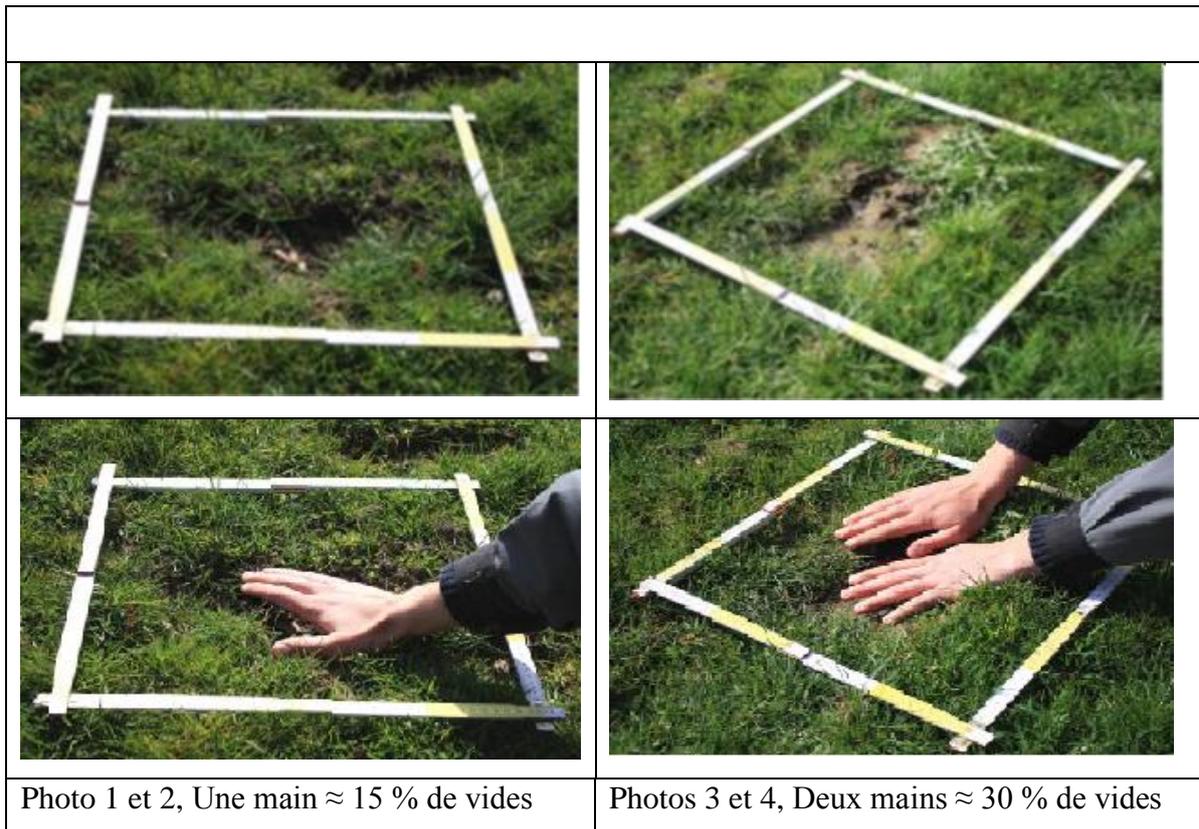
La démarche de diagnostic et d'amélioration des prairies s'inscrit dans une réflexion plus globale de l'éleveur sur le système d'élevage qu'il pratique. L'éleveur doit avant tout satisfaire les besoins alimentaires de son troupeau. La prairie, qui demeure le moyen le plus économique de produire des unités fourragères, est malheureusement handicapée par une saisonnalité très forte: production supérieure des besoins au printemps, faible à très faible en été, moyenne en automne, nulle en hiver. Produire un fourrage de qualité est un des objectifs

que peut se fixer tout éleveur désireux d'améliorer les performances de son élevage. Ainsi l'intérêt d'améliorer la productivité ou la qualité d'une prairie ne peut se discuter qu'en fonction de ce que l'on en attend pour bien nourrir son ou ses troupeaux. En effet l'adéquation entre production fourragère et besoins du troupeau a pour but d'apporter des éléments d'analyse afin d'améliorer ou de restaurer. Tout manquement aux bonnes pratiques agricoles sera sanctionné par une diminution de la qualité et de la quantité ; il en sera de même à la suite d'éléments naturels défavorables (sécheresse ou inondations, maladies, dégâts de sangliers, de campagnols, ...). Afin de vérifier s'il y a nécessité de rénover complètement, ou seulement d'améliorer par une adaptation de la conduite, il faut réaliser (ou faire réaliser) un diagnostic des prairies qui posent question.

D'après Knoden (2013) la rénovation des prairies permet: i) d'augmenter la production et la qualité fourragères; ii) d'obtenir des parcelles dotées d'une meilleure souplesse d'exploitation. iii) d'obtenir une production plus appétente et mieux valorisée par le bétail. iiiii) d'éviter l'envahissement du couvert par des plantes indésirables.

I-5-1- Rappels sur les causes de la dégradation d'une prairie

Widar et Knoden (2015) soulignent que la décision de rénover une prairie n'a de sens que si les causes de la dégradation ont été clairement identifiées. La dégradation d'une prairie se traduit toujours par une modification de sa composition botanique et/ou par l'apparition de vides dans le couvert végétal. Progressive à très rapide selon les cas, elle se solde invariablement par une perte de rendement et une diminution de la valeur fourragère et de l'appétence. D'après Battegay et *al.*, (2009) les premiers symptômes d'une dégradation sont : i) l'apparition de vides dans le couvert (Photos 1,2,3 et 4), ii) la qualité de la flore, Une prairie médiocre se caractérise par une part trop faible de graminées de bonne qualité à production élevée, par un excès de graminées médiocres et de plantes refusées par les animaux. iii) l'apparition de plantes indicatrices voire toxiques. Leur importance est révélatrice; elle permet d'orienter la conduite de la parcelle.



Technique de la main (placette 40 x 40 cm) (Battegay et al., 2009)

Cette dégradation est liée à des conditions climatiques, des dégâts de ravageurs et surtout à des pratiques d'exploitation ou de fertilisation inadaptées. D'après Belge (2006) les causes de dégradation des prairies sont à mettre en relation avec des erreurs d'exploitation occasionnelles ou chroniques :

- 1) Une charge de bétail insuffisante, principalement au printemps, entraînant la formation de refus favorable à la multiplication d'espèces par graines.
- 2) L'exploitation trop fréquente en fauche qui engendre un éclaircissage du gazon et la régression du ray-grass anglais et du trèfle blanc au profit de graminées de peu de valeur.
- 3) Une fauche ou pâturage à un stade trop avancé
- 4) L'apport excessif d'azote ou l'épandage de fumier à trop fortes doses

1-5-2-Amélioration ou rénovation des prairies

En fonction du niveau de dégradation établi lors du diagnostic, on pourra choisir l'intervention la plus appropriée pour remettre la prairie en conditions de production, les interventions seront différentes. Le choix d'une intervention demande de prendre en compte de nombreux facteurs (Figure 10). D'après Knoden et *al.*, (2016) il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises prairies en soi ; cette appréciation est différente selon les attentes de l'éleveur, les contraintes technico-économiques, le rôle attribué à une parcelle précise, le type d'animaux, le mode d'exploitation, etc.

Il y a une progressivité dans l'ordre des interventions possibles :

- 1) Amélioration douce par des pratiques agricoles adaptées;
- 2) Sursemis d'espèces rapides à l'implantation ;
- 3) Rénovation totale avec ou sans labour.

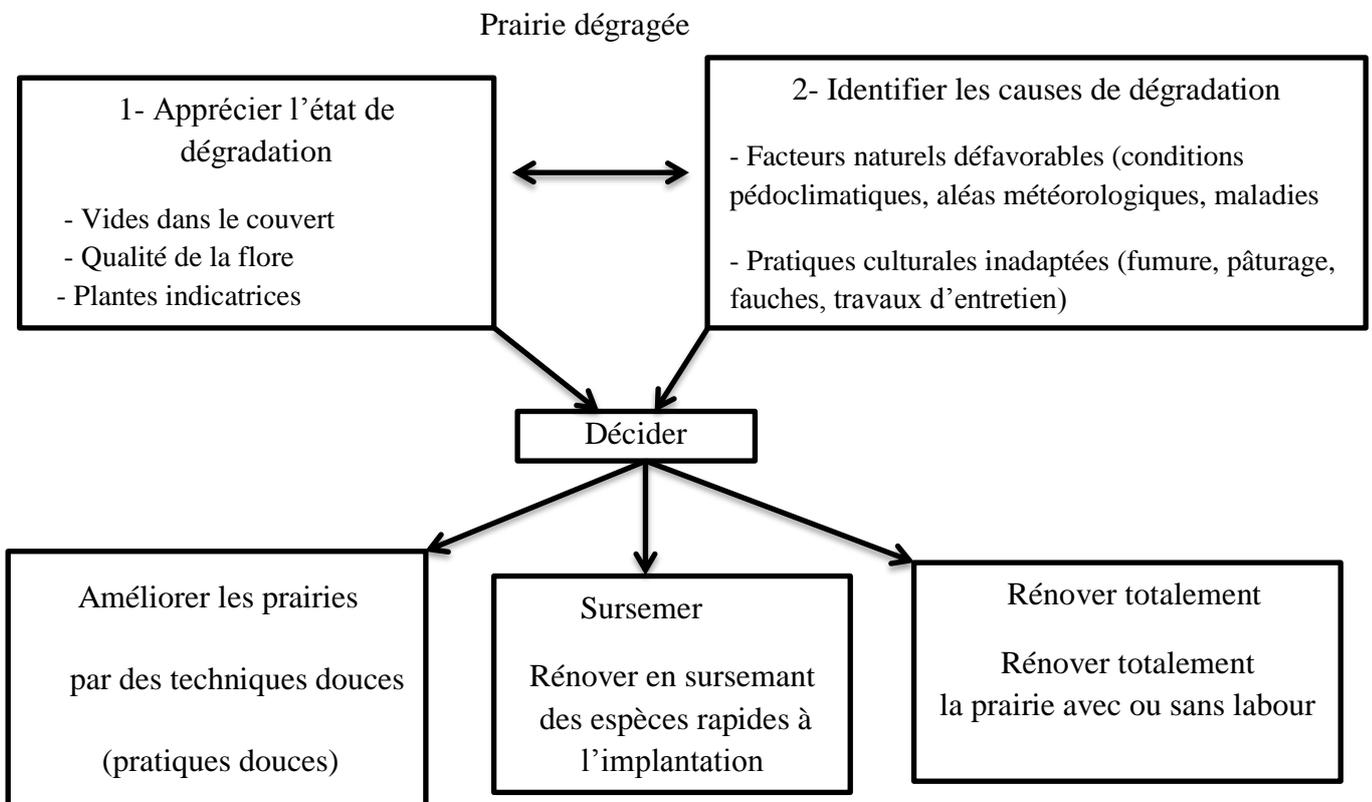


Figure 10 : Bases présentant le Choix d'une intervention face à une prairie dégradée (knoden et *al.*, 2016)

I-5-2-1-Amélioration douce de la prairie par des pratiques agricoles adaptées

Il s'agit de remettre simplement à niveau la production par des techniques culturales simples et une exploitation adaptée. Knoden, (2013), signale qu' un fond prairial avec de « bonnes » graminées, peu de plantes indésirables et peu de vides, est une condition nécessaire à ce premier levier d'amélioration. Selon Widar et *al.*, (2015) la rénovation n'est pas nécessaire; une amélioration de la prairie par des techniques douces donne des résultats satisfaisants à moindre coût, tout en conservant la végétation en place. C'est sans nul doute la première voie à privilégier. L'amélioration est envisageable là où les espèces intéressantes sont dominantes. Elle consiste à mettre en œuvre toutes les techniques assurant une bonne gestion des prairies, c'est-à-dire un mode d'exploitation et des pratiques agricoles adaptées (fumure, pâturage, fauches et travaux d'entretien). Ce type d'amélioration n'est envisageable que pour des prairies en bon état. On se contentera d'assainir et de chauler si nécessaire, d'adapter la fumure et de pratiquer une exploitation raisonnée pour favoriser ces espèces. Un désherbage sélectif permettra d'éliminer les dicotylédones gênantes (Gnis, 2000).

En fonction des conditions pédoclimatiques, du mode d'exploitation et de la gestion pratiquée, il est dans certains cas, nécessaire d'intervenir pour améliorer la qualité d'une prairie voire de la refaire entièrement si la situation ne correspond plus aux objectifs de l'éleveur. La proportion de «bonnes espèces» sera alors un élément essentiel pour prendre la décision de réaliser un sursemis ou une rénovation complète. On estime qu'une prairie commence à se dégrader quand on a moins de 70 % de bonnes graminées et plus de 15% de dicotylédones indésirables (Tableau 6)

Tableau 06 : Evaluation de la qualité de la flore prairiale. (Battegay et *al.*, 2009)

Dicotylédones indésirables	% de bonnes graminées et légumineuses herbacées		
	Moins de 30 %	30- 70 %	Plus de 70 %
Moins de 15 % (< 5 adventices/m ²)	Fond prairial médiocre (Désherbage, exploitation, fertilisation, resemis ou sursemis)	Bon fond prairial à améliorer (exploitation et fertilisation)	Prairie de bonne qualité
15-30 % (5 à 10 adventices/m ²)		Fond prairial moyen (exploitation, fertilisation et désherbage)	Flore correcte (désherbage sélectif)
Plus de 30 % (>10 adventices/m ²)	Fond prairial mauvais Resemis	Fond prairial très moyen (désherbage sélectif)	

I-5-2-2-Le sursemis

Le sursemis consiste à réimplanter des semences dans une prairie déjà existante pour en améliorer la productivité et la valeur alimentaire. Réalisée avec des graminées pures ou des associations, la technique vise à renforcer la présence de certaines espèces pour conforter le volet qualitatif et quantitatif de la production fourragère à venir, sans détruire totalement le fond prairial déjà existant (Alteroche, 2013). Les objectifs recherchés sont d'améliorer la productivité et la qualité d'une prairie dont le niveau de dégradation est modéré (Pierre, 2013).

Le sursemis appelé aussi «regarnissage», il permet d'introduire dans le fond prairial une part variable d'espèces sélectionnées amélioratrices. En préservant l'essentiel de la végétation existante, il permet un maintien de la production pendant l'opération.

Cette technique vise des prairies dont la flore est dégradée et/ou comportant des vides. Lorsque les trous dans le couvert sont plus importants (minimum 10 % de sol nu) mais que le fond prairial vaut la peine d'être conservé avec au moins 30% de «bonnes» graminées, le sursemis peut être envisagé. Cette technique apparaît comme un compromis entre le maintien de la production et les exigences techniques et économiques de l'éleveur (Knoden, 2013). Pour améliorer les chances de réussite du sursemis, il convient également de choisir des espèces agressives. De plus, il existe des différences variétales importantes aussi bien chez les graminées que chez le trèfle blanc où seuls les cultivars riches en acide cyanhydrique, sont capables de subsister face aux attaques des tipules et limaces

Les clés de la réussite du sursemis :

D'après Pierre (2013) le sursemis est une opération délicate. Certaines règles sont à respecter pour optimiser les chances de réussite : 1) Faire pâturer ras pour permettre à la lumière d'arriver au pied de la plante. 2) Retarder l'apport d'azote, tant que la graminée semée n'a pas atteint le stade tallage pour ne pas favoriser la flore en place. 3) Contrôler les adventices et les plantes vivaces sitôt après la dernière exploitation par intervention mécanique ou par un traitement chimique, si nécessaire. 4) Choisir des espèces agressives (ne pas semer de trèfle blanc après fin août). 5) Ouvrir la prairie avec un passage de herse étrille par exemple. 6) Semer en conditions optimales (chaleur et humidité). 7) Bien vérifier la profondeur de semis (si utilisation d'un semoir spécifique) ou repasser la herse en cas de semis de surface. Les semences doivent être positionnées à environ 1 cm. 8) Assurer un bon contact sol/semences en réalisant un bon roulage. Trois périodes sont en général favorables au

sursemis : tôt au printemps, après un ensilage, car la végétation redémarre plus ou bien dès la mi-août et en fonction des conditions

Les doses de semis doivent être supérieures à 20% à celles recommandées dans le cadre d'un semis classique après labour (entre 25 et 30 kg par hectare). Si la prairie est destinée au pâturage. Le semis peut être réalisé à la volée ou en lignes. (Lemasson et Pierre, 2008)

La réussite de l'opération est largement influencée par les conditions climatiques intervenant après sa mise en œuvre. Des conditions arrosées favorisent une germination rapide des espèces sursemées. A l'inverse, une période de sécheresse après le sursemis est un facteur d'échec (Widar et *al.*, 2013).

1-5-2-3) Rénovation totale :

Dans la situation d'un couvert fortement dégradé avec la présence d'espèces de faible valeur fourragère ou refusées par les animaux. Lorsqu'il reste moins de 30 % de « bonnes » graminées capables de se développer, lorsque le rendement de la prairie est insuffisant, lorsque les vides dans le couvert sont colonisés par des plantes non souhaitées qui diminuent fortement la valeur fourragère de la prairie, une rénovation par ressemis s'impose (Pierre et *al.*, 2013).

Dans cette situation, on procède au semis d'une nouvelle prairie après destruction totale du couvert en place. Quand la solution retenue est un semis avec renouvellement total de la flore, le choix peut se porter soit sur un semis classique avec labour soit vers un semis sans labour. Pour choisir, il faut prendre en compte les contraintes liées au sol. Le choix de la rénovation s'établit suivant le diagnostic. Compte tenu du coût élevé, il est important de réussir l'implantation.

Le succès d'une rénovation est en grande partie lié à la qualité de la levée des semences. Cette dernière dépend des conditions de semis (conditions de température et d'humidité, la préparation du lit de germination, la profondeur de semis et le rappuiement du sol) et de l'entretien du jeune semis (la fertilisation, l'exploitation du jeune semis avec le contrôle des plantes indésirables) (Widar et *al.*, 2013).

Knoden (2013) souligne plus il y a de vides et d'espèces indésirables au détriment des espèces intéressantes, plus la technique de rénovation sera « lourde

a) Le semis avec labour :

Le semis après un labour est préconisé lorsque le feutrage (le mulch) de surface est important ou lorsque la structure de surface a été perturbée. Il est également conseillé lorsque l'on craint des dégâts de ravageurs (campagnols, zabres). Le labour peut permettre à la plante d'avoir un système racinaire plus profond et donc d'être mieux installée pour parer à une éventuelle sécheresse. Le semis avec labour est nécessaire lorsque l'éleveur n'a pas accès aux produits phytosanitaires. Il exige 1 ou 2 passages de déchaumeur pour déchausser et déchiqeter les plantes puis un labour (d'hiver dans les sols argileux, ou avant le semis, ce qui est envisageable dans les sols plus légers) suivi d'un ameublissement puis du semis et bien sûr du roulage (Lemasson et Pierre, 2008)

b) Le semis sans labour

L'installation sans labour permet de maintenir la structure du sol en surface. Elle préserve également la portance de la parcelle sans diluer le stock de matière organique comme dans une implantation avec labour. Elle permet de réduire le temps de travail et la consommation d'énergie. Cette technique s'impose dans les sols à fortes contraintes (sol superficiel, caillouteux, à fort engorgement) et en présence d'obstacles naturels (reliefs, haie). Un désherbage total par un produit systémique effectué en automne permettra de semer derrière un hersage avec un semoir à céréales, éléments semeurs relevés, dès le mois d'avril. Cette technique présente deux avantages: le matériel utilisé est présent partout et la parcelle est productive à la mi-juin, avec un fourrage feuillu, à une période où l'on commence à manquer d'herbe. On peut envisager des faux semis avant le semis réel. Le temps de travail est réduit.

c) Le choix des espèces :

L'utilisation que l'on attend d'une prairie est importante pour le choix des espèces et des variétés que l'on va implanter. Plusieurs questions se posent lors du choix d'une espèce. Connaître le mode d'exploitation de la prairie – pâturage, fauche ou fauche-pâturage – est indispensable. On choisira une composition de mélange en fonction de ce mode d'exploitation mais également en fonction du niveau de fertilisation. Selon Crémer (2015) de nombreuses expérimentations montrent que le nombre d'espèces présentes diminue en fonction de l'apport de fertilisants (principalement dû à l'apport de phosphore et d'azote). On comprendra dès lors que le nombre d'espèces à semer pourra être d'autant plus grand que l'apport de fertilisants sera réduit. Le rythme d'exploitation modifie fortement la proportion des espèces implantées

au moment du semis. L'adaptation au contexte pédoclimatique de la parcelle et de la région doit également être prise en compte. Ainsi, certaines espèces ne tolèrent pas la sécheresse ou les excès d'eau, d'autres résistent bien au froid (Figure 11).

L'espèce et la race auxquelles appartiennent les herbivores de l'exploitation ainsi que le mode de conservation de l'herbe doivent aussi influencer le choix d'une ou l'autre espèce. Le rôle que joue le choix des espèces implantées sur la pression environnementale de la prairie, que ce soit en termes de limitation des pollutions, du stockage de carbone ou d'impacts paysagers, est encore mal connu.

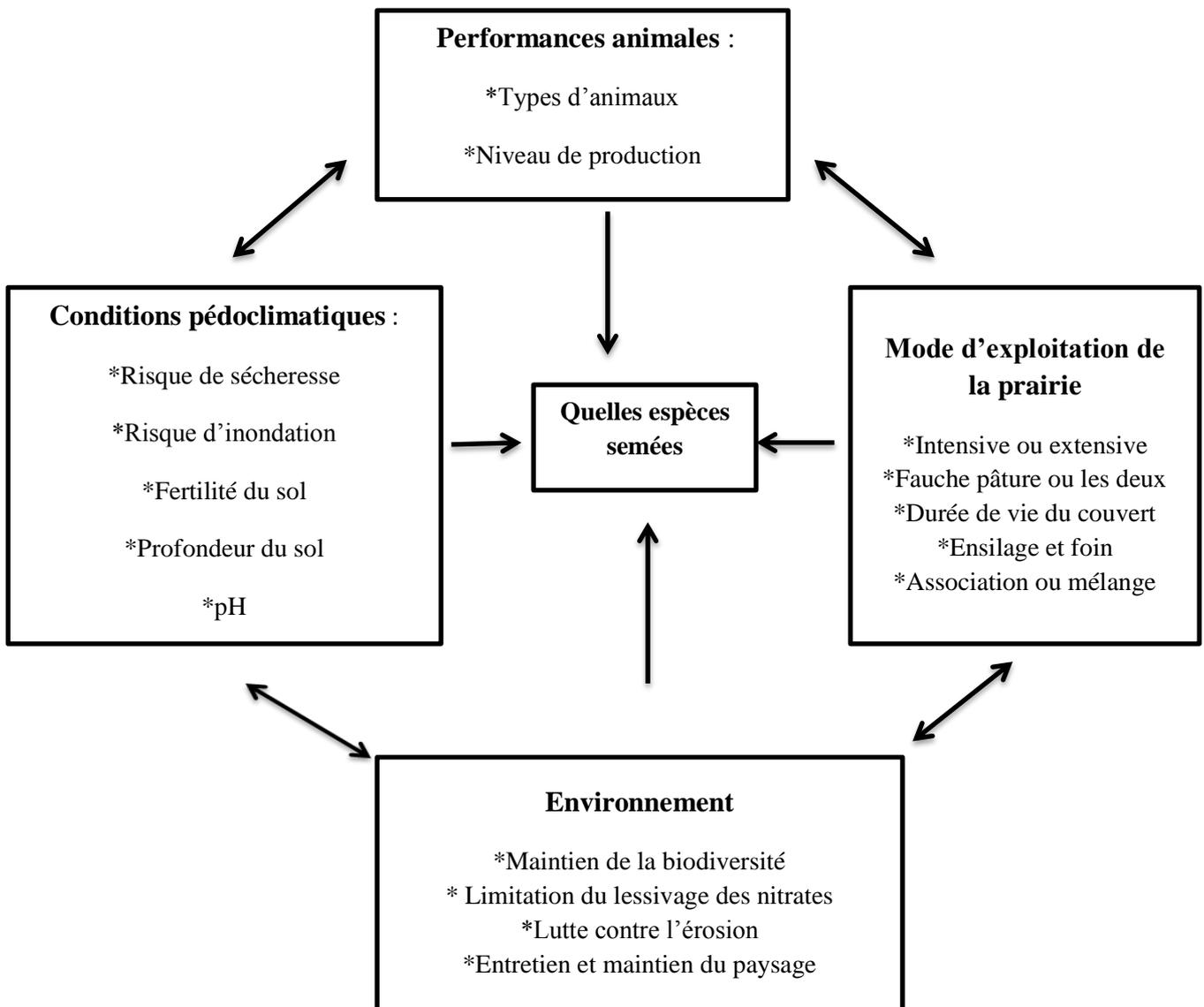


Figure 11 : Principales questions à se poser pour déterminer les espèces et les variétés adaptées pour le semis d'une prairie (Crémer, 2015)

D'après Battagay (2009) l'implantation est une étape très délicate, sa réussite tient compte de certaines critères : la ploïdie, la pérennité, les conditions pédoclimatiques (climat et le type de sol), l'époque de production, leurs utilisation et leurs valeurs alimentaire.

I-6- Méthode d'étude des prairies

A l'heure actuelle, la connaissance de la composition floristique de prairies naturelles passe principalement par l'intermédiaire d'inventaires botaniques réalisés sur le terrain suivis d'une identification de chaque espèce végétale grâce à des flores décrivant les caractéristiques morphologiques des plantes. Cependant, ces connaissances restent parfois insuffisantes.

I-6-1 Méthodes et techniques d'échantillonnage de la végétation

I-6-1-1- Phase d'inventaire

Classiquement, selon Orth et *al.*, (2008) on nomme cette étape « inventaire » ou « échantillonnage floristique ». Le but essentiel est d'apprécier les différentes espèces végétales présentes dans le couvert végétal (nature) ainsi que leur relative abondance au sein des prairies (fréquence).

Deux points délicats peuvent être analysés :

- le choix de l'emplacement de la surface sensée être la plus représentative de la prairie à examiner,
- le choix d'une technique d'échantillonnage de la végétation.

➤ Choix de l'emplacement des surfaces à inventorier :

La difficulté réside à trouver un milieu où le couvert végétal est homogène tout comme ses principales composantes topographiques (pentes, exposition...). Cela nécessite, tout d'abord, d'éviter soigneusement toutes les zones d'interface ou de périphérie (ex : lisières de bois, bords de cours d'eau, clôtures, chemins, ...) ainsi que toute autre zone susceptible d'instaurer des conditions spécifiques, comme les marécages, les rochers, les fossés, les buttes, les dépressions,...

L'idéal est d'intégrer une analyse physicochimique du sol afin de délimiter, le plus objectivement possible, un espace homogène pour les facteurs chimiques essentiels (teneur hydrique, composition humique et minérale du sol, pH, granulométrie du sol,...),

Concernant les prairies fortement hétérogènes, ces dernières sont subdivisées en plusieurs sous-espaces uniformes dans leur composition (chacun de ces dits espaces étant appelé « station ») pour ne retenir que les zones relativement homogènes.

I-6-1-2-Technique d'échantillonnage

Deux méthodes peuvent être utilisées pour l'échantillonnage d'une prairie,

- La première méthode consiste à réaliser un « lancer d'anneau » : un anneau métallique d'environ 5 cm de diamètre intérieur est lancé plusieurs fois « au hasard » au sein de la zone représentative de la composition de la prairie. Pour chaque « lâché », on note les espèces végétales présentes au sein de l'anneau.
- La deuxième technique consiste à utiliser un double mètre métallique pliant, à le positionner dans diverses directions en partant de points différents et de noter tous les 4 ou 5 cm, les espèces présentes sur le bord gradué

A partir de l'inventaire des espèces, différents critères peuvent être considérés pour caractériser la diversité floristique au niveau taxonomique : nombre total d'espèces (richesse), nombre d'espèces rares (richesse patrimoniale avec ses diverses acceptions), régularité des abondances des espèces (indice de Shanon, équitabilité...)

Plusieurs méthodes sont envisageables, tout dépend de la précision recherchée.

- Méthode simple : dresser simplement la liste des espèces présentes
- Méthodes plus précises renseignant sur l'abondance relative des espèces présentes : méthode de Braun-Blanquet (BB) et la méthode de De Vries

Méthode de Braun Blanquet

Les espèces présentes dans chacun des relevés sont affectées de deux coefficients, le premier exprimant leur abondance-dominance (estimation du nombre d'individus et surface de recouvrement), le second leur sociabilité (mode de répartition des individus sur la surface étudiée).

Echelle d'abondance-dominance (Braun-Blanquet et *al.*, 1951) :

+ : individus rares (ou très rares) et recouvrement très faible

1 : individus assez abondants, mais recouvrement faible

2 : individus très abondants, recouvrement au moins 1/20

3 : nombre d'individus quelconque, recouvrement 1/4 à 1/2

4 : nombre d'individus quelconque, recouvrement 1/2 à 3/4

5 : nombre d'individus quelconque, recouvrement plus de 3/4

Guinochet 1973 souligne, que l'étude de la composition floristique reste purement qualitative tant qu'on utilise que le critère présence-absence, elle devient semi-quantitative dès qu'on travaille en abondance-dominance ou en % de recouvrement ().

Echelle de sociabilité (Braun-Blanquet et *al.*, 1952) :

1 : individus isolés, 2 : en groupes, 3 : en troupes, 4 : en petites colonies, 5 : en peuplements denses

I-6-2 Appréciation de la production des pâturages

La mesure de la production d'un pâturage n'est pas chose aussi aisée à effectuer. La végétation des pâtures n'est pas récoltée par l'exploitant mais prélevée directement par le bétail lui-même ; c'est ce qui fait toute la difficulté de l'estimation. Selon Daget et Poissonnet (1971) deux procédés de mesure s'affrontent qui ont chacun leurs partisans inconditionnels :

- Le premier consiste à effectuer des mesures avant l'arrivée du bétail ou en empêchant les animaux de manger l'herbe sur de petites surfaces protégées par des cages disposées dans le pâturage ; l'herbe ainsi conservée est récoltée, séchée et pesée.
- Le second consiste à estimer l'utilisation des cages fixes

I-6-2-1- Les cages

Une cage est constituée par un bâti solide, susceptible de résister à la fois aux manipulations des observateurs et aux heurts des animaux (Daget et Poissonnet, 1973). Les cages sont habituellement carrées, quelques observateurs utilisent des cages rectangulaires ou rondes. Selon la nature de la végétation, les dimensions sont habituellement les suivantes :

Le cadre obtenu est recouvert de treillage. Une dizaine de ces cages, parfois moins, sont réparties çà et là dans le pâturage au hasard. Une fois positionnées, les cages sont fixées au sol. Elles restent en place tant que les animaux restent dans la pâture. Il est indispensable que

les cages soient fermées sur le dessus, afin d'interdire aux animaux d'attraper la végétation par-dessus les bords.

En ce qui concerne le nombre précis de cages à mettre en place, plusieurs principes opposés s'affrontent. Pour certains, la précision des mesures augmentant avec le nombre de valeurs il est intéressant d'avoir le même nombre de cages dans chaque unité analysée, ce qui facilite les comparaisons (par des analyses de variance simples équilibrées).

II : Situation des prairies naturelles en Algérie

L'alimentation constitue aujourd'hui une des principales des productions bovines, ovines et caprine. En Algérie, cette alimentation est surtout fondée sur le pâturage de végétation spontanée : les jachères, les prairies naturelles, les parcours steppiques, les fourrages cultivés et les parcours forestiers

En termes d'offre exprimée en unité fourragère (UF), Merdjane et Yakhlef (2016) rapportent qu'en 2012, les terres consacrées à la production fourragères couvrent plus de 39 millions d'ha (soit 93% de la SAT). Elles offrent plus de 6,054 Mrds d'UF (Tableau 7). Cette valeur est comparable avec celles rapportées par Laib (1988) et O.F.L.I.V.E (2001) pour respectivement les campagnes 85-86 et 97-98 avec dans l'ordre 5,96 et 6,45 Mrds d'UF. Elle demeure toutefois très éloignée de celles rapportées par Houmani (1998) et Adem & Ferrah (2002) avec respectivement 7,78 et 8 Mrds d'UF.

Tableau 07 : Evaluation des disponibilités fourragères en UF (année, 2012)

Graines orge/avoine	Prairies naturelles	Pacages et parcours	Jachère	Chaumes et pailles	Fourrages cultivés secs	fourrages cultivés en vert	TOTAL
1 686 059 150 (27,85)	12 167 500 (0,201)	1 379 681 750 (22,79)	797 522 875 (13,17)	1 218 275 105 (20,12)	577 618 628 (9,54)	383 090 750 (6,33)	6054 415 758 (100)

Source : Merdjane et Yakhlef (2016)

A l'échelle nationale, la répartition de l'offre fourragère par type de fourrage (Figure 12) montre que la contribution des pacages et des parcours est de l'ordre de 1,379 Mrds d'UF soit 22,79% des apports, alors que les fourrages cultivés participent pour 960 Mrds d'UF (15,8%).

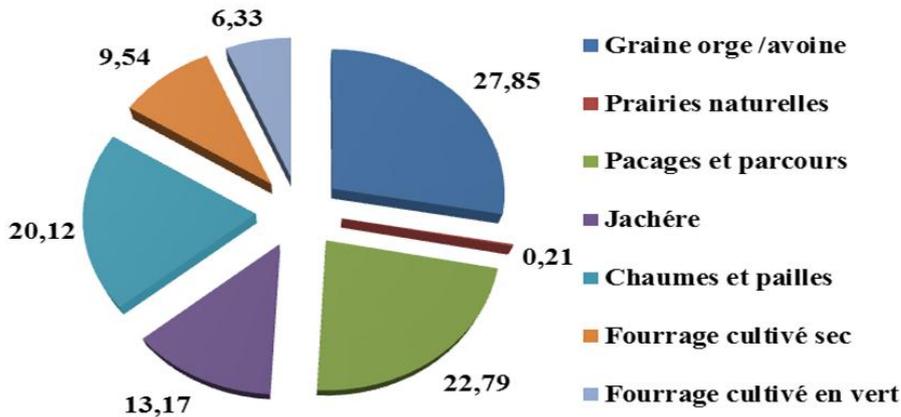


Figure 12 : Répartition (en %) de l'offre fourragère par type de fourrage à l'échelle nationale (Merdjane et yakhlef, 2016)

Selon Merdjane et yakhlef (2016) le bilan énergétique pour l'année 2012 se révèle négatif puisque l'offre fourragère accuse un déficit de l'ordre de 7,289 Mrds d'UF, soit un taux de couverture moyen de 45,37% (Tableau 8, Figure 13). De ce fait, un hectare de production fourragère fournit un rendement assez faible, de l'ordre de 153,82 UF/ha. La valeur du déficit obtenu est nettement supérieure à celle rapportée par Bouzida (2008) pour l'année 2006 soit 3,3 Mrds d'UF.

Tableau 08 : Bilan fourrager en UF (année 2012).

Graines orge/avoine	Total fourrage	Chaumes et pailles	Offre fourragère globale	Besoins du cheptel (UF)	Déficit	Taux couverture %
1 686 059 150 (27,85%)	3150081 503 (52,03%)	1 218 275 105 (20,12%)	6 054 415 758 (100%)	13 344 051 150	- 7 289 635 392	45,37

Source : Merdjane et Yakhlef ,2016

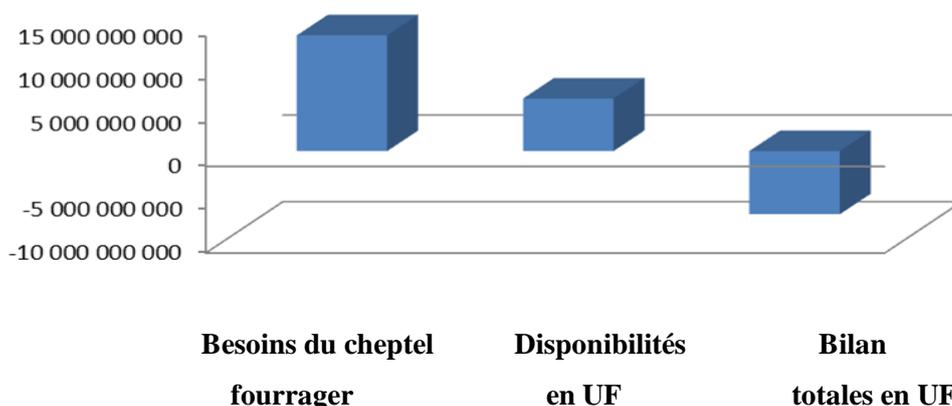


Figure 13 : Bilan fourrager en Algérie (année 2012)

II-1) Les fourrages naturels

Selon Abdelguerfi (1987), le fourrage naturel occupe une superficie importante de de la sole fourragère totale (82 à 88%). Il est fourni par les jachères pâturés et fauchées, les prairies permanentes, les ressources pastorales steppiques et les parcours forestiers.

II-1-1-Les Jachères

Il s'agit d'une pratique culturelle indissociable de son contexte : milieu naturel, technique culturales, environnement socioéconomique. En Algérie, la jachère pâturée occupe annuellement une sole importante (3,2 millions) d'hectare en 1998 (Matallah, 2017). Ces terres se localisent au niveau des régions semi-arides et en altitudes (Tableau 9).

Tableau 09 : Terres agricoles en ha impliquées dans la production fourragère

Zones	Cultures Fourragères	Jachères	Prairies naturelles	Pacages et parcours	Total
Humide	60,5	198,9	11,7	269,2	540,3
Sub-humide	333,9	1587,2	16,3	1310,9	3254,4
Semi-aride	118,6	1690,9	2,2	4540,5	6352,2
Aride	3,7	65,4	00	23358,6	23127,7
Total	522,8	3542,4	30,2	29179,2	33274,6

Source : Matallah, 2017

La pratique de la jachère est liée au système de production jachère- céréales-élevage qui est largement répandu et reste un apport fourrager gratuit et sécurisant pour l'éleveur, indépendant des perturbations climatiques. Chaque année des millions d'hectares sont laissés en jachère dans les zones de moyenne et faible pluviométrie (200mm), qui représentent 50% des terres arables (Matallah, 2017).

La jachère est une pratique courante en Algérie dans un système d'assolement céréale-jachère (Belaid, 1996). Elle joue le rôle important dans la limitation des mauvaises herbes et dans l'amélioration de la fertilité du sol. Selon Benharkat (1978) la jachère reste une source fourragère importante en Algérie malgré sa faible production en quantité et qualité. Elle dépend du mode d'exploitation, des conditions climatiques, de la richesse de la flore et de la nature du précédent cultural.

En Algérie, la jachère a été souvent considérée par les pouvoirs publics comme un frein à l'accroissement des productions agricoles, notamment céréalières. Cependant les différents programmes n'ont pas réussi à diminuer les superficies en jachère (Bessaoud, 1994).

II-1-2- Les prairies naturelles :

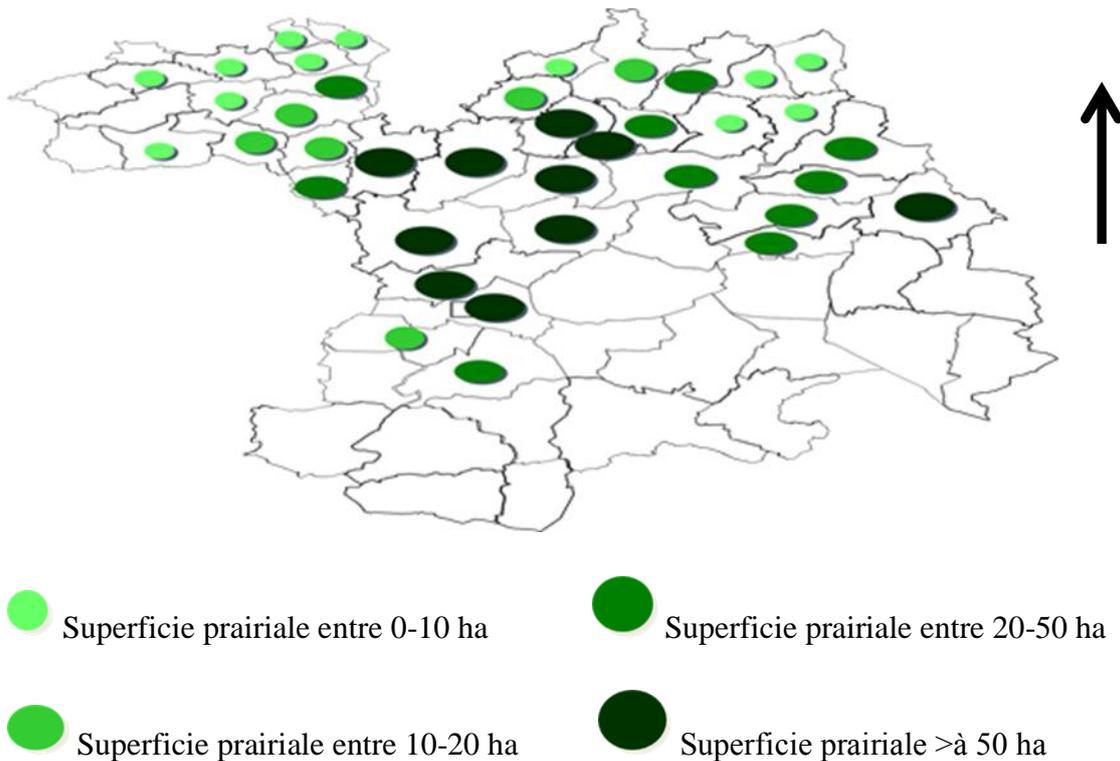
II-1-2-1) Situation géographique des prairies en Algérie

Selon Bélair et *al.*, (1988) les prairies se trouvent essentiellement dans les régions situées dans les étages bioclimatiques humides et subhumides avec respectivement 38 à 53 % des surfaces fourragères, elles peuvent s'étendre aux zones semi arides d'altitude en longeant les lits d'oueds et en occupant de nombreux bas-fonds.

Dans ces zones généralement fragiles et soumises aux aléas climatiques, ayant une pluviométrie réduite et aggravée par des fluctuations saisonnières et annuelles de grande amplitude, elles ne représentent que 7% des terres réservées aux fourrages en Algérie (Abbas et *al.*, 2000). Les rendements sont de l'ordre de 8,4 qx/ ha et l'apport fourrager de 1443 millions d'UFL (Benharkat, 1978).

Selon Bélair et *al.*, (1988) tout le Nord et particulièrement le Nord –Est de l'Algérie (El Taraf, Annaba, Skikda, Jijel, Bejaïa.....), compte tenu de la forte pluviosité renferme des superficies importantes à vocation principale. Dans les hautes plaines sétifiennes, les prairies naturelles se trouvent sur l'ensemble des étages bioclimatiques entre 200mm/an au sud et 600mm/an au nord. Les prairies ont été classées selon les superficies des exploitations en quatre types (carte 1): grandes (plus de 100 ha, moyennes (entre 20-25ha) et petites (entre

20-10 ha) et réduite (inférieures à 10 ha) (Abbas *et al.*, 2005). On observe une concentration des grandes prairies dans la région qui englobe les communes d'Ain Arnat, Ouricia, Sétif et Mezloug. Cette région est caractérisée par des terrains relativement plats ou légèrement ondulés dont les pentes sont inférieures ou égale à 12% (Benider, 2005) et l'altitude entre 850 et 1400 m. Les prairies naturelles se localisent souvent dans les lits des oueds et bas fond et disposant d'un réseau hydrographique très important qui peut être composé surtout des effluents de l'oued Boussellam. Bien que la disponibilité des pluies au Nord soit importante, une faiblesse des surfaces prairiales est marquée, ceci est lié du fait que le terrain est accidenté. Cette faiblesse est aussi enregistrée au Sud du fait de l'aridité du climat, malgré qu'il existe de petites prairies à Ain Oulmene mais sont généralement de mauvaise qualité fourragère.



Carte 1 : Localisation par communes des prairies naturelles dans la wilaya de Sétif (DSA, Sétif 2015)

II-1-2-2) Historique des prairies en Algérie :

Avant l'indépendance, Laumont, (1960) rapporte qu'en Algérie, sous le nom de prairies naturelles par opposition aux prairies artificielles, il convient de désigner, deux catégories de prairies enherbées sans l'intervention de l'homme, de composition, d'étendue et de valeur d'exploitation et d'utilisation différentes :

*Prairies naturelles permanentes

*Prairies naturelles temporaires

Suivant leur localisation géographique (tableau, selon Ducellier, (1933) les prairies naturelles permanentes peuvent être cataloguées en deux catégories :

-Prairies des plaines basses ou littorales, parfois encore marécageuses humides en hiver (souvent inondées) et plus ou assainies nous pouvons citer à ce titre : les plaines de Mitidja, Annaba et El -Taref

- Les vallées de Soummam, de l'oued el kebir, du safsaf et de la seybose : les zones marécageuses du tell où nous pouvons citer les hautes vallées des oueds de Tafna, chlef ...ect

-Les zones de Constantine sont loin les plus prédisposées, particulièrement khroub, Sétif et Bordj Bou Arrerij (Tableau 10)

Tableau 10: Répartition régionale des prairies naturelles en Algérie (ha)

régions	1939	1945	1958
Alger	9.079	9.486	7.970
Oran	11.921	12.245	660
Constantine	16.532	25.415	23.040

Source : Laumont (1960).

Ducellier (1933) soulignait que dès 1830, (période coloniale) et dès les premiers débuts de l'implantation européennes la densité, la luxuriance des prairies et des pâturages des environs d'Alger ont été remarquées et signalées, ainsi que le développement de la végétation des plaines, des vallées et même des coteaux des régions à hiver doux et humide avec une période productive.

Ducellier (1933) cité par Abdelgherfi et Hakimi (1990) indique que les herbagers propres à être fauchés occupaient près de 5% du Tell soit 1,8 millions à 2 millions d'ha de prairies permanentes vers les années 1845. Laumont (1960) estimait qu'en 1933 que plus des 9/10 des prairies naturelles avaient été défrichées et livrées à la culture suite de l'utilisation plus complète des eaux des oueds, du sol et des sources par barrage, mais l'étendue des prairies naturelles permanentes n'a fait que régresser du fait de la baisse du plan d'eau, certaines prairies ont été transformées en jardins, en vignobles ou autres cultures en lots à bâtir

Laumont (1960) signale que les superficies exploitées après une stabilisation aux environs de 35.000 à 37.000ha au cours de la période 1933-1939 (Figure 14) ont notablement augmenté pendant la période de guerre. Cet accroissement étant dû au retour à l'enherbement naturel des terres humides non cultivés en raison de leur nature, faute de moyens.

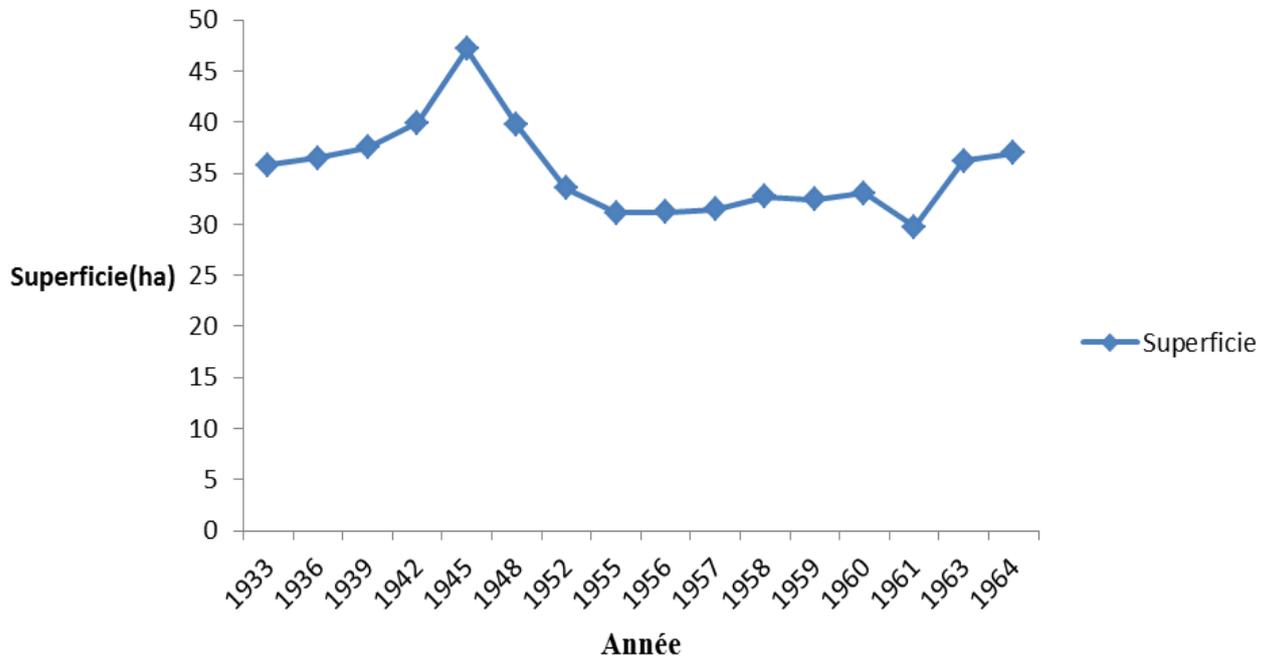


Figure 14 : Evolution des superficies, des prairies naturelles de 1933 à 1964 (période avant l'indépendance) (Source : MADR, 2015)

Le même auteur précise qu'après la deuxième guerre mondiale, on a noté comme avant-guerre, le recul de la prairie devant la charrue. On ne peut déplorer la destruction progressive d'une richesse naturelle longue et difficile sous nos climats à reconstituer dont les raisons doivent être recherchées dans la protection financière à la céréaliculture et qui s'est traduite surtout en altitudes et dans les grandes zones à céréales par la recherche des terrains les meilleurs conservant le plus possible leur fraîcheur en fin printemps ou en été ou susceptibles d'être arrosés par le captage des sources ou par la dérivation des eaux d'oueds en vue d'établir des emblavures de céréales de rendements assurés ou d'autres cultures vivrières. Depuis 1968, l'industrialisation, privilégiée par rapport à l'agriculture, a entraîné une très nette régression des prairies et de leur production à cause des quantités d'eau qu'elle prélève et plus particulièrement de leur pollution (Abdelgherfi et Hakimi, 1990).

Après l'indépendance, les superficies des prairies étaient de l'ordre du million d'hectares. Au début du 19^{ème} siècle les prairies naturelles sont passées à une superficie de moins de 20.000 ha. L'évolution des superficies sur une période de 50 ans (1965-2015), montre des variations interannuelles importantes (Figure 15).

Sur la période comprise entre 1965 et 1997, les superficies moyennes prairiales enregistrent des fluctuations assez importantes : elles passent de 34 450ha pour l'année 1965 juste après l'indépendance jusqu'à une superficie très faible de l'ordre de 14 670 ha pour l'année 1979. Ensuite ces mêmes superficies marquent une augmentation très prononcée pour atteindre 40 860 ha à l'année 1997. A partir de cette année la régression de ces espaces était rapide et continue, elle s'est poursuivie jusqu'à nos jours, ce qui montre une menace sur l'existence de ces prairies notamment dans les zones semi -arides qui se sont fortement dégradées (Tedjari, 2005)

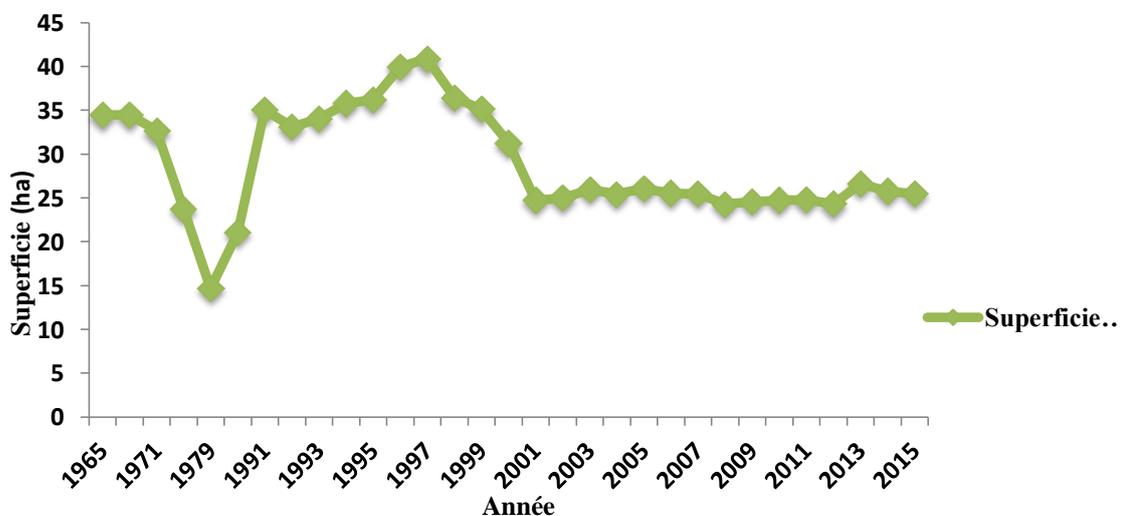


Figure 15 : Evolution des superficies des prairies naturelles en Algérie (après l'indépendance) durant la période 1965-2015 (Source : MADR, 2015)

Delà nous pouvons déduire qu'après l'indépendance, les superficies des prairies ont connu une forte régression. Durant cette période elles n'ont bénéficié d'aucun intéressement technique particulier du fait de leur faible intégration dans les différents politiques agricoles. Les prairies permanentes ont cessé de bénéficier de mise en défens saisonnières, d'amendements, de fertilisation et d'irrigation. (Abdelgherfi, et Hakimi, 1990). Elles avaient une gestion de surexploitation (fauchage, surpâturage...) Les prairies naturelles sont devenues une charge par le seul fait que l'organisme officiel de financement ne reconnaît pas les dépenses allouées à l'entretien des prairies naturelles. Elles sont devenues aussi une source

de problèmes à cause du cheptel privé aux alentours (pâturage anarchique et piétinement des cultures avoisinantes. En effet, par la position géomorphologique les prairies sont l'exutoire par excellence de toutes les eaux usées et ou polluées exemple les prairies de la région semi-aride de Sétif (prairie Ain Oulméne et Ras el oued), rare sont les villes qui ne possèdent pas des stations d'épuration.

Sous l'impact des problèmes financiers et d'organisations des structures agraires, les réformes libérales qui ont eu lieu depuis n'ont apporté des solutions viables dans ce domaine. Les conditions matériels et sociales se sont détériorés au sein des unités de productions, ce qui a provoqué une diversité de systèmes de production d'où une diversité des systèmes fourragers entraînant le morcellement de prairies. La prairie obéit à une gestion multiple

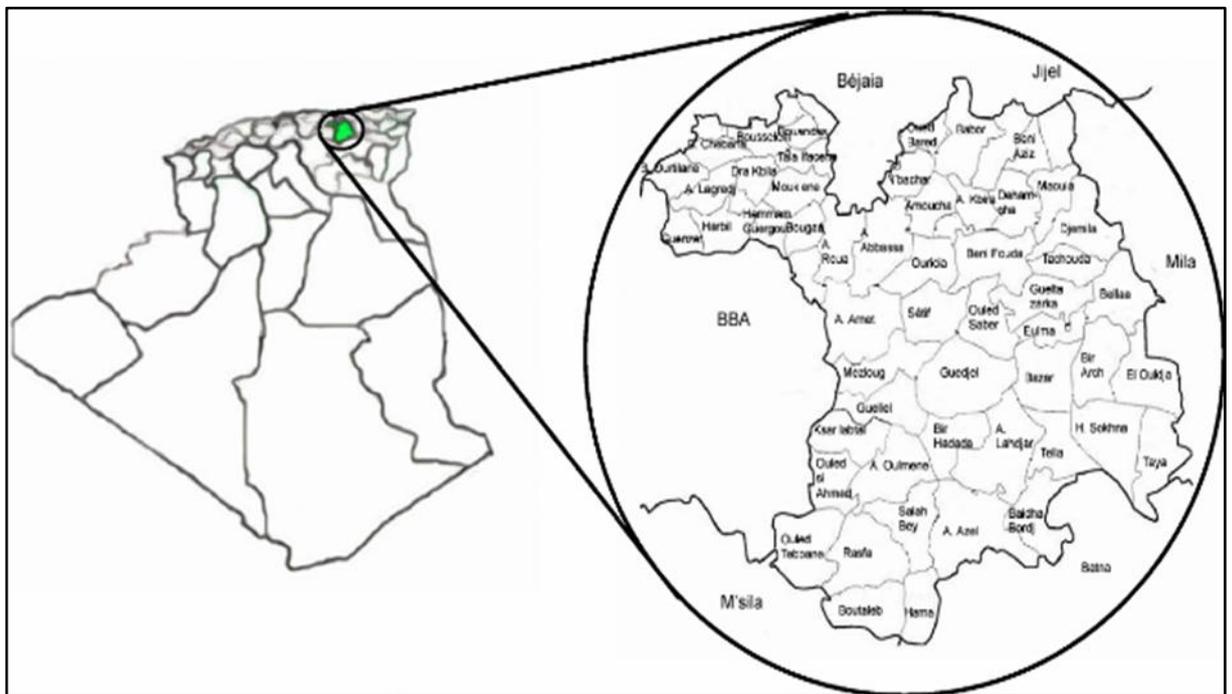
Nous pouvons que déplorer cet état de fait, il est cependant indispensable, avec le déficit inquiétant en produits animaux (viandes, lait et dérivés) de replacer les prairies naturelles dans le système de production du pays. Outre leur rôle fourrager, elles contribuent à améliorer la fertilité de nos sols et les protéger contre l'érosion (Abdelgherfi et Hakimi, 1990).

Matériels et Méthodes

I) Présentation de la station d'étude.

I-1. Situation géographique

La wilaya de Sétif se situe dans les hautes plaines de l'Est algérien. Elle occupe une position centrale et constitue un carrefour entouré de 6 wilayas. Au Nord, elle est limitée par les wilayas de Bejaia et de Jijel, à l'Est par la wilaya de Mila, au Sud par les wilayas de Batna et M'sila et à l'Ouest par la wilaya de Bordj Bou-Arredj (Carte 2). Elle est composée de 60 communes réparties en 20 daïras. Son altitude est comprise entre 900 et 2000 m (Chacha, 2011). La wilaya de Sétif est une région à vocation agricole. Elle a été depuis longtemps une région propice à la culture traditionnelle des céréales et à l'élevage ovin. Cette wilaya s'étend sur une superficie de 6504 km², Le relief est relativement accidenté dans sa partie Nord, dominé par les montagnes boisées; il est plutôt plat dans ses parties centrale et celle du Sud où émergent quelques mamelons dénudés. (Bouzerzour et *al.*, 2006)



Carte 02: Localisation de la région de Sétif en Algérie (DSA de Sétif, 2011).

I-2. Caractères Agropédoclimatiques

I-2.1. Le relief

D'une manière générale, la wilaya de Sétif est une région de hautes plaines où trois types de zones existent comme le montre la Carte 3

a) **Zone montagneuse :**

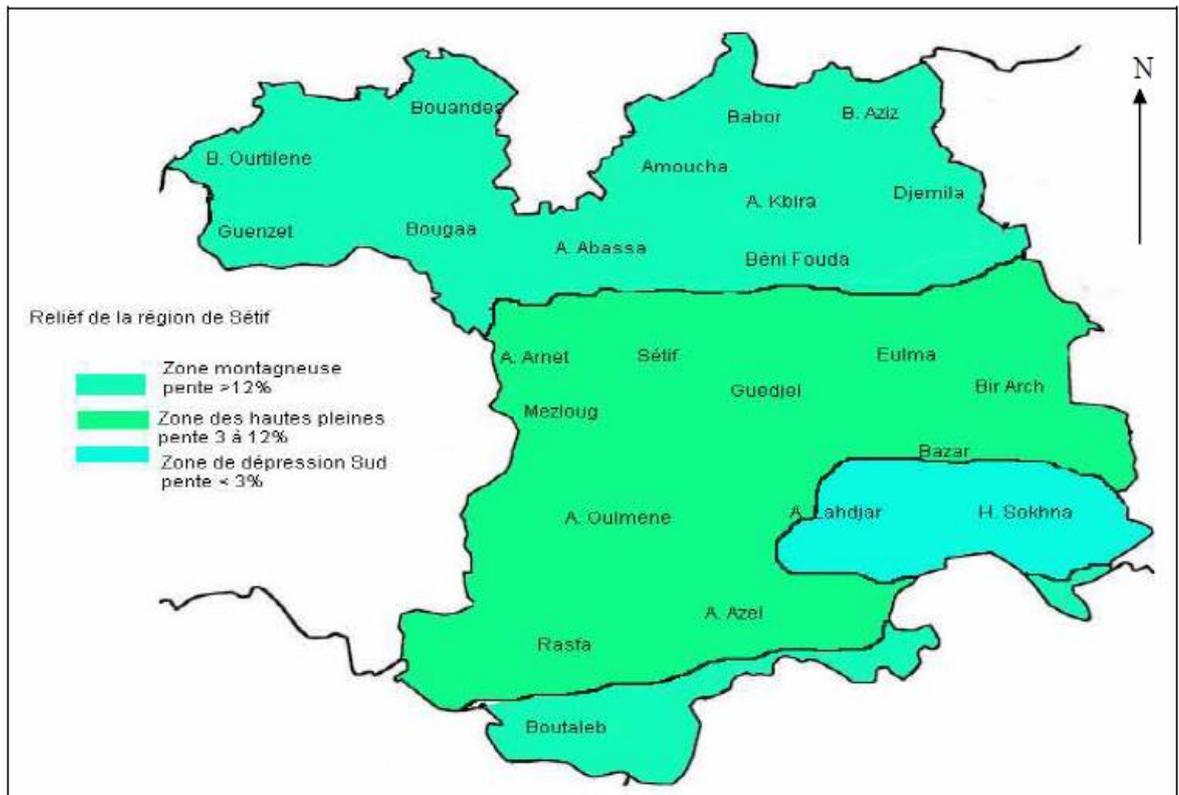
Cette zone occupe plus de 40% de la superficie de la wilaya, elle est constituée de trois masses montagneuses: les montagnes de la région Nord (Babor) s'étend sur une centaine de kilomètres avec une altitude maximale de 2004 m, les montagnes de Bibans dont l'extrémité orientale couvrent le Nord-ouest de la wilaya et les montagnes du Hodna, qui s'étalent sur le Sud et le Sud-Ouest, où l'altitude atteint à Djebel Boutaleb 1890 m.

b) **Zone des hautes plaines:**

C'est une immense étendue, occupant 50% de la superficie totale de la wilaya, relativement plate dont l'altitude varie de 900 à 1200 m.

c) **Zone de dépression Sud et Sud-est :**

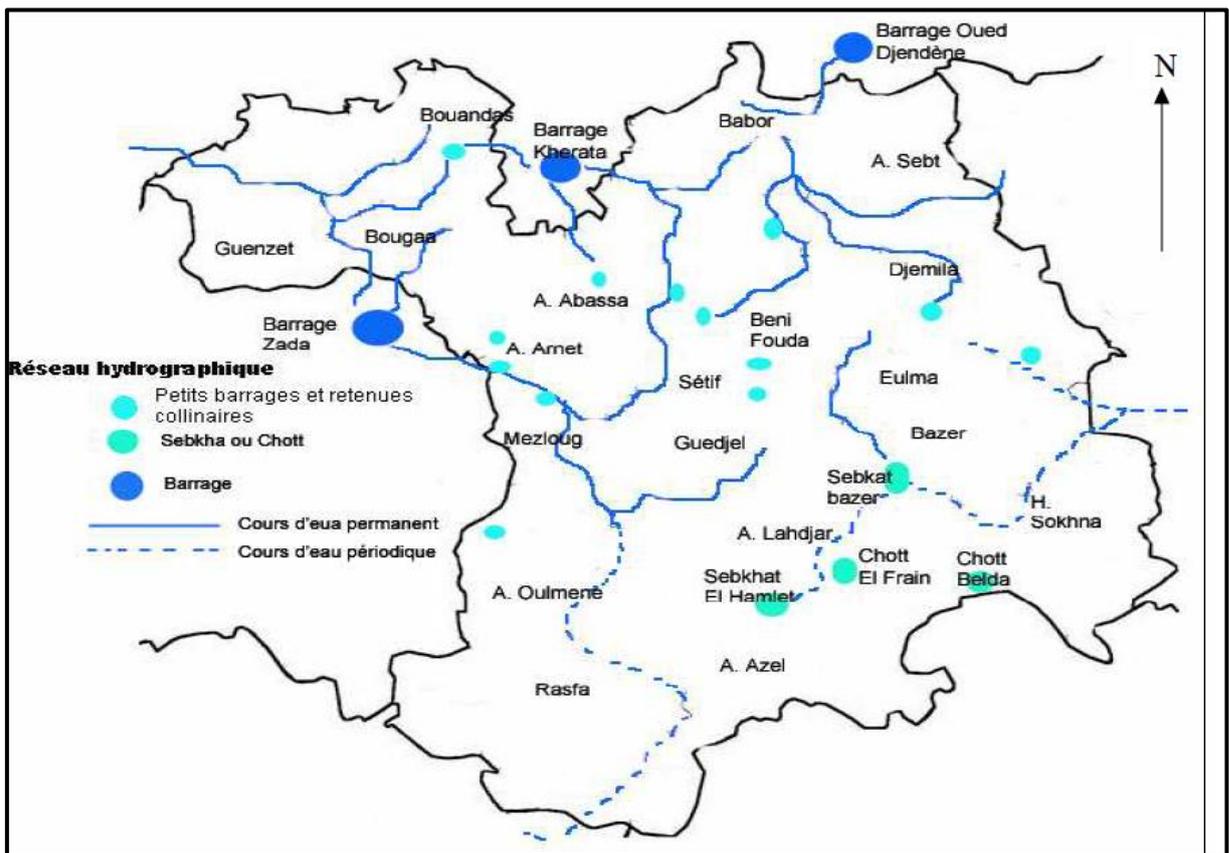
Située dans le Sud et le Sud-est de la wilaya, où l'altitude dépasse rarement les 900 m. Cette zone pratiquement plate couvre une superficie de 10% de l'espace de la wilaya et se caractérise par la présence des 'chotts' ou dépression salées.



Carte 03: Les reliefs de la région de Sétif (DSA, Sétif 2011)

I-2-2- Ressources en eau

Les eaux superficielles de la région de Sétif se résument en un apport du barrage d'Ain Zaa, deux petits barrages et douze retenues collinaires, dont la quantité mobilisée s'élève à plus de 29 millions m³ (Carte 4). Les ressources sont alimentées par un réseau d'oueds dont les principaux sont: Oued Boussellam dans la partie Nord et Nord-Ouest, Oued Dehamcha et Oued Menaà dans la partie Nord-est et Oued Ftissa et Ben Dhiab dans la partie Sud de la région. L'agriculture mobilise aussi des ressources souterraines sous forme de puits et de forages dont les quantités dépassent 93 millions de m³.

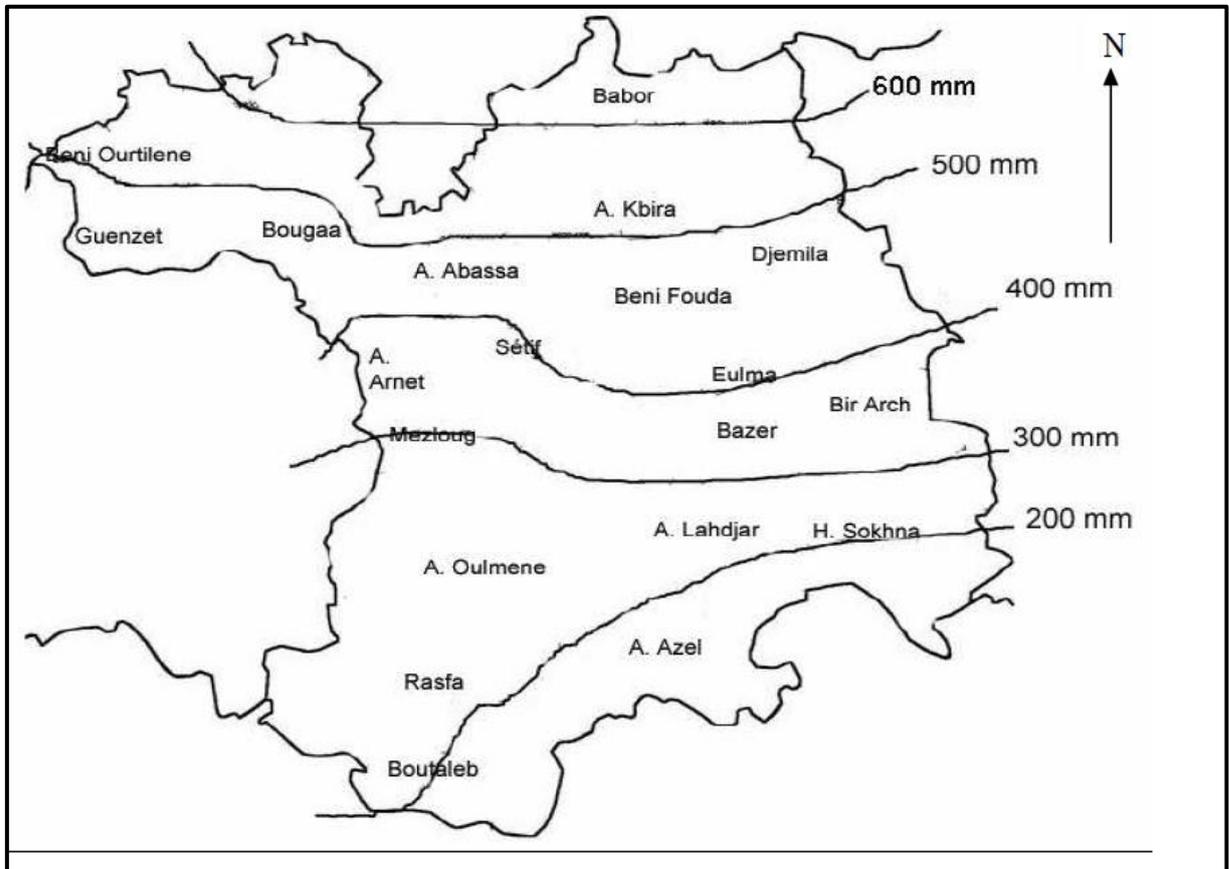


Carte 04 : Le réseau hydrographique de la wilaya de Sétif (Direction de l'Hydraulique Agricole, 2011).

I.3. Le climat

L'orientation du relief est particulièrement lourde de conséquence dans le domaine climatique. Elle provoque le blocage des influences maritimes d'autant plus que Sétif se trouve à moins de 100 km à vol d'oiseau de la mer Méditerranée. Ainsi la wilaya de Sétif est soumise à l'influence du climat méditerranéen ; elle se caractérise par un climat continental semi-aride frais, avec des étés chauds et secs et des hivers rigoureux.

Les pluies sont insuffisantes et irrégulières à la fois dans le temps et dans l'espace. Les monts de Babor sont les plus arrosés avec 700 mm par an. La quantité diminue sensiblement pour atteindre 400 mm en moyenne par an sur les hautes plaines. Par contre, la zone Sud et Sud-est sont les moins arrosées; les précipitations ne dépassant pas les 300 mm. Les températures moyennes varient selon la saison (Carte 5).



Carte 05 : Carte bioclimatique de Sétif (DSA de Sétif, 2011)

D'une manière générale, il s'agit à travers ce chapitre d'apporter quelques précisions à ces données générales par une étude portant sur les mesures les plus récentes des précipitations et des températures afin de pouvoir évaluer les différentes variations reconnues sur le plan temporelle

Afin de caractériser les campagnes agricoles de notre expérimentation (2006-2009), il nous a paru nécessaire de situer les deux paramètres (pluviométrie et températures) par rapport à une moyenne de vingt-six ans (1981-2009)

Les données climatiques de la région avec lesquelles nous avons travaillé proviennent des données de la station météorologique de Sétif avec ces critères d'identifications (latitude : $36^{\circ} 11'$ Nord - longitude : $05^{\circ} 15'$ Est - altitude : 1033m).

I-3-1 Les précipitations

Le régime pluviométrique est la répartition de la hauteur des précipitations annuelles entre les diverses périodes, le plus souvent entre les divers mois de l'année. La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale, non seulement pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres. La répartition précipitations est importante aussi bien par son rythme que par sa valeur volumique absolue.

Tableau 11 : Moyennes mensuelles et annuelles des précipitations (1981-2009)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Tot	Moy
P(mm)	40,8	32,5	34,7	40	45,4	22	11,3	13,7	42,1	33,1	35,1	49,2	400,5	33,38

Source : O.N.M de Sétif (2015)

D'après l'analyse des données recueillies auprès de la station météorologique de Sétif (Tableau 11), la région reçoit en moyenne une tranche pluviométrique annuelle de 400,5 mm sur 26 ans et une moyenne mensuelle de 33,38 mm. Durant la période humide le maximum pluviométrique se situe en décembre (49,2 mm), le deuxième en Avril et Mai respectivement (40 mm) et (45,4 mm). L'existence d'une période sèche entre ces deux maximums est sans conséquences sur la végétation.

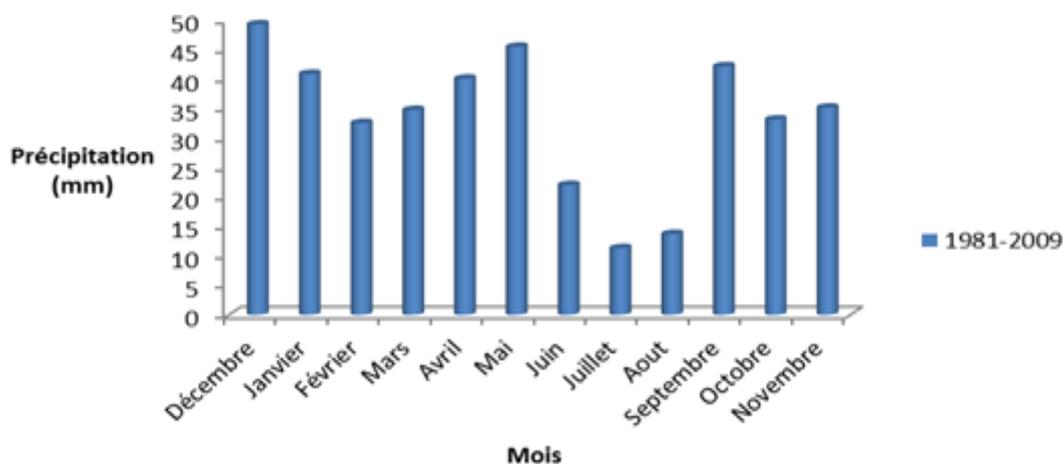


Figure 16 : Variation mensuelles moyenne des précipitations de la période (1981-2009)

La répartition des pluies d'une saison à l'autre est marquée par sa très grande irrégularité comme la Figure 16 l'indique. Le maximum des précipitations est enregistré pendant le mois de décembre est de 49,2 mm, par contre le minimum est enregistré au mois de Juillet avec 11,3 mm. Ainsi près de 58,16 % des précipitations tombent en Hiver et en Automne. Donc la période sèche s'étend du mois de la mi-Mai Septembre, celle humide est comprise entre le mois d'octobre et le mois de Mai

Tableau 12 : Précipitations mensuelles moyennes des années d'expérimentations (2006-2009)

Année	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Total	Moy
2006-2007	10,2	25,0	101,8	88,6	28,2	30,0	7,6	1,0	79,5	25,3	16,50	6,00	419,7	34,9
2007-2008	10,0	19,3	48,9	21,3	75,8	15,2	54,5	19,8	44,6	42,4	42,4	27,00	421,2	35,1
2008-2009	69,3	41,3	27,5	77,5	3,4	6,8	4,7	18,2	78,6	13,1	28,8	33,60	402,8	33,5
Moyenne Mensuelle	29,83	28,53	59,19	62,46	35,80	17,33	22,26	13,00	67,56	26,93	29,23	22,2	414,32	32,28

Source : O.N.M de Sétif (2015)

D'après le Tableau 12, la comparaison des précipitations moyennes annuelles montre qu'entre les années d'étude, nous avons remarqué que l'année 2008-2009 a enregistré une quantité pluviométrique plus faible avec une moyenne de 402,8 mm et une moyenne mensuelle de 33,5 mm par rapport à l'année 2007-2008 qui enregistre un taux élevé de précipitations annuelles de l'ordre de 421,2 mm et une moyenne de 35,1mm.

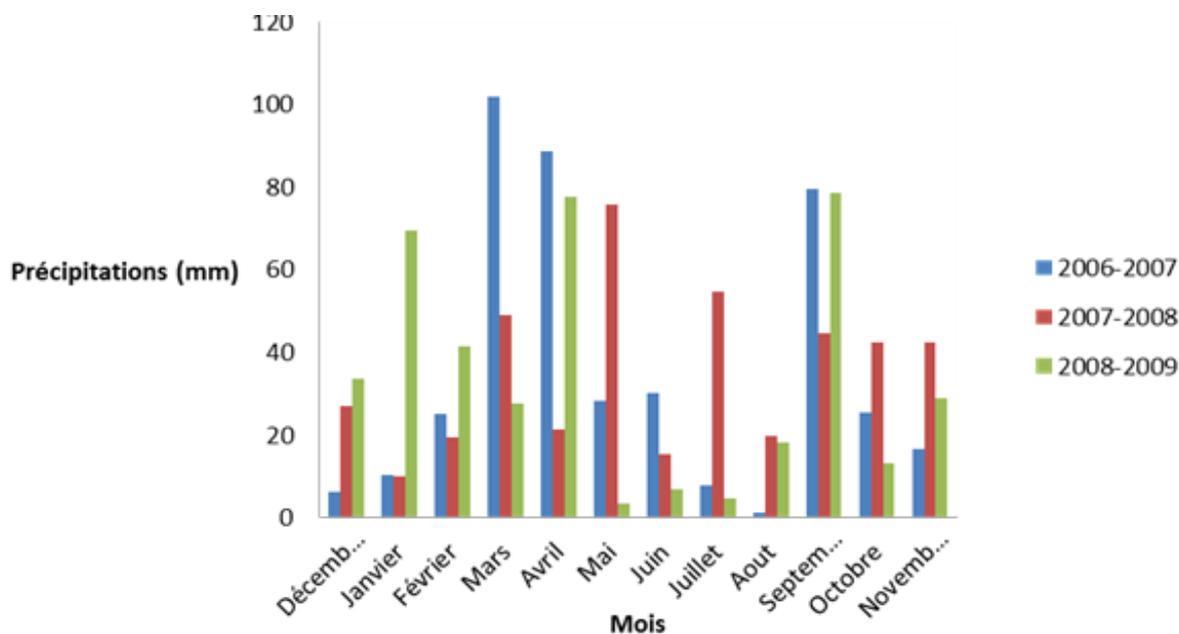


Figure 17 : Variation mensuelles moyennes de la période d'expérimentation (2006-2009)

La Figure 17, montre la pluviométrie mensuelles moyenne de la période (2006-2009), la première remarque qui s'impose c'est la grande variabilité interannuelle des précipitations, où nous avons remarqué que l'année 2006-2007 caractérisée comme une année pluvieuse puisque elle enregistre des précipitations maximales par rapport aux autres années d'expérimentation avec des moyennes de 101,8 mm et 88,6 mm respectivement au mois de Mars et Avril.

Selon les Tableaux 11 et 12, nous pouvons conclure que les années d'expérimentation sont caractérisées par des quantités de pluie, avec une moyenne 414,32 mm supérieures par rapport à celle enregistrée au cours des vingt-six années (1981-2009) avec une moyenne de 400,5 mm.

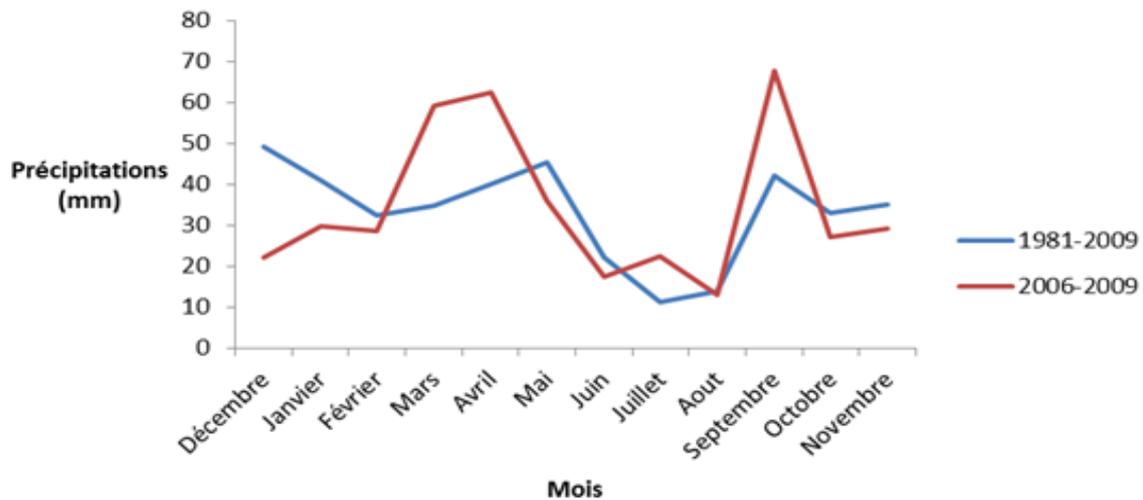


Figure 18 : Variation mensuelles moyennes de la période (1981-2009) et (2006-2009)

D'après la Figure 18, la répartition des pluies d'un mois à l'autre entre la période (1981-2009) et la période d'expérimentation (2006-2009), les deux courbes suivent la même tendance pour les périodes humides (maximum de quantité pluviométrique) qui s'étale du mois d'Octobre -Mai et la période sèche (minimum de quantité pluviométrique) de la mi-Mai – Septembre; mais elles sont marquées par une très grande variation pluviométrique entre les deux périodes. Pour les vingt-six ans (1981-2009), le maximum des précipitations est enregistré pendant le mois de décembre est de 49,2 mm supérieur par rapport aux années d'expérimentation qui enregistre une moyenne de 22,2 mm, par contre au mois de Mars et septembre la période (2006-2009) enregistre des quantités maximales avec respectivement 59,19 mm (2006-2009) vs 34,7 mm pour la période (1981-2009) au mois de Mars et 67,57 mm vs 42,1 mm au mois d'Avril.

I-3-2) Régime saisonnier pluviométrique

La répartition saisonnière des pluies pour la période (1981-2009) montre que le premier maximum avec 122,57 mm se situe en hiver, le second se localise au printemps avec 120,14 mm, quant au minimum il s'observe en été avec 47,38 mm, pour cela le régime pour la période (1981-2009) est du type HPAE. Par contre pour le régime de la période d'expérimentation est de PHEA. (Tableau 13 et Figure 19).

Tableau 13 : Régime saisonnier comparatif des précipitations de la période (1981-2009) et période d'expérimentation (2006-2009)

Saison	Mois	P(mm)		Précipitations Saisonnières (mm)		Précipitations Saisonnières en (%)		Régime saisonnier
		1981-2009	2006-2009	1981-2007	2006-2009	1981-2007	2006-2009	
Hiver	Décembre	49,27	22,22	122,57	80,58	30,60	19,43	H
	Janvier	40,82	29,83					
	Février	32,48	28,53					
Printemps	Mars	34,71	59,4	120,14	157,66	29,99	38,02	P
	Avril	39,95	62,46					
	Mai	45,48	35,8					
Eté	Juin	22,3	17,33	47,38	52,59	11,83	12,68	E
	juillet	11,29	22,26					
	Aout	13,79	13,00					
Automne	septembre	42,1	67,56	110,38	123,72	27,56	6,64	A
	Octobre	33,17	26,93					
	Novembre	35,11	29,23					
		400,47	414,55	400,47	414,55			

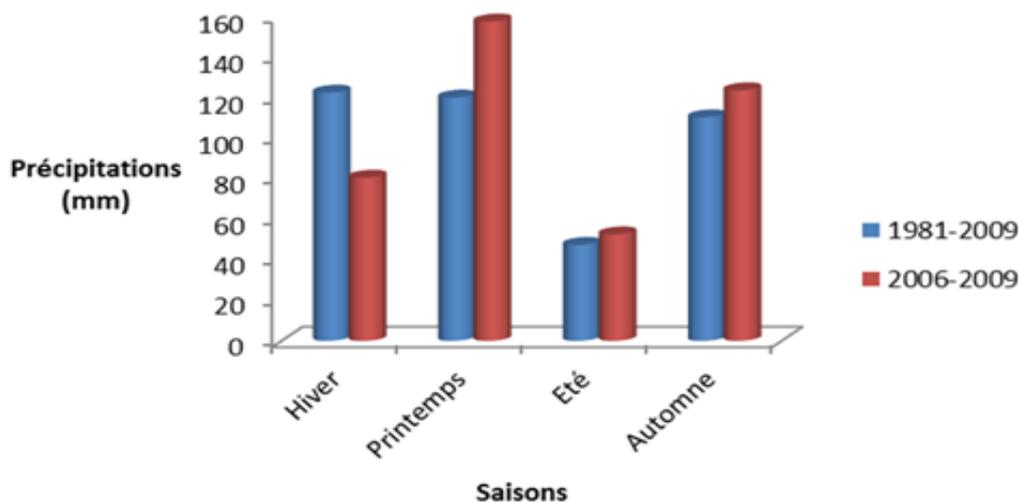


Figure 19 : Régime saisonniers des précipitations des deux périodes (1981-2009) et (2006-2009)

I-3-3 - Les températures

Comme le facteur pluviométrie, les températures exercent une influence importante sur la répartition des espèces et sur leur croissance. Les espèces sont sensibles aux températures minimales de la saison froide et aux températures maximales de la saison chaude et donc à l'amplitude des variations thermiques.

Tableau 14 : Températures mensuelles moyennes de la période (1981-2009)

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
T°c Moy	5,1	6,2	8,9	11,3	16,8	22,4	26,1	25,6	20,6	15,9	9,8	6,1	14,6
T° c max	9,5	11,1	14,9	17,4	23,1	29,4	33,3	32,7	27,1	24,4	14,5	10,3	20,34
T° min	1,5	2,8	4,4	6,8	11,1	16,1	19,5	19,5	11,4	11,4	6,1	2,7	9,73

Légende :

T°C moy. : Température moyenne

T°C max. : Température maximale moyenne mensuelle

T°C min: Température minimale moyenne mensuelle

Source : O.N.M de Sétif (2015)

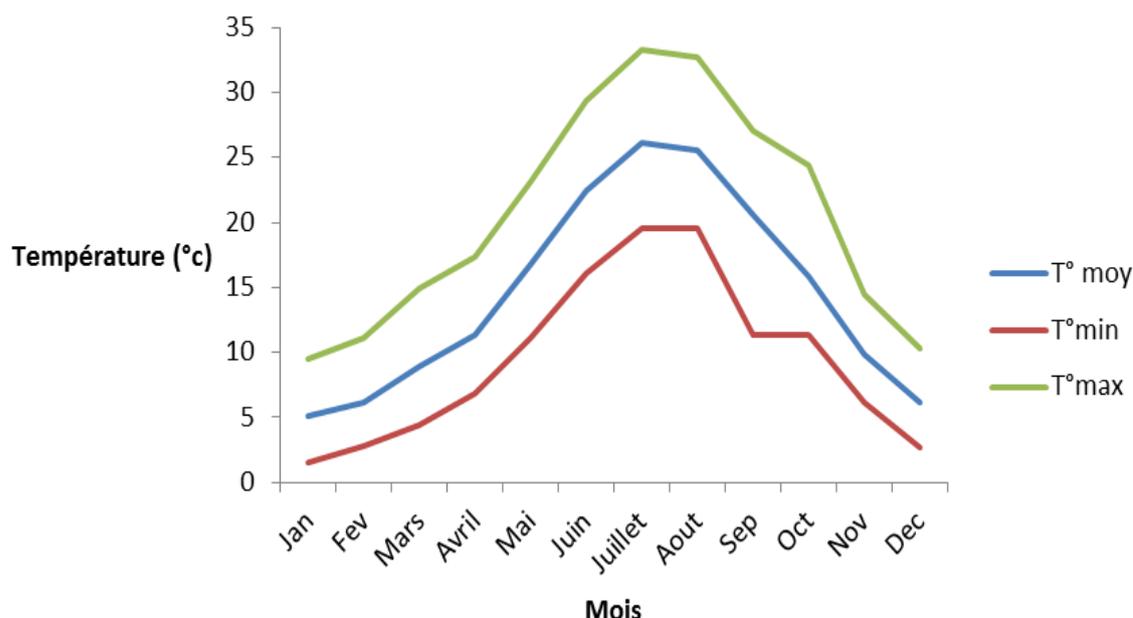


Figure 20 : Evolution de la température moyenne mensuelle (1981-2009).

Nous remarquons que pour l'ensemble des données (Tableau 14 et Figure 20), le mois de janvier est le mois le plus froid avec une moyenne de 5.1°C pour la période (1981-2009), alors que la moyenne des températures la plus élevée est celle du mois de juillet avec 26,1°C.

Il ressort aussi que la température moyenne mensuelle inférieure à la température moyenne annuelle est de 6 mois (Novembre- Avril). Ceci divise l'année en deux saisons distinctes : une saison froide et une saison chaude (caractéristiques du climat méditerranéen) :

- Une saison froide (6 mois) s'étalant de Novembre jusqu'à Avril.
- Une saison chaude (6 mois) qui s'étale du mois de Mai au mois d'Octobre.

Tableau 15 : Températures mensuelles moyennes de la période d'expérimentation (2006-2009)

Année	T° C	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
2006-2007	T°c Moy	8,3	8,1	8,05	12,4	16,8	24,1	26,7	26,8	18,9	16,1	9,2	7,2	15,2
	T°c Max	13,5	12,5	12,4	16,4	22,5	30,8	33,7	33,3	22,4	20,5	13,7	12,4	20,3
	T°cMin	3,2	3,8	3,7	8,4	11,1	17,4	19,7	20,2	15,4	11,7	4,7	2,0	10,1
2007-2008	T°c Moy	7,2	8,2	9,0	13,4	17,8	21,8	27,4	26,9	21,6	15,6	15,6	8,7	16,1
	T°c Max	12,3	13,2	14,0	19,2	23,2	28,2	34,7	33,7	26,9	20,0	20,0	12,5	21,4
	T°c Min	2,2	3,2	4,0	7,6	12,4	15,4	20,7	20,2	16,4	11,3	11,3	4,9	10,8
2008-2009	T°c Moy	5,6	5,2	8,9	9,6	18,4	23,6	29	13,1	20	15,6	11,9	7,9	14,0
	T°c Max	8,9	9,4	13,9	14,2	24,7	31,1	36,4	33,2	25	20,9	17,2	11,5	20,5
	T°c Min	2,3	1,1	4,0	5,0	12,2	16,2	21,6	19,8	15,0	10,4	6,70	4,3	9,33

Source : O.N.M de Sétif (2015)

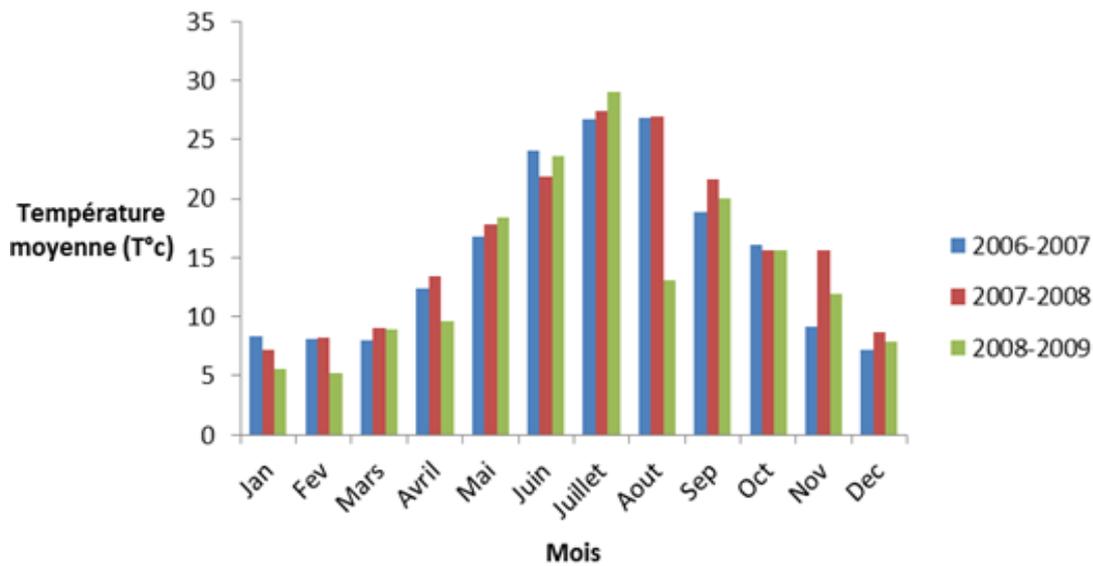


Figure 21 : Evolution de la température moyenne mensuelle de la période d'expérimentation (2006-2009).

Le Tableau 15 et la Figure 21, montrent qu'au cours des années d'expérimentation (2006-2009), la température moyenne la plus faible est enregistrée à l'année 2008-2009 avec une moyenne de 5,6°C au mois de janvier mois le plus froid.. Alors que l'année 2006-2007 enregistre une valeur maximale de 24,1°C par rapport aux autres années au mois de juillet mois le plus chaud. D'une manière générale, la température moyenne mensuelle inférieure à la température moyenne annuelle est de 6 mois (Novembre- Avril) pour les trois années d'expérimentation ce qui caractérise les saisons froides (Novembre –Avril) et les saisons chaudes (Mai –octobre).

I-3-3-1 Les températures maximales moyennes mensuelles.

Avec une moyenne annuelle de 20,34°C, les températures maximales sont, en général, plus élevées en saison sèche qu'en saison humide. Les mois enregistrant les températures maximales les plus élevées sont les mois de Juin (29,4°C), Juillet (33,3°C) et Août (32,7°C) pour la période (1981-2009). La même remarque pour les années d'expérimentation (2006-2009), les mois chauds (juin, juillet et aout) avec des moyennes maximales de 31,10° C pour le mois de juin et de 36,4°C enregistrée au mois de juillet pour l'année 2008-2009 et de 33,7 ° au cours de l'année 2007-2008 (Figure 22).

I-3-3-1- Les températures minimales moyennes mensuelles.

Leur distribution saisonnière est similaire à celle des maxima moyens mensuels pour les deux périodes (1981-2009) et les années d'expérimentation 2006-2009

* Les minima les plus faibles sont atteints en Décembre, Janvier et Février respectivement à 2,7°C, 1,5°C et 2,2°C pour la période (1981-2009), alors que pour les années d'expérimentation (2006-2009) les températures minimales diffèrent d'une année à une autre ; les températures minimales mensuelles les plus faibles entre années sont enregistrées au mois de décembre avec une moyenne de 2°C pour l'année 2006-2007 et de 1,1°C au mois de février pour l'année 2008-2009.

* Les plus hautes valeurs s'observent par contre en juin, juillet, et août avec des températures respectives de 16,1°C, 19,5°C et 19,5°C période (1981-2009). Alors que pour la période d'expérimentation varie d'une année à une autre, les valeurs les plus élevées des températures minimales mensuelles aux mois de juin, juillet et Aout sont de 17,4° C au mois de juin pour l'année 2006-2007 et 21,6° C au mois de juillet pour l'année 2008-2009 et de 20,2 °C pour le mois d'Août des deux années 2006-2007 et 2007-2009. (Figure 23).

Les températures maximales et minimales présentent une distribution mensuelle selon un rythme saisonnier très puissant et régulier.

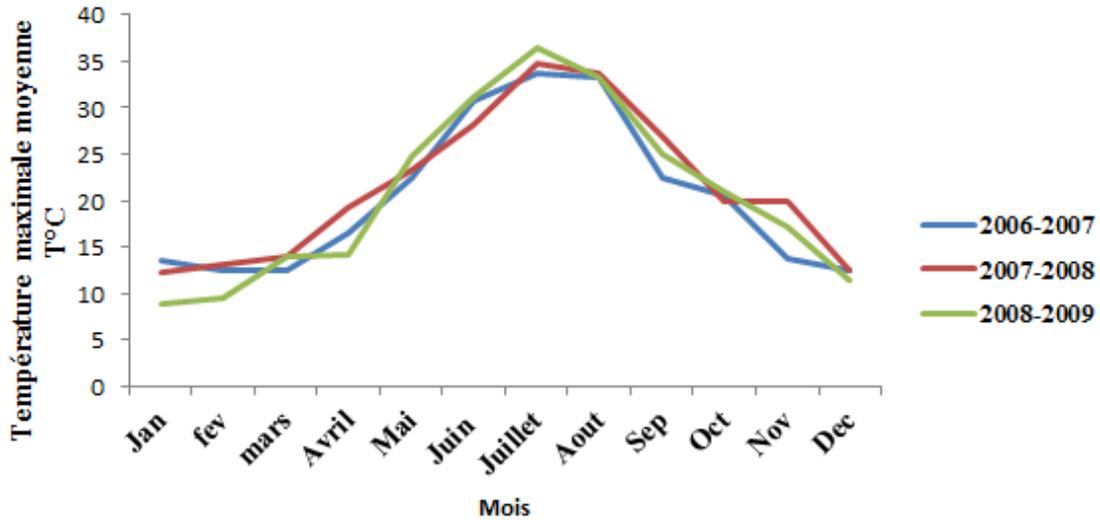


Figure 22 : Les températures maximales moyennes mensuelles de la période d'expérimentation (2006-2009)

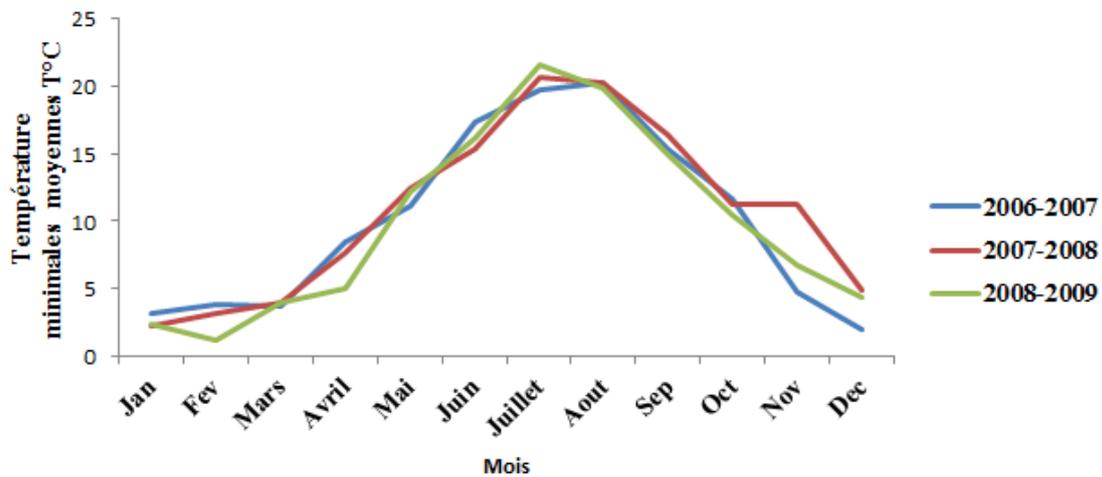


Figure 23 : Les températures minimales moyennes mensuelles de la période d'expérimentation (2006-2009)

I-4- Activités agricoles

Dans la région des hautes plaines de Sétif, l'agriculture s'articule principalement autour de la production céréalière et de l'élevage, tout en combinant d'autres spéculations agricoles. La diversité des systèmes de production est la résultante de la conjugaison des conditions physiques, climatiques et des facteurs structurels des unités agricoles qui induisent des formes d'organisation et des logiques de production diverses (Benniou et Brinis, 2006).

Le Tableau 16 indique, les surfaces occupées par l'agriculture en hectares pour l'année 2015, La surface agricole utile de la wilaya occupe 654 963,95 ha. Alors que la superficie

agricole utile (S.A.U) est 362 157,49 ha, elle représente 55.29% de la superficie globale de la wilaya. La jachère (ou terres au repos) s'étend sur 115 048 ha soit 31,76 % de la SAU totale, Les prairies naturelles occupent 1957 ha, l'arboriculture 27 487,49 ha, les parcours 57399,63ha et les terres improductives 94 884,62 ha (DSA, 2015).

Cette agriculture repose essentiellement sur la céréaliculture localisée particulièrement dans les hautes plaines, mais on retrouve aussi les cultures maraîchères et fourragères. Par contre, l'olivier et le figuier constituent la richesse de la zone montagneuse.

Tableau 16 : La répartition des terres dans la wilaya de Sétif.

			Hectares (ha)
Surfaces Agricoles Utile (S.A.U)	Terres labourables (ha)	Cultures herbacées	217 640
		Jachères	115 048
	Cultures permanentes	Prairies Naturelles	1 957
		Vignobles	25
		Plantation d'arbres fruitiers	27 487,49
	Total (S.A.U)		
Dont SAU irriguée			261 47,71
Pacage et parcours			573 99,63
Terres improductives des exploitations			41 084,38
Total des terres utilisées par l'agriculture			459 847,33
Superficie forestière			100 232,00
Terres improductives non affectées à l'agriculture(SAT)			94 884,62
Superficie totale de la wilaya			654 963,95

Source : DSA de Sétif (2015)

I-4-1- La production végétale

La céréaliculture constitue la principale activité au niveau de la wilaya de Sétif. Elle couvre une superficie estimée à plus de 174,836 hectares, soit 48 % des terres cultivées, le blé dur est la principale céréale cultivée dans les hautes plaines Sétifiennes soit 29,39 % en orge, 12,22% en blé tendre et 3,32 % en avoine, La culture des céréales concerne près de 40000 exploitations agricoles (DSA, 2015). La répartition des superficies selon la production végétale.

Tableau 17 : Production végétale (superficies, production et rendement) de la Wilaya de Sétif.

Spéculation	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
Céréales Total	174836	1.893.400	11,28
Dont :			
Blé dur	96256	1.021.889	11,06
Blé tendre	21375	315.516	12,07
Orge	51390	498.326	11,25
Avoine	5815	57.669	11,33
Fourrages	24.548	700.175	28,52
Cultures maraîchères	7.838	1.051.952	134,21
Arboriculture (Agrumes)	21.530	163.955	7,61
Oliviers	12.585	51.367	4
Cultures industrielles	768	16.450	21,42

Source : DSA de Sétif (2015)

I-4-2- La production animale

L'élevage ovin occupe la première place avec 484640 têtes (Tableau 18), il est suivi par l'élevage bovin dont l'effectif est évalué à 120232 têtes, dont 42833 vaches laitières. Alors que l'élevage caprin reste restreint et il est associé généralement aux troupeaux ovins. Les effectifs des petits élevages sont de 6993604 sujets de poulet de chair, et de 1701618 sujets pour le poulet de ponte, 189697 est le nombre des dindes, Enfin, pour l'apiculture, on enregistre la présence de 32944 ruches

Tableau 18 : Effectif animal de la Wilaya de Sétif

Espèces	Effectifs (total)
Ovins	484 640
Bovins	120 232
Dont vaches laitières	42 833
Caprins	66 220
Poulet de chair	699 360
Poulet de ponte	170 161
Dindes	189 697
Ruches	32 944

Source : DSA de Sétif (2015)

II - Protocole et Méthodologie de travail :

L'objectif de cette étude consiste à caractériser les traits agronomiques (biomasse et productivité), ainsi que les traits morpho-physiologiques (vitesse de croissance et taux de chlorophylles) et biochimiques (Proline et sucres) d'un ensemble de cultivars fourragers et

pastoraux, annuels et pérennes, sélectionnés dans certains pays méditerranéens d'Europe. Ce dernier a été utilisé pour constituer le mélange d'expérimentation en vue d'une réponse adaptative sous conditions semi-aride.

La démarche méthodologique (Figure 24) adoptée pour réaliser cette étude se décline en trois principales étapes :

- La première étape consiste en une expérimentation réalisée en conditions naturelles (plein champ) à la ferme « khabba abdelwaheb » qui consiste à prendre une prairie préexistante où sa dégradation a été déjà évaluée lors d'une étude préliminaire des systèmes fourragers intégrant les prairies (Tedjari, 2005). Cette étape consiste en la régénération de cette ressource fourragère avec le semis d'un certain mélange de cultivars de graminées et légumineuses. Sur chacune des deux parcelles, 4 cages de 4 m² de surface, ont été mises en défens et fauchées chaque année en avril. Un troupeau de 400 brebis a pâturé les deux prairies 5 heures par jour pendant 10 jours. Des prélèvements (1m²/cage) avant et après pâturage (hors cages) ainsi que les stades fauche (dans les cages), nous ont permis d'estimer la biomasse et le taux de matière sèche (par séchage de 200 g prélevés au hasard dans la biomasse fraîche). La répartition en familles botaniques (poids frais et sec des graminées, légumineuses) a été faite sur des échantillons de 300 g prélevés.
- La deuxième étape consiste en un essai en conditions semi contrôlés à la pépinière de Sétif « EMIVAR » (Entreprise de Mise en Valeur et d'Aménagement Rural) Ain Arnet (Anaser). Et des analyses à l'ITMA (Institut Technologique Moyen Agricole) afin d'évaluer les traits morfo-physiologiques (hauteur de la plante et chlorophylle) et biochimiques (proline et sucres) des différents cultivars semées ainsi que leurs adaptation au climat semi-aride de la région de Sétif.
- La troisième étape consiste en une analyse des résultats obtenus des deux expérimentations et le traitement statistique des donnés.

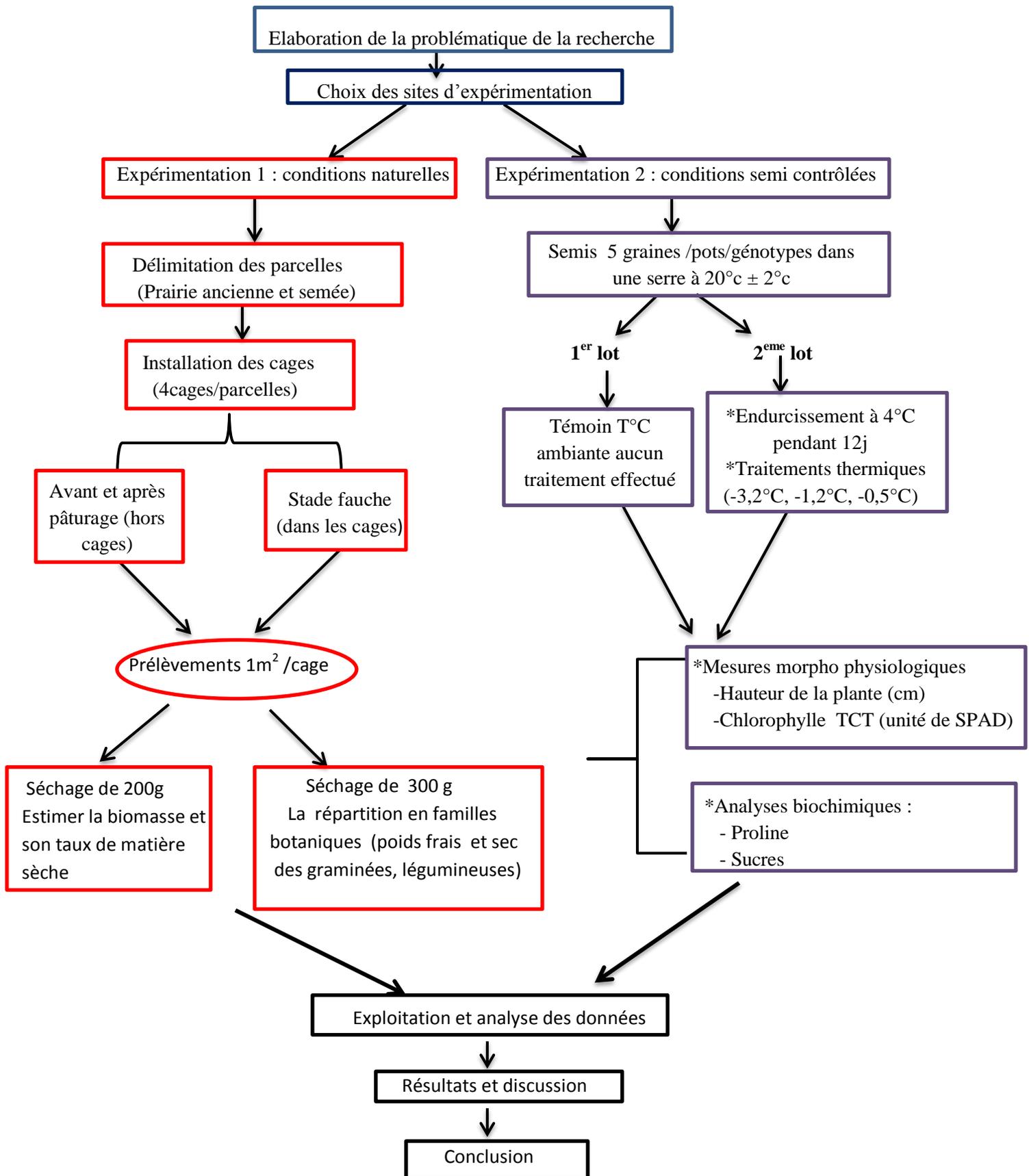


Figure 24 : Démarche méthodologique

III- Matériels

III-1-Expérimentation 1 : conditions naturelles (étude de la productivité des prairies naturelles et régénérée)

III-1-1) Présentation de la ferme « khababa Abdelwaheb »

III-1-1-1) Localisation

Notre étude a été réalisée dans la ferme « khababa Abdelwahab » qui se situe au sud à la wilaya de Sétif à une Altitude de 940m, daïra d'Ain Arnet , Elle se localise dans le village nommé El Harmlia, commune de mezloug (sud- ouest de la wilaya) sur l'axe Sétif-Hammam Ouled Yélès, à environ 7km de distance. Elle s'étend sur une superficie totale de 953ha, et une S.A.U de 927 ha.

La ferme « khababa abdelwaheb » a un statut de ferme pilote ayant une vocation de :

*Production céréalière, Elevage bovin laitier

* Maraichage

*Elevage et caprin

III-1-1-2) Répartition des terres

Le Tableau 19 et la Figure 25 peuvent nous renseigner la surface totale en SAT ainsi que la répartition des terres cultivées en pourcentage de la SAU.

Tableau 19 : Répartition des terres

	Superficie (ha)	Pourcentage(%)
S.A.T (ha)	953	100
S.A.U (ha)	927	97*
Céréales	417	45**
Fourrage	139	15
Prairie	74	8
Jachère	287	31
Autres	9	1

*% de la SAT, ** % de la SAU

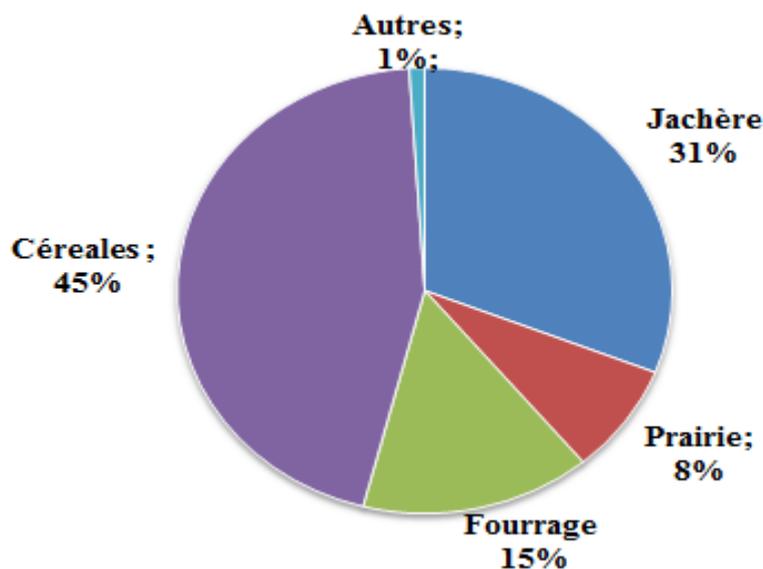


Figure 25 : Répartition des terres cultivées

III-1-1-3) Les cultures

Les cultures céréalières occupent une grande superficie de la surface agricole utile (Tableau 20). Ils occupent la première place, blé dur (410 ha), le blé tendre (40 ha) et l'avoine (30 ha).

Tableau 20 : Répartition de la production végétale dans la ferme « khababa »

Spéculation	Superficie
Blé dur	410
Blé tendre	40
Avoine fourragère	20
Orge en vert	32
Luzerne	02
Avoine	30
Jachère	223
Prairie naturelle	74
total	817

III-1-1-4 Fourrages et productions végétales

Le Tableau 21 rapporte les productions fourragères enregistrées dans la ferme « khabbaba », il ressort que les fourrages sont caractérisés par une production d'avoine fourragère (20 ha), orge en vert (32 ha), la luzerne et de foin de prairie naturelle avec 60 ha et

jachère occupant une superficie plus importante avec 223 ha vu l'importance du système céréalier.

Tableau 21 : Les productions fourragères de la ferme « khababa »

Aliment	Superficie (ha)
Avoine fourragère	20
Orge en vert	32
Luzerne	02
Prairie naturelle	60
Jachère	223

Il ressort que les fourrages sont caractérisés par une production de fourrages cultivés, de la paille des céréales et de foin de prairie

III-1-1-5) Elevage et Production animale

La production animale se caractérise par une diversité des élevages. La ferme pilote consacre plus d'importance aux élevages ovins et bovins que les autres qui existent aussi tel que l'élevage cunicole et l'apiculture. L'élevage ovin occupe la première place avec 817 têtes dont 320 brebis, suivi par l'élevage bovin dont l'effectif est évalué à 71 têtes.

III-1-1-6) Type de sol :

Selon Mekarni et oukrid, (2015) la ferme khababa jouit d'un type de sol plus au moins calcaire avec 26% de CaCO_3 , à pH alcalin égal à 7,84, une quantité de rétention d'eau de 184,085 us/m et à une teneur en matière organique (2,64%)

III-1-2) Délimitations des parcelles expérimentales

III-1-2-1) Choix des sites

Le travail de recherche que nous présentons a été réalisé sur deux sites situés sur une surface prairiale préexistante. Deux parcelles sont concernées par ce travail ; l'une concerne une prairie dégradée ayant été régénérée après destruction de l'ancienne flore et l'autre constitue un témoin soit une prairie naturelle. Ces deux parcelles de 1 ha chacune ont été installées et clôturées en 2005.

III-1-2-2) La semence :

Le mélange prairial de 30 kg /ha est composé d'un ensemble d'espèces prairiales préparé par la firme portugaise FERTIPRADO[®] engagé comme partenaire pour un projet

africain par l'UE (PERMED, 2005-2009), dans lequel l'INRAA était partenaire. C'est dans cadre de ce projet que cette thèse a été réalisée le (Tableau 22) (annexe 1).

Tableau 22 : Le mélange de semence

Familles	Nom du cultivar	Type	Poids (kg/ha)	%
Poacées	<i>Lolium perenne</i> cvs « victoca » « victorian»	Pérenne	2	6,67
	<i>Phalaris multiflorum</i> cv « Polanum »	Pérenne	1	6,67
	<i>Phalaris aquatica</i> cvs «atlas »« landmaster »	Pérenne	2	6,67
	<i>Dactylis glomerata</i> cv «curie »	Pérenne	1	6,67
	<i>Festuca arundinacea</i> cv « demeter »	Pérenne	2	6,67
Fabacées	<i>Trifolium michelianum</i> cvs « frontier » « paradana »	Pérenne	3	10,00
	<i>Trifolium fragiferum</i> cv « palestine »	Pérenne	2	6,67
	<i>Trifolium pratens</i> cv « atlas wade »	Pérenne	2	6,67
	<i>Medicago sativa</i> cv « genesis »	Pérenne	2	6,67
	<i>Onobrychis vicifolia</i> cv « sanfeno »	Pérenne	2	6,67
	<i>Trifolium resupina</i> cv « nitroplus»	Annuelle	4	13,33
	<i>Trifolium resupinatum</i> cv « proli»			
	<i>Medicago polymorpha</i> cv « Santiago» «scimitar»	Annuelle	3	10,00
	<i>Medicago truncatula</i> cvs « parabinaga » « jester»	Annuelle	2	6,67
	<i>Vicia vilosa</i> cv « amoreiras»	Annuelle	1	6,67
	<i>Lotus subbiflorus</i> cv « meditereana»	Annuelle	1	3,33
Total			30	100

III-1-2-3) Le labour :

En 2005, un labour superficiel a été effectué par un cover crop. 5 passages ont été réalisés pour préparer le lit de semence. Cette méthode ne bouleverse pas la structure du sol.

III-1-2-4) Le semis

Le semis a été réalisé avec un semoir de céréale auquel la gouttière de semis a été préalablement retirée pour assurer une profondeur de semis inférieure à 1 cm et une pulvérisation (à la volée) de la semence.

III-1-2-5) Le roulage :

Un passage de rouleau lisse a été réalisé pour renforcer le contact du sol avec les semences

III-1-2-6) La fertilisation :

200 kg/ ha de super phosphate ($0,46 P_2O_5$) par ha ont été appliqué. Cela correspond à 92 kg P_2O_5 / ha. Cette dose est préconisée par la firme semencière (Fertiprado®)

II-1-2-7) Irrigation :

Elle se fait par les eaux superficielles de l'Oued Boussellam et elle est conduite par submersion naturelle. Cette méthode traditionnelle comportant plusieurs inconvénients dans la majeure partie de la région de Sétif (Tedjari, 2005)

III-1-2-8- Mesure de la biomasse naturelle

III-1-2-8-1- la biomasse naturelle hors pâturage

Des relevés phytosociologies ont été effectués selon la méthode de BRAUN-BLANQUET (1951) sur les deux parcelles prairiale, de la région d'étude. Ces relevés ont permis de déterminer les contributions des familles botaniques ainsi que les recouvrements moyens (dominance) et les fréquences relatives (abondance) des différentes espèces semées.

III-1-2-8-2 Les cages

8 carrées avec un grillage de 1m 20 de hauteur et une surface de 4 m² avec des piquets ont été placés dans les deux prairies (naturelle et régénérée) où seront réalisés les cages – abris. (Figure 26),



Figure 26 : schéma d'une cage-abris

III-1-3) Méthodes

III-1-3-1 Calendrier des interventions

Le Tableau 23 résume les travaux réalisés

Tableau 23 : les travaux expérimentaux

Opération	Stade phénologique	Endroit	Date
Fauche avant pâturage	Végétatif	(hors cages)	Mois de mars de chaque compagne
Pâturage	Végétatif	(hors cage)	Mi-Avril pour chaque compagne
Fauche après pâturage	Floraison	(hors cage)	Fin Avril pour chaque compagne
Fauche	Floraison	Dans les cages	Mois de Mai pour chaque compagne

III-1-3-2- Méthode d'échantillonnage

Sur chacune des deux parcelles des prairies (naturelles et régénérée) 4 cages avec une superficie de 4 m² chacune ont été placés, elles ont été mises en défens et fauchées au stade de floraison des légumineuses pendant les mois d'Avril et mai durant les années d'étude (avec un ou deux prélèvement de 1m² par cage). Par ailleurs, 8 autres échantillons de 1 m², localisés aléatoirement hors des cages dans la zone pâturée, ont été fauchés avant et après le pâturage, au mois de mars, au cours du stade végétatif. Huit relevés pour chaque prairie ont été réalisés selon la méthode du carré fixe qui consiste à utiliser un carré de 1 m de côté et le lancer dans des directions aléatoires et différentes en tenant compte de l'hétérogénéité des groupements végétaux. Nous avons noté pour chaque relevé : la date, le lieu et le stade de développement.

III-1-3-3-Le pâturage

Un troupeau ovin a été lâché sur les deux prairies pour évaluer la productivité pastorale 400 têtes ont ainsi pâturé simultanément sur les deux prairies par l'ouverture de la clôture de séparation. La durée du pâturage était de 5 heures par jour pendant 10 jours à partir du mois d'avril de chaque année, pour obtenir un couvert végétal de 4 cm environ. Le pâturage débute quand la hauteur de l'herbe dépasse 15 cm.

III-1-3-4- La fauche

A l'intérieur des deux parcelles expérimentales, la fauche a été réalisé à 4 cm du sol des échantillons, nous avons utilisé deux type de faucheuses faucilles manuelles à l'intérieur des cages et d'une faucheuse expérimentale de 1 m de barre de coupe (hors cages).

III-1-3-5- Tri et préparation des échantillons

Une fois prélevés, les échantillons sont mis dans des sachets en plastique et systématiquement pesés dans les 2-3 heures qui suivent, ensuite ces derniers sont immédiatement transportés au laboratoire.

Pour chaque relevée, deux échantillons sont prélevés à partir du même sachet recueilli, le premier est de 200g afin d'estimer le poids frais et sec. Les échantillons prélevés sont mis dans des sachets en papier et ont subies une dessiccation pendant 48 h dans une étuve à 75°C jusqu'à un poids constant. La teneur en matière sèche est exprimée en (%) du poids de l'échantillon brut.

Un deuxième échantillon est de 300g sert à identifier la composition floristique des échantillons. Les espèces rencontrées au niveau des échantillons ont été directement identifiées soit suivant la nomenclature de la nouvelle flore d'Algérie QUEZEL et SANTA 1962-1963 soit par l'utilisation des photographies, soit par comparaison aux plantes obtenues à partir du semis de chaque semence dans des pots. Les espèces ont été réparties en trois familles : Graminées, Légumineuses et espèces non semées.

III-1-3-6- Analyses des données

Les résultats obtenus ont subi un test « t de student » de comparaison de moyennes deux à deux. Ce type de T-test suppose que les deux données proviennent de distributions aux variances différentes. Les logiciels appliqués sont Excel 2003[®] et SPSS, 2005[®].

III-2 Expérimentation 2 : milieu contrôlé : Détermination et évaluation des traits morpho-physiologiques et biochimiques des différents cultivars semés

Cette expérimentation a eu lieu au niveau de la pépinière de l'EMIVAR à la Daïra Ain Arnet. L'expérimentation: a été réalisée dans des pots, portant sur l'ensemble du mélange

semé composé des différentes espèces prairiales (même géotypes que la première expérimentation) dans des conditions expérimentales semi contrôlées (sous serre).

III-2-1-Préparation des pots et le semis

Les graines de chaque espèce ont été nettoyées et passées dans un tamis pour ne garder que celles qui sont uniformes et de taille acceptable. Les graines de chaque géotype ont été placées dans des boîtes de Pétri à raison de quelques graines par boîte, entre les feuilles de papier Wattman imbibées d'eau pour la germination.

Les boîtes de Pétri ont été placées dans un germoir, la température est fixée à 25°C. Le dixième jour, les boîtes de Pétri sont retirées du germoir, et les plantules, ayant une racicule longue d'au moins de 1 mm, sont transplantées dans des pots en polyéthylène, dont le diamètre est de 15 cm, avec une densité de cinq graines par pot, un arrosage deux fois par semaines est appliqué. Chaque pot contient un mélange dans les proportions de 1/3 sable et 2/3 de terreau (11,5mg/gde matière organique, 0,94 mg/g d'azote totale, 122,2 mg/g d'azote assimilable, 52,4 mg /kg de phosphore assimilable et 22,4 mg/kg de potassium assimilable). Les pots ainsi préparés sont répartis à raison de 15 pots /géotype. (photo 5)



Photo 05 : les différents pots préparés par géotype

Les plantes sont maintenues dans une serre à une température ambiante (20°C plus ou moins 2°C).

III-2-1-1- Dispositif expérimental

Les plantules atteignant le stade 3 feuilles (stade végétatif de la plante), les pots sont répartis en deux lots. Chaque gerbe a subi un traitement différent jusqu'à la fin de l'essai.

Le premier lot concerne les plantes témoins sont restés à la température ambiante de la serre (20°C) et n'ayant pas subie ni endurcissement ni choc thermique constituent ainsi le lot témoin (T).

Parallèlement le deuxième lot, représente les plantes stressées. Ces dernières ont subi deux traitements complémentaires :

* Le premier traitement concerne un endurcissement pendant 12 jours à 4°C (Bélanger, 2012) avec une photopériode de 12h et de lumière 6000 lux à l'aide d'un incubateur afin de survivre à l'application du stress thermique (photo 6).



Photo 06 : incubateur du stress thermique

* Le deuxième traitement concerne l'imposition de chocs thermiques avec une gamme de basses températures: (-3,2°C : S1), (-1,2°C :S2), (0,5°C : S3) sélectionnés à partir d'une étude bioclimatique fréquentielle des températures minimales et tri horaires allant du mois de janvier jusqu'au mois d'avril correspondant au stade de démarrage de végétation de la période (2004 – 2013) du climat de la région de Sétif réalisée par le logiciel SPSS.V21 que nous détaillerons à la partie résultats. Les plantes endurcies sont transférées à ces

températures pendant une durée de 3h pour chaque traitement. Chaque cultivar a fait l'objet de 12 mesures (H1-H12) à raison de trois mesures par semaine. Les mesures ont été prises du début jusqu'à la fin du stade végétatif. L'application des deux traitements (endurcissement et chocs thermiques) pour l'ensemble des cultivars a été faite à partir de la sixième mesure (H6) pour les deux familles (graminées et légumineuses)

III-2-2-Mesures et analyses étudiées

A la fin de chaque choc, différents type des mesures et analyses ont été prises au niveau des différents cultivars. Chaque cultivar a fait l'objet de trois répétitions pour chaque mesure et pour chaque analyse.

III-2-2-1-Paramètres morphologiques

III-2-2-1-1- Mesure de la hauteur de la plante

Avant et après le stress des mesures de la hauteur de la plante (H) en centimètre (cm) a été effectué à l'aide d'une règle graduée pour l'ensemble des cultivars afin de déterminer l'effet du stress sur la vitesse de croissance des espèces prairiales.

III-2-2-2-Paramètres physiologiques

La chlorophylle totale est mesurée par un SPAD, le lecteur SPAD est un chlorophylle mètre qui fonctionne par transmittance. Il évalue la transmission de la lumière émise d'un Light Emitting Diode (LED) (ou DEL pour diode électroluminescente) au travers de la feuille. Les longueurs d'onde utilisées sont 650 et 940 nm, soit dans le rouge et l'infrarouge (Minolta Co. Ltd 1989).

L'appareil a la forme d'une pince qui tient dans la main. Un côté de la pince émet la lumière alors que l'autre côté soutient un récepteur de 2x3 mm. La lumière transmise au récepteur est convertie en signaux électriques analogiques puis en valeurs numériques.

Il suffit de fermer la pince vide sur elle-même pour étalonner l'instrument. Par la suite, une feuille introduite dans la pince donnera une valeur de transmission régie par sa teneur en chlorophylle. Trois prises de mesure sont effectuées au niveau de la feuille sur trois différentes parties (sommet, milieu, et base). La moyenne des trois valeurs s'affiche sur l'écran à la fin (unité SPAD). Sachant que le temps de chaque mesure est de l'ordre de deux secondes (Nouri, 2002).

III-2-3- Paramètres biochimiques

Les paramètres biochimiques consistent à mesurer les quantités des constituants des organes biologiques en général : Proline, Sucres solubles..etc.

III-2-3-1-Dosage de la proline

La méthode utilisée pour doser la proline est celle de (Troll et Lindsley, 1955) modifiée par (Dreier et Goring, 1974) et ensuite par (Monneveux et Nemmar, 1983). Elle consiste à prendre 100 mg du matériel végétal (1/3) médian de la feuille étendard. Puis à ajouter 2 ml de méthanol à 40% le tout est chauffé à 85°C dans un bain-marie pendant 60 min. Après refroidissement, on prélève 1 ml d'extrait auquel on ajoute :

- 1 ml d'acide acétique (CH_3COOH) ; - 25 mg de ninhydrine ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_4$) et
- 1 ml de mélange contenant : 120 ml d'eau distillée ; 300 ml d'acide acétique et 80 ml d'acide ortho phosphorique (H_3PO_4 , $d=1,7$).

Le mélange est porté à ébullition durant 30 min, la solution vire au rouge, après refroidissement, 5 ml de Toluène sont rajoutés à la solution qui est agitée, deux phases se séparent (une phase supérieure et une phase inférieure) (photo 7). Après avoir éliminé la phase inférieure, la phase supérieure est récupérée et déshydratée par l'ajout d'une spatule de Sulfate de sodium Na_2SO_4 anhydre.

On détermine la densité optique à 528 nm. Les valeurs obtenues sont converties en teneur de proline à partir de la courbe d'étalonnage.

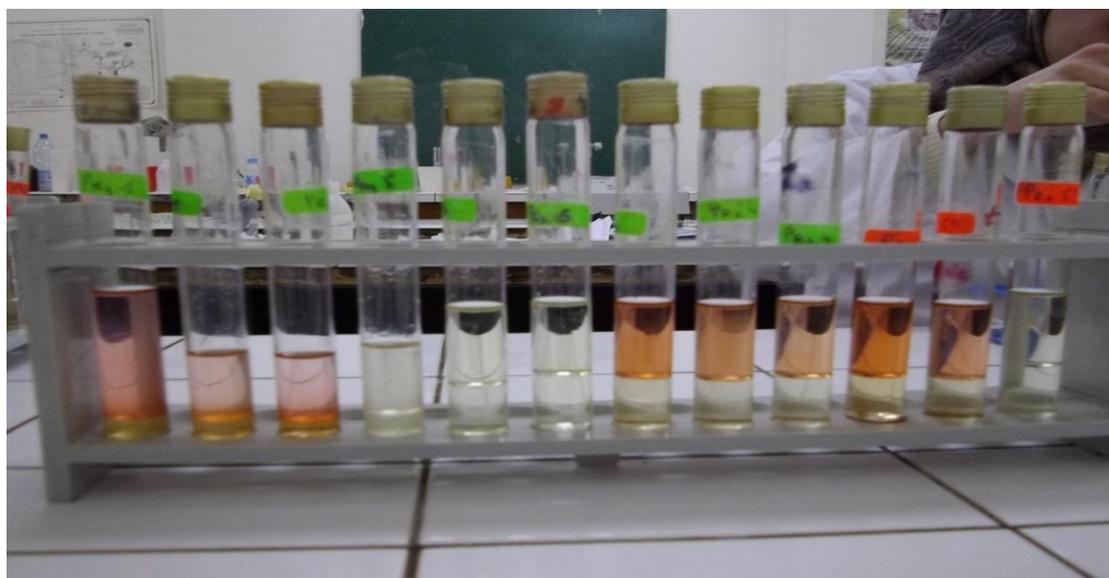


Photo 07 : Apparition des deux différentes phases (phase supérieure et inférieure).

III-2-3-2-Dosage des sucres solubles :

Les sucres solubles totaux (saccharose, glucose, fructose, leurs dérivés méthyles et les polysaccharides) sont dosés par la méthode de Dubois et *al*, 1956. Elle consiste à prendre 100 mg de matériel végétal, dans des tubes à essai, on ajoute 3 ml d'éthanol à 80% pour faire l'extraction des sucres, puis on laisse à température ambiante pendant 48 heures. Au moment du dosage les tubes sont placés dans l'étuve à 80°C pour faire évaporer l'alcool. Dans des tubes en verre propres, on met 2 ml de la solution à analyser, on ajoute 1 ml de phénol à 5% ; on ajoute rapidement 5 ml d'acide sulfurique concentré 96% ($d = 1,86$) tout en évitant de verser de l'acide contre les parois de tube. On obtient, une solution jaune orange à la surface, (photo 8) on passe au vortex pour homogénéiser la couleur de la solution. On laisse les tubes pendant 10 min et on les place au bain-marie pour 10 à 20 min à une température de 30°C. A ce moment-là l'absorbance est lue à une longueur d'onde de 485 nm. La teneur est déterminée à partir de la courbe d'étalonnage.



Photo 08 : Apparition de la couleur jaune orange des sucres

III-2-4-Analyses des données

Les résultats des différentes analyses (morpho- physiologiques et biochimiques) sont traités et analysés par le programme de logiciel SPSS 21 avec une analyse à mesures répétées pour la croissance et une analyse factorielle univariée analysé dans le but de faire ressortir l'effet de chaque traitement sur les différents paramètres (chlorophylle, proline,

sucres solubles et protéines totales) et en fin une analyse factorielle multivariée afin de classer les différentes espèces en groupes en considérant toutes les variables (hauteur, chlorophylle , proline et sucres).

Résultats

I- Estimation de la productivité des prairies naturelles et régénérée.

Cette partie concerne la comparaison des deux prairies (prairie semée et prairie témoin) du point de vue quantitatif (biomasse produite) et qualitatif la composition floristique en (%) ainsi que la contribution de chaque cultivar au sein des deux familles.

I- 1) Productivité

I-1-1) Productivité pastoral (hors cages).

I-1-1-1 Biomasse avant pâturage.

Les résultats du tableau 24, montrent que l'évolution de la production de biomasse est significativement supérieure dans la prairie régénérée par rapport à la prairie témoin durant les quatre années d'expérimentation (Figure 27). Les plus hauts rendements frais sont enregistrés par la prairie régénérée sont de 7,3 t/ha en 2006 jusqu'à 17,21 t/ha en 2009, alors que la prairie témoin enregistre des rendements plus inférieurs de 5,9 t/ha jusqu'à 12,75 t/ha pour la même période. La même remarque est pour les rendements sec une évolution est observé au niveau des deux prairies (Figure 28) où les plus hauts rendements sec sont observés de 2,3 t/ha en 2006 jusqu'à 7,4 t/ha en 2009 sont pour la prairie régénérée par rapport à la prairie témoin dont les rendements sont inférieurs de 2,2 t/ha jusqu'à 5,2 t/ha.

Tableau 24 : Rendement en biomasse fraîche et sèche en (t/ha) avant pâturage dans les deux prairies de 2006-2009.

		Poids frais (t/ha)		Poids sec (t/ha)		Taux de Matière sèche (%)	
		Prairie naturelle	Prairie régénérée	Prairie naturelle	Prairie régénérée	Prairie naturelle	Prairie régénérée
2006	Moyenne	5,9 a	7,3 b	2,2 a	3,6 b	37,28	49,31
	Ecart type	1,9	2,4	1,12	1,6		
2007	Moyenne	9,32 a	14,2 b	3,08 a	5,6 b	33,04	39,43
	Ecart type	4,18	5,16	1,38	1,39		
2008	Moyenne	9,68 a	12,21 b	3,44 a	5,43 b	35,53	44,47
	Ecart-type	4,56	5,16	4,26	6,03		
2009	Moyenne	12,75 a	17,21 b	5,2 a	7,4 b	40,78	42,29
	Ecart-type	4,96	5,21	3,5	6,3		

a, b : différences significatives au seuil 5%

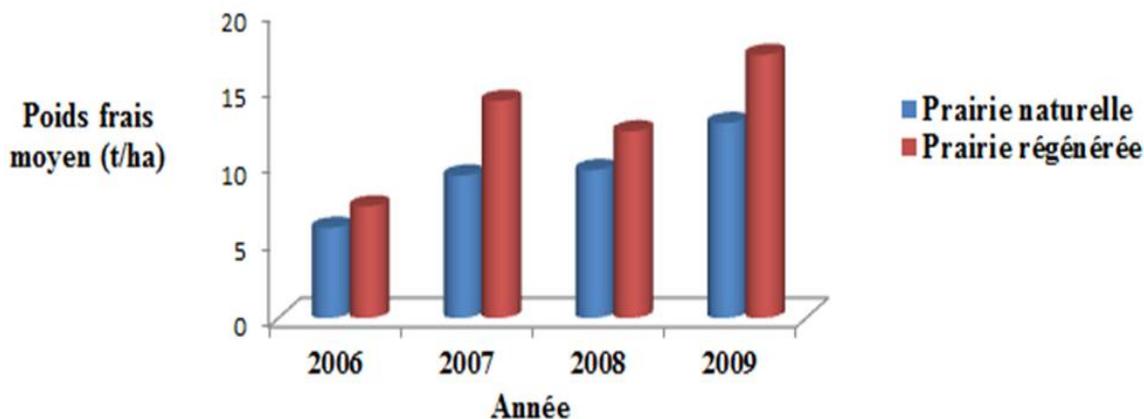


Figure 27 : Variation des rendements de la biomasse fraîche en (t/ha) avant pâturage dans les deux prairies pour les années d’expérimentation (2006 -2009)

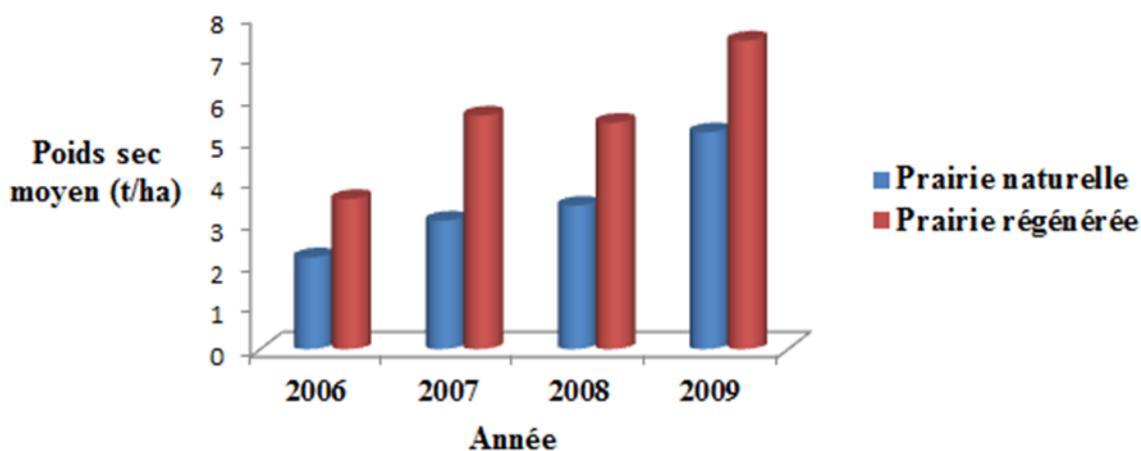


Figure 28 : Variation des rendements de la biomasse sèche en (t/ha) avant pâturage dans les deux prairies pour les années d’expérimentation (2006 -2009)

I-1-1-2 –Biomasse après pâturage

Tableau 25 : Rendement en biomasse fraîche et sèche après pâturage en t/ha dans les deux prairies de 2006-2009

		Poids frais (t/ha)		Poids sec (t/ha)		Taux de matière sèche en(%)	
		Prairie naturelle	Prairie régénérée	Prairie naturelle	Prairie régénérée	Prairie naturelle	Prairie régénérée
2006	Moyenne	3,60 a	4,04 a	0,9 b	1,2 b	25	29
	Ecart-type	1,54	2,62	0,57	1,13		
2007	Moyenne	4,35 a	6,82 a	1,17 b	3,59 b	26	37
	Ecart-type	2,87	3,23	0,77	1,07		
2008	Moyenne	6,75 a	9,12 a	2,36 b	3,40 b	37,28	41
	Ecart -type	2,03	2,35	1,09	1,26		
2009	Moyenne	11,42 a	14,27 a	3,21 b	4,49 b	28,18	38,55
	Ecart-type	1,95	1,38	2,42	1,30		

a, b : différences significatives au seuil 5%

Après pâturage, durant les années d'expérimentation (2006-2009) la prairie ressemée a enregistré une biomasse fraîche et sèche supérieure (Figure 29 et 30) par rapport à celle du témoin (Tableau 25). La biomasse disponible la plus élevée est produite par la prairie régénérée en année 2009, elle a été estimée à 14,27 t/ha comparée à 11,42 t/ha dans le témoin par rapport aux autres années. Une telle différence n'est pas statistiquement significative.

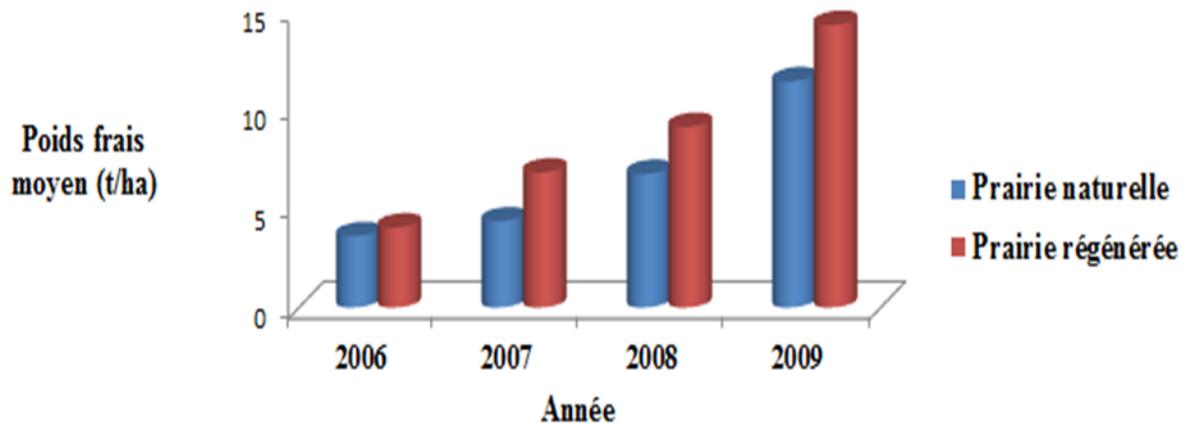


Figure 29 : La productivité en biomasse fraîche en (t/ha) après pâturage dans les deux prairies de 2006-2009

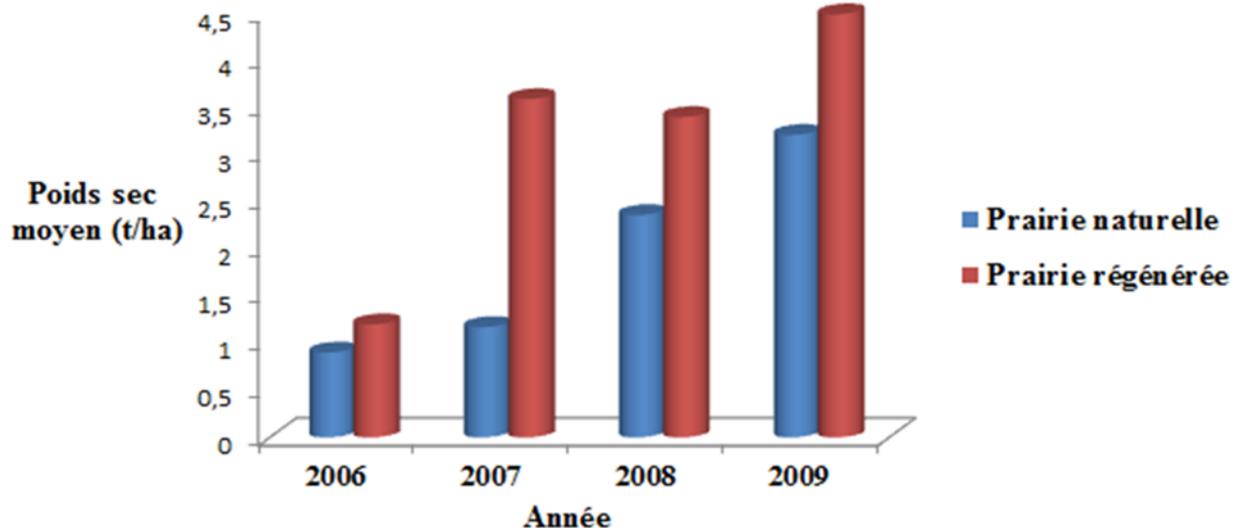


Figure 30 : La productivité en biomasse sèche en (t/ha) après pâturage dans les deux prairies de 2006-2009

I-1-1-3- Niveau d'ingestion

Tableau 26 : La Quantité de matière fraîche et sèche totale ingérée dans les deux prairies

		Matière totale fraîche (t/ha) ingérée		Matière totale sèche(t/ha) ingérée	
		Prairie naturelle	Prairie régénérée	Prairie naturelle	Prairie régénérée
2006	Moyenne	2,3 a	3,26 a	1,3 b	1,1 b
	Ecart-type	1,1	1,6	1,23	1,6
2007	Moyenne	4,97 a	7,39 a	1,91 b	1,05 b
	Ecart-type	1,65	1,7	1,41	1,24
2008	Moyenne	2,93 a	3,09 b	1,08 a	2,30 b
	Ecart -type	1,1	2,4	0,37	1,53
2009	Moyenne	1,33 a	2,94 b	1,99 a	2,91 b
	Ecart-type	0,71	3,2	0,65	2,04

a, b : différences significatives au seuil 5%

D'après le Tableau 26, la quantité de matière sèche ingérée totale de la prairie régénérée est significativement supérieure pour les deux dernières années d'expérimentation (2008 et 2009), elle est respectivement de 2,91 t/ha par rapport à la matière sèche ingérée totale de la prairie naturelle (témoin) dont la quantité est de 1,99 t/ha. Par contre les premières années d'expérimentation 2006 et 2007, la quantité totale de la matière sèche ingérée est statistiquement non significative pour les deux prairies (Figure 31 et 32).

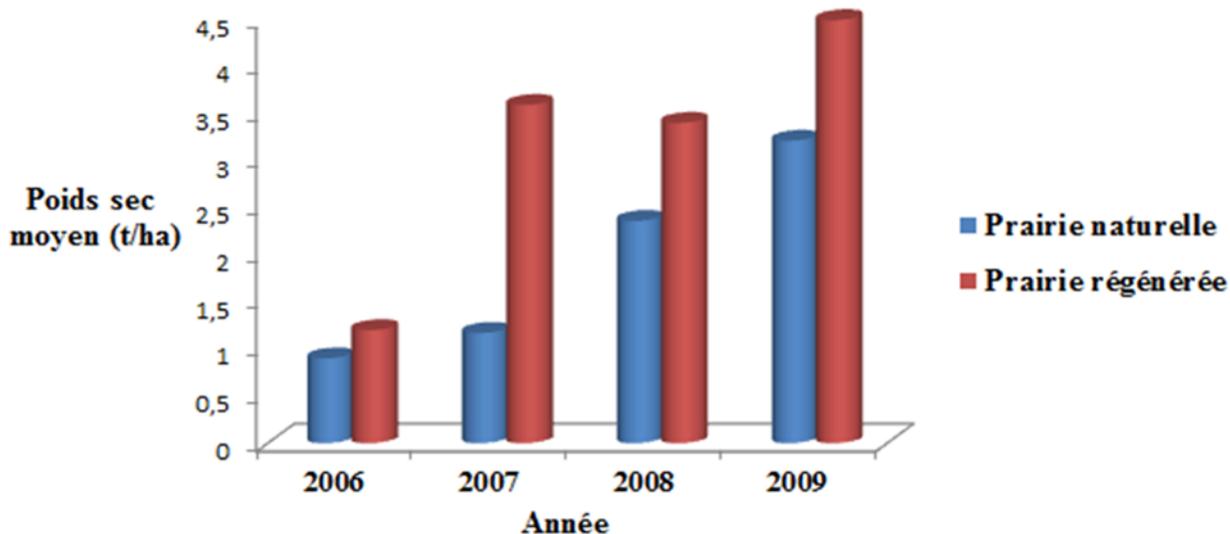


Figure 31 : Quantité de matière fraîche ingérée au niveau des deux prairies au cours des années d'expérimentation (2006-2009)

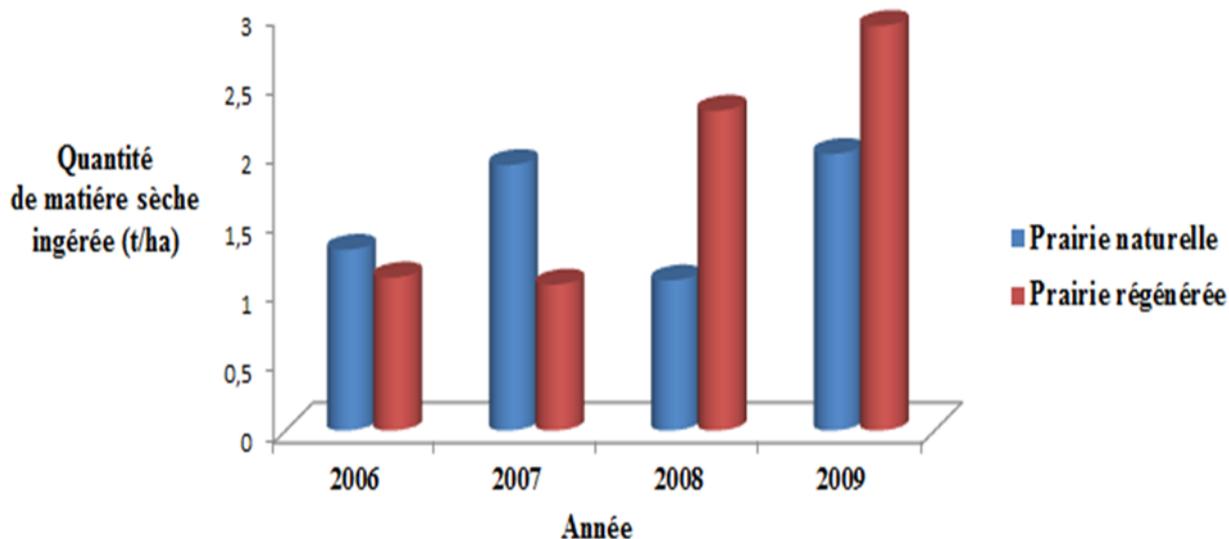


Figure 32 : Quantité de matière sèche ingérée au niveau des deux prairies au cours des années d’expérimentation (2006-2009)

I-1-2- Productivité de fauche (dans les cages)

Tableau 27 : Rendement en biomasse fraîche et sèche en (t/ha) dans les deux prairies (dans les cages)

		Poids Frais(t/ha)		Poids Sec (t/ha)	
		Prairie naturelle	Prairie Régénérée	Prairie naturelle	Prairie Régénérée
2006	Moyenne	10,54 a	22,32 b	3,56 a	7,05 b
	Ecart-type	1,96	3,58	2,33	3,09
2007	Moyenne	24,47 a	26,17 a	8,32 b	8,37 b
	Ecart-type	2,31	7,92	0,78	2,22
2008	Moyenne	11,79 a	13,42 a	4,42 b	5,4 b
	Ecart- type	2,30	3,22	1,16	1,36
2009	Moyenne	10,40 a	29,30 b	3,29 a	8,84 b
	Ecart-type	2,04	1,32	1,01	2,23

a, b: différences significatives au seuil 5%

D’après le Tableau 27, les résultats montrent que la quantité de biomasse sèche de la prairie régénérée pour les années 2006 et 2009 est significativement plus élevée. Elle est de 7,05 t/ha pour la prairie régénérée et de 3,56 t/ha pour la prairie naturelle en 2006 et respectivement de 8,84 t/ha vs 3,29 t/ha en 2009, il en ressort que la biomasse sèche de la

prairie régénérée est deux fois plus importante que celle de la prairie témoin (Figure 34). Par contre pour les années 2007 et 2008, la biomasse entre les deux prairies est non significative, où la prairie régénérée enregistre un poids sec de 8,37 t/ha et 5,4 t/ha respectivement pour l'année 2007 et 2008 alors que la biomasse sèche de la prairie témoin est de 8,32 t/ha pour en 2007 et 4,42 t/ha pour l'année 2008.

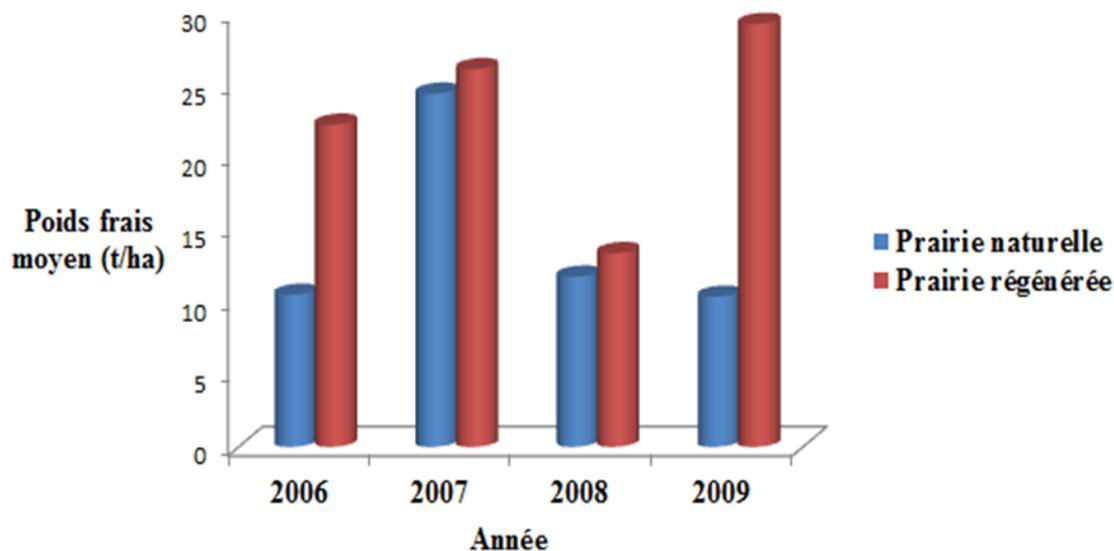


Figure 33 : Rendements en poids frais en (t/ha) des deux prairies au stade de fauche

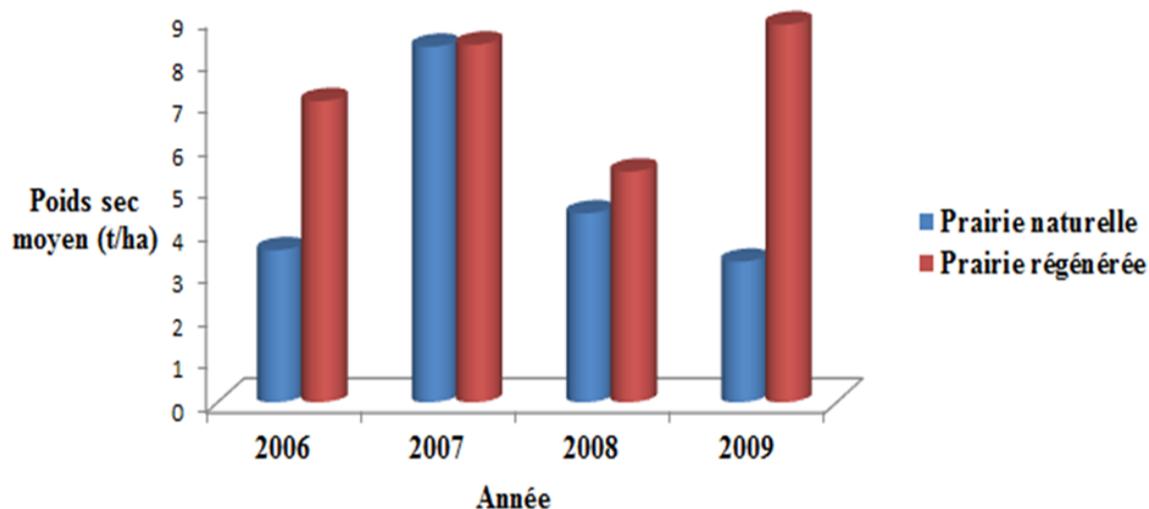


Figure 34 : Rendements en poids sec en (t/ha) des deux prairies au stade de fauche

I-2- Diversité floristique

I-2-1-Stade pâturage (hors cages)

Tableau 28 : Composition floristique des prairies régénérée et naturelle au stade pâturage de 2006-2009

	% Poids sec des graminées (g)/300g frais		%Poids sec des légumineuses (g)/300g frais	
	Prairie naturelle	Prairie régénéré e	Prairie naturelle	Prairie régénérée
2006	46,6 a	76,18 b	25,82 a	19,47 a
2007	82,86 a	66,71 b	31,12 a	14,47 b
2008	76,26 a	77,42 a	13,09 b	12,64 b
2009	80,84 a	92,5 a	14,83 a	3,21 b

a, b : différences significatives au seuil 5%

La diversité floristique est une caractéristique essentielle des prairies permanentes. La composition floristique répond aux facteurs du milieu (climat, sol) et pratiques d'exploitation (fauchage, pâturage ...), elle est influencée quantitativement et qualitativement. La diversité floristique est étudiée par le biais des pourcentages des différentes familles : Graminées (G) et Légumineuses (L). Le Tableau 28, présente l'évolution de la composition floristique des deux prairies, la proportion des deux familles botaniques dans les deux parcelles expérimentales a été très variable au cours des années.

Pour la parcelle de prairie naturelle, l'année 2007 a enregistré un taux de légumineuses était important (31,12 %) mais, pour les 3 années suivantes, les graminées dominaient pour atteindre 80,84 % en 2009 alors que la présence des légumineuses a relativement baissé (13,09 %) ce qui correspond à une composition "classique" des prairies de cette région d'étude. Pour la prairie régénérée, au fil des années, on constate surtout une dominance croissante des graminées (de 76 à 92%) aux dépens des légumineuses (de 20 à 3%). Statistiquement les différences entre familles botaniques des deux prairies sont significatives (Figure 35 et 36). En 2006 pour les graminées un meilleur équilibre floristique pour la prairie naturelle et, en 2007, entre les graminées et les légumineuses, avec un équilibre en faveur de la prairie ressemée. En 2008, aucune différence n'est significative alors qu'en 2009, la part des légumineuses est significativement supérieure dans la prairie témoin, qui présente un meilleur équilibre.

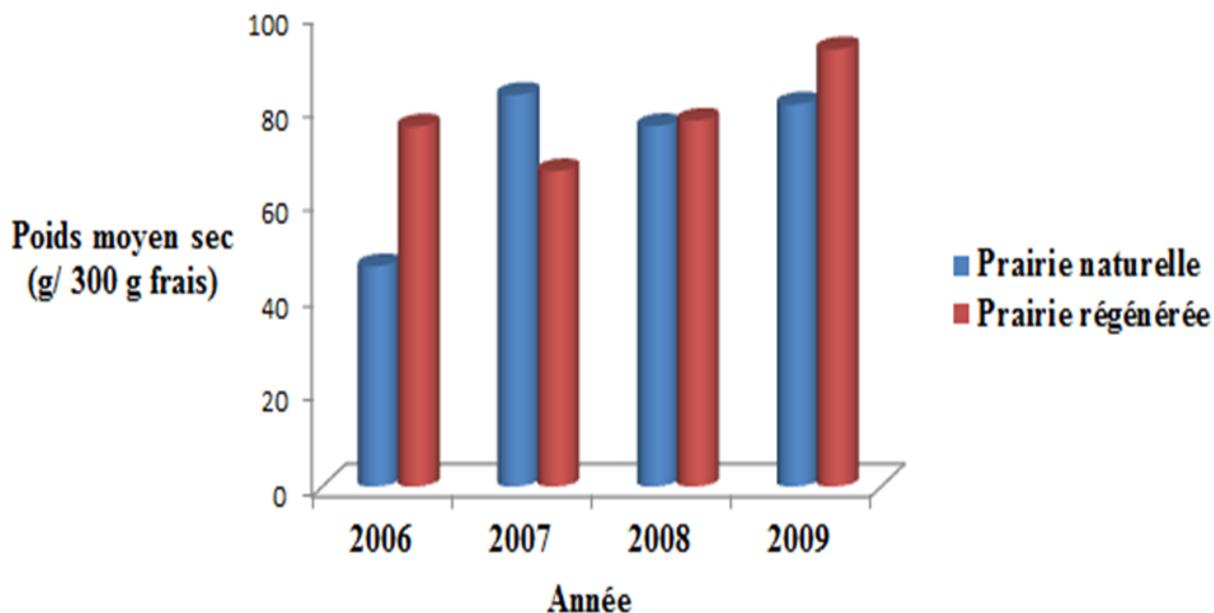


Figure 35 : Evolution de la composition floristique (famille des graminées) dans les deux prairies (naturelle et régénérée) de 2006-2009 au stade pâturage.

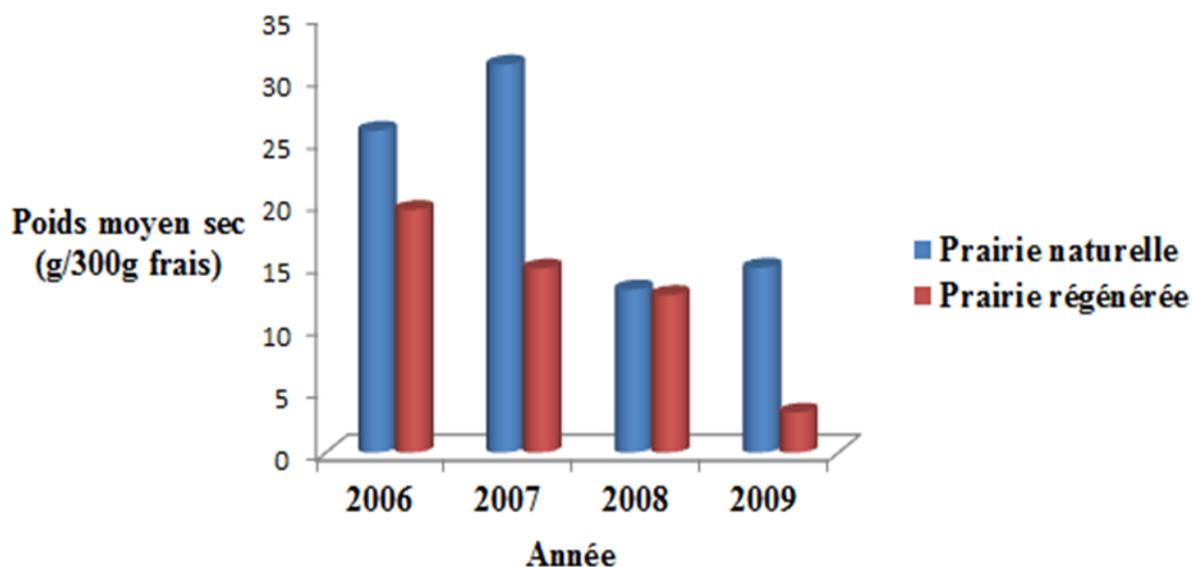


Figure 36 : Evolution de la composition floristique (famille des légumineuses) dans les deux prairies (naturelle et régénérée) de 2006-2009 au stade pâturage

I-2-2- Stade de fauche (dans les cages)

Tableau 29 : Composition floristique entre les deux prairies au stade de fauche

	% Poids sec des graminées en (g)/300g frais		% Poids sec des légumineuses en (g)/300 frais	
	Prairie naturelle	Prairie régénérée	Prairie naturelle	Prairie Régénérée
2006	72,35 a	78,56 b	13,73 a	15,33 b
2007	75,17 a	73,62 a	13,69 b	14,77 b
2008	88,61 a	90,52 a	4,12 a	10,28 b
2009	86,03 a	88,61 a	9,56 b	12,60 b

a,b : différences significatives au seuil 5%

L'étude comparative réalisée entre les deux prairies a mis en évidence une richesse spécifique plus élevée des graminées par rapport aux légumineuses pour les deux parcelles et durant les années d'étude. D'après le Tableau 29 et les Figures 37 et 38, nous avons constaté aussi que la part des légumineuses diffère entre année et entre type de parcelles; où l'année 2006 et 2007, au niveau de la prairie régénérée le pourcentage de la famille des légumineuses est respectivement de 15,33 % en 2006 et 14,77 % en 2007 plus important par rapport aux deux autres années (2008 et 2009) où le pourcentage a diminué avec 10,28 % en 2008 et 12,60 en 2009, alors qu' au niveau de la prairie témoin le pourcentage de légumineuses a baissé jusqu'à 4,12 % en 2008 alors qu'il était entre 13,73 t/ha en 2006 et 13,69 t/ha en 2007. Le pourcentage des graminées augmente aussi dans les deux parcelles jusqu'à atteindre 90,52 t/ha vs 88,61 respectivement dans la prairie régénérée et la prairie témoin.

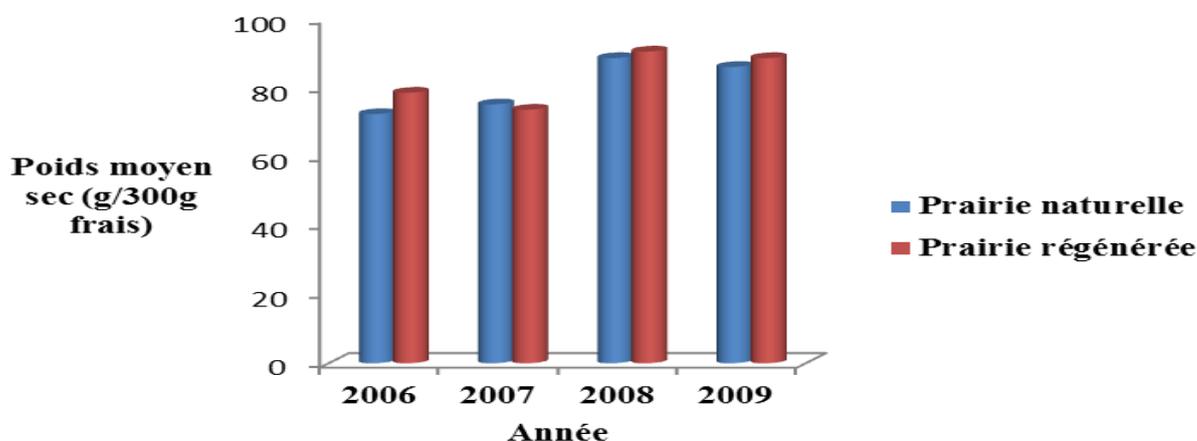


Figure 37 : Evolution floristique (famille des graminées) des deux prairies au stade fauche de 2006-2009

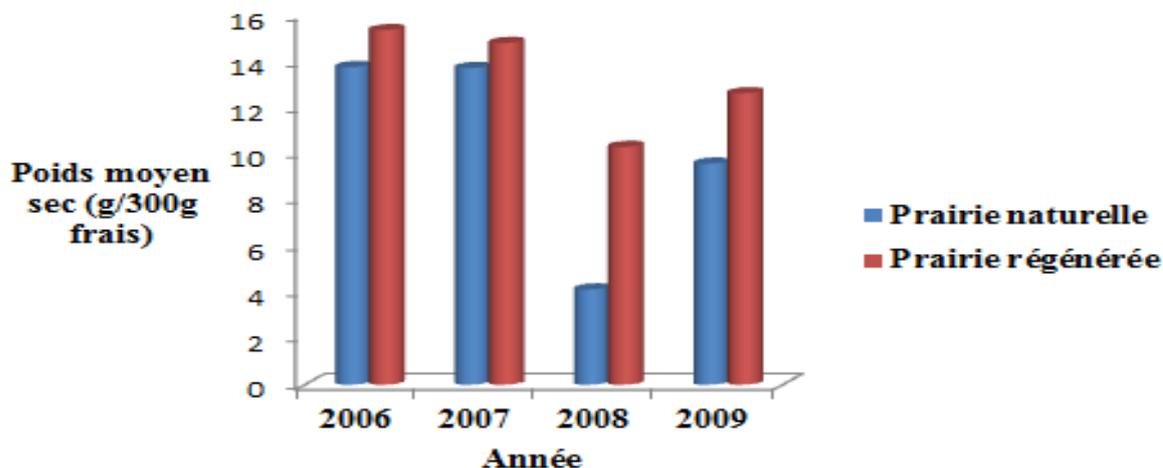


Figure 38 : Evolution floristique (famille des légumineuses) des deux prairies au stade fauche de 2006-2009

I-3-Evolution de la biomasse fraîche et sèche de chaque cultivar des deux familles (graminées et légumineuses)

I-3-1 Evolution de la biomasse fraîche des différents cultivars de la famille des graminées au stade de fauche

Tableau 30: évolution de la biomasse fraîche et sèche des différents cultivars de graminées de 2006-2009 au stade fauche

Famille	Cultivars	2006			2007			2008			2009		
		N C L	PF	PS	N C L	PF	PS	N C L	PF	PS	N C L	PF	PS
Graminées	<i>Lolium perenne</i> « victoca »	5	41,4	20,4	6	46,9	19,8	7	73,8	21,5	7	88,6	25,6
	<i>Lolium perenne</i> « victorian »		66,4	27,1		97,3	28,5		102,3	26,9		133,8	29,3
	<i>Phalaris multiflorum</i> « Polanum »		56,6	22,5		61,2	13,6		77,9	21,9		89,8	25,6
	<i>Phalaris aquatica</i> « atlas »		/			/			25,4	14,3		41,6	20,2
	<i>Phalaris aquatica</i> « landmaster »		46,5	19,2		51,8	20,9		68,8	23,8		73,8	20,5
	<i>Dactylis glomerata</i> « curie »		/			24,5	14,2		43,8	20,4		67,5	28,3
	<i>Festuca arundinacea</i> « demeter »		27,7	16,3		37,3	17,2		97,5	28,5		126,5	29,8
Moyenne des cultivars			47,7	21,1		53,1	19,1		69,9	22,4		78,25	27,1

NCL : Nombre de cultivars levés, PF : Poids Frais, PS : Poids sec

Les Figures 39 et 40, montrent la productivité fraîche et sèche des différents cultivars de graminées pour les années d'expérimentation (2006-2009), la biomasse diffère d'une année à une autre, ainsi qu'entre espèce et entre cultivars. Nous remarquons que l'année 2009 était favorable pour un bon développement de l'ensemble des espèces enregistrant des biomasses fraîches élevées par rapport aux autres années d'expérimentation (2006-2008). (Tableau 30).

L'espèce *Lolium pérenne* enregistre une biomasse très importante par rapport aux autres espèces semées, en la comparant avec l'espèce *Phalaris aquatica*, *Festuca arundinacea* et *Dactylis glomerata*, où l'installation de ce dernier a été un peu difficile au cours de la première année d'expérimentation, alors que l'espèce *Festuca arundinacea*, son l'installation était un peu moins importante au cours de la première année mais sa biomasse est devenu plus importante au cours des autres années d'étude. .

La productivité diffère aussi d'un cultivar à un autre où nous remarquons qu'au niveau de l'espèce *Lolium pérenne* le cultivar « victorian enregistre une biomasse fraîche et sèche supérieure à celle du cultivar « victoca » ainsi qu'au niveau de l'espèce *Phalaris aquatica* entre le cultivar « landmaster » et le cultivar « atlas » où ce dernier a enregistré la biomasse la plus faible de toutes les espèces des graminées.

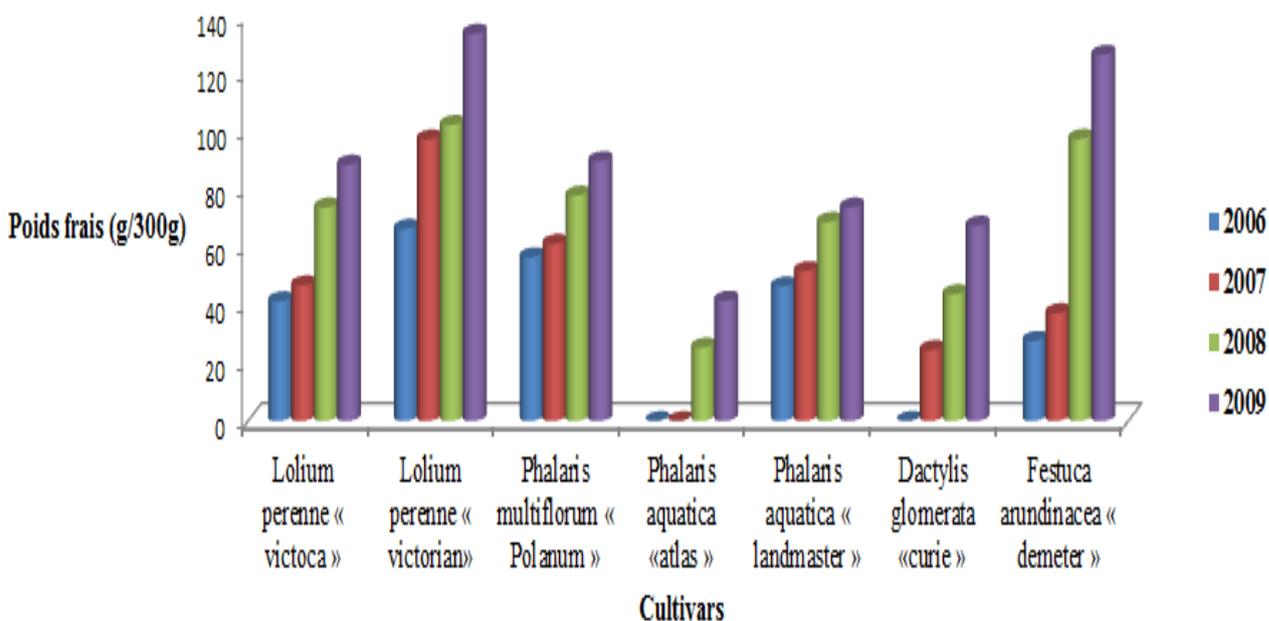


Figure 39 : Poids frais de chaque cultivar de graminées de 2006-2009

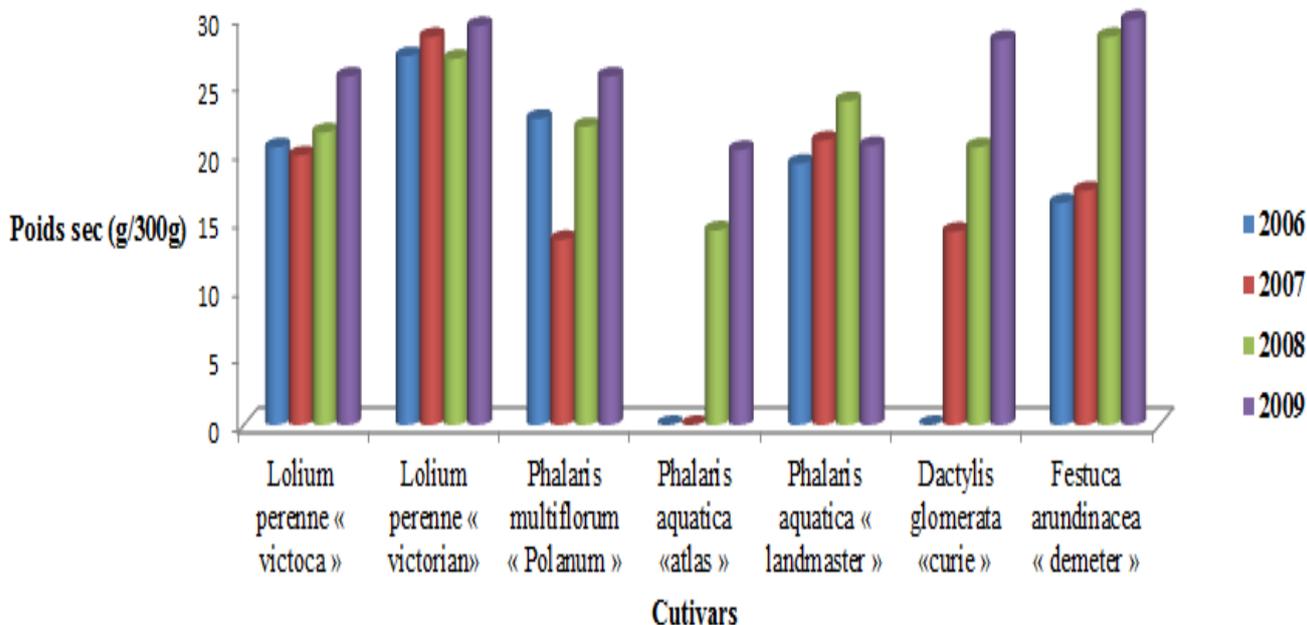


Figure 40 : Poids sec de chaque cultivar de graminées de 2006-2009

I-3-2- Evolution de la biomasse fraîche des différents cultivars de la famille des légumineuses (pérennes et annuelles) au stade de fauche

Tableau 31 : évolution de la biomasse fraîche et sèche des différents cultivars de légumineuses (pérennes et annuelles) de 2006-2009 au stade fauche

Type de Famille	Cultivars	2006			2007			2008			2009		
		N C L	PF	PS	N C L	PF	PS	N C L	PF	PS	N C L	PF	PS
Légumineuses pérennes	<i>Trifolium michelianum</i> « paradana »	2	12,4	7,6	3	18,1	6,5	5	20,3	10,6	6	25,9	13,0
	<i>Trifolium michelianum</i> « frontier »		9,0	3,8		14,5	7,5		11,5	7,9		20,7	11,5
	<i>Trifolium fragiferum</i> « palestine »								15,1	8,6		16,4	8,4
	<i>Trifolium pratens</i> « atlas wade »								10,4	6,7		14,5	7,5
	<i>Medicago sativa</i> « genesis »					10,4	6,7		14,5	7,7		18,5	10,2
	<i>Onobrychis vicifolia</i> « sanfeno »											1,6	0,25
Moyenne des cultivars		21,4	11,4		32,6	14		71,8	41,5		97,6	50,8	

légumineuses annuelles	<i>Trifolium resupina</i> « nitroplus »		13,5	8,2		18,5	10,2		20,7	11,5		32,09	21,9
	<i>Trifolium resupinatum</i> « proli »	4	7,7	2,7	5	12,1	8,9	7	18,0	9,2	8	22,09	10,3
	<i>Medicago polymorpha</i> « Santiago »												
	<i>Medicago truncatula</i> « parabinaga »		8,8	5,4		11,0	6,3		19,4	7,6		21,5	12,4
	<i>Medicago truncatula</i> « jester »		9,5	6,3		11,7	6,7		18,4	9,05		27,24	16,8
	<i>Medicago polymorpha</i> « scimitar »					11,3	7,3		15,5	7,8		16,4	9,8
	<i>Vicia vilosa</i> « amoreiras »								22,1	13,5		28,3	12,7
	<i>Lotus subbiflorus</i> « meditereana »								5,40	3,02		9,26	4,52
Moyenne des cultivars			39,5	22,6		64,6	39,4		119,5	61,67		156,8	88,4

NCL : Nombre de cultivars levés, PF : Poids Frais, PS : Poids sec

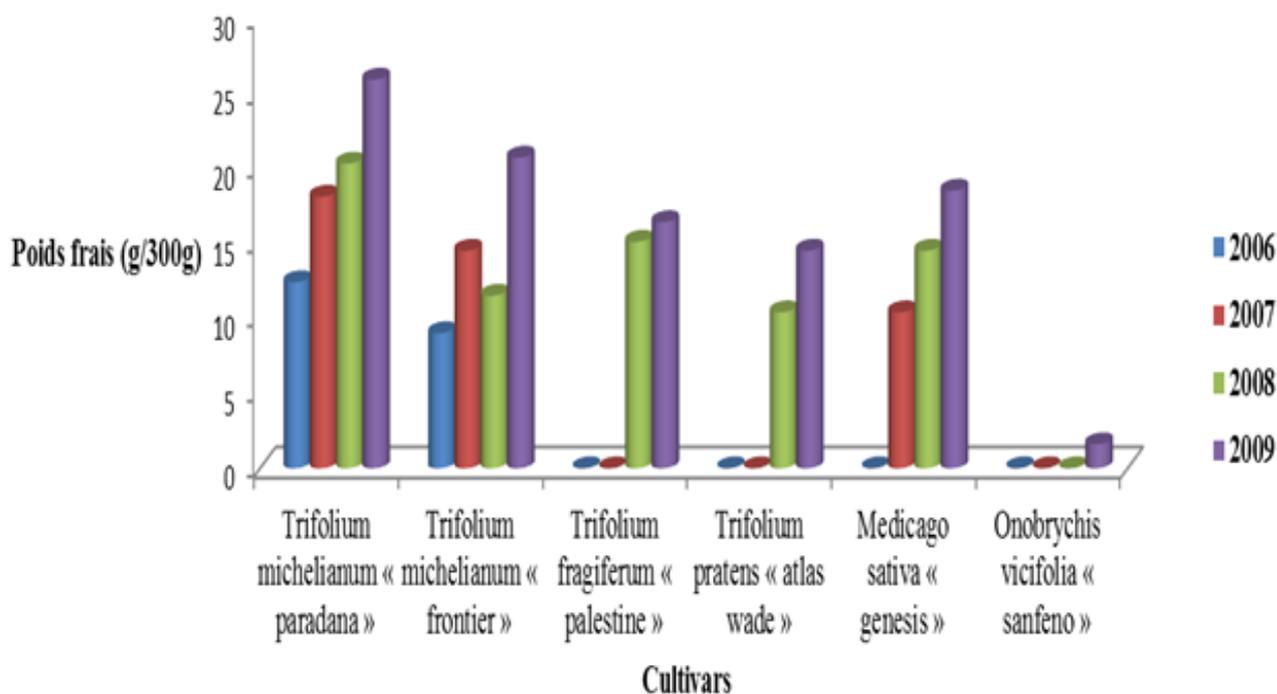


Figure 41 : Poids frais de chaque cultivar des légumineuses pérennes de 2006-2009

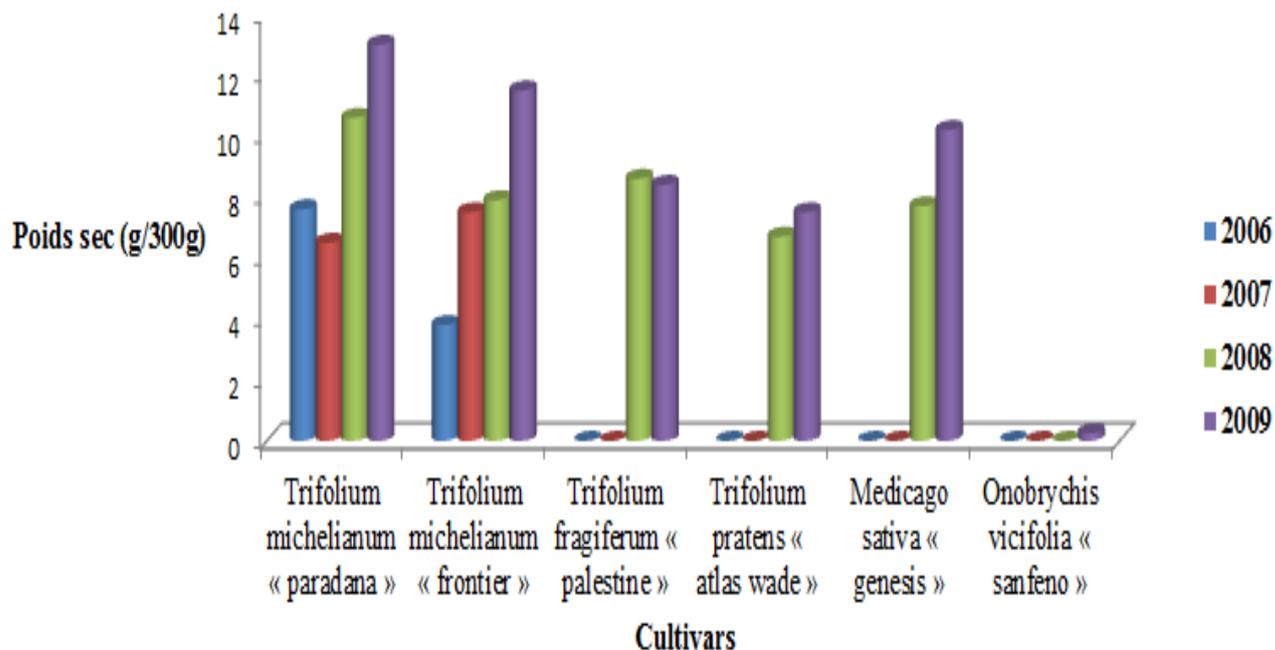


Figure 42 : Poids sec de chaque cultivar des légumineuses pérennes de 2006-2009

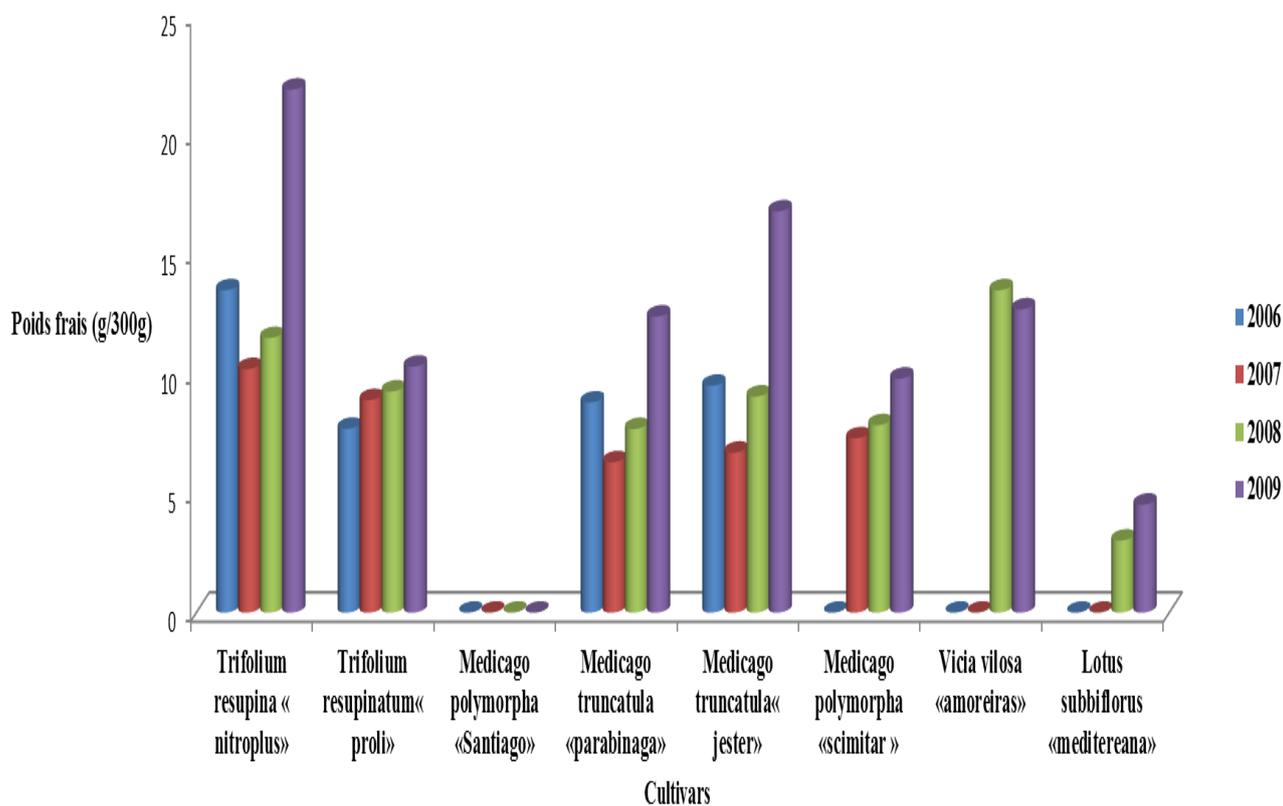


Figure 43 : Poids frais des différents cultivars de légumineuses annuelles de 2006-2009

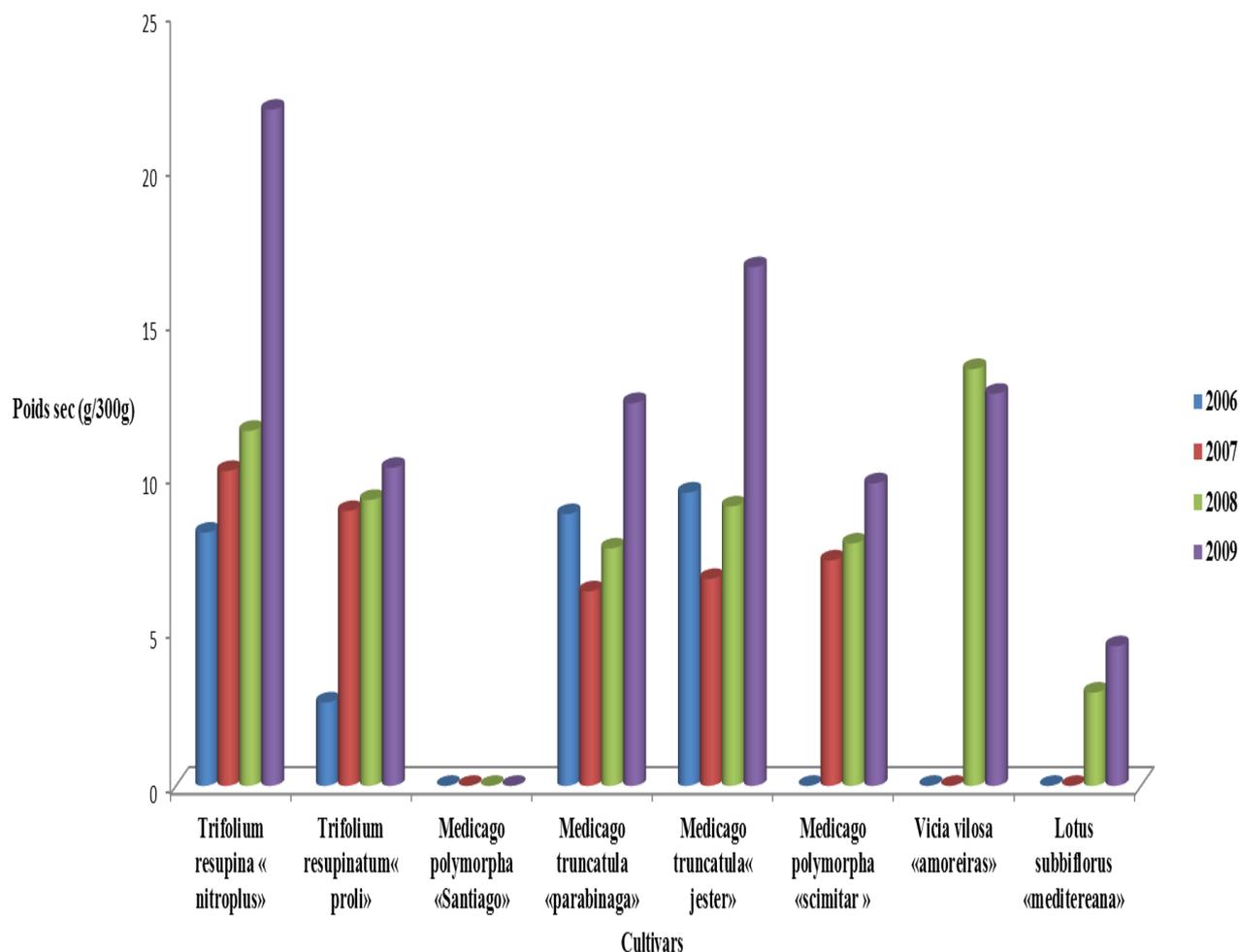


Figure 44 : Poids sec des différents cultivars de légumineuses annuelles de 2006-2009

Les Figures 41,42 et 43,44 représentent respectivement la biomasse fraîche et sèche des différentes espèces des légumineuses aussi bien pérennes que annuelles.

La biomasse fraîche et sèche des deux types de légumineuses pérennes et annuelles (Tableau 31) augmente d’une année à une autre, mais elle diffère entre espèce et entre cultivars. L’année 2006 s’avère une année où il y a moins de cultivars présents par rapport aux autres années 2008 et 2009, où le nombre de cultivars levés est intéressant et augmente de plus en plus.

Pour les légumineuses pérennes, l’année 2006 a enregistré la présence de deux cultivars : *Trifolium michelianum* « paradana » *Trifolium michelianum* « frontier » par rapport aux légumineuses annuelles où nous avons enregistré la présence de quatre cultivars (*Trifolium resupina* « nitroplus », *Trifolium resupinatum* « proli », *Medicago truncatula* « parabinaga » et le cultivar *Medicago truncatula* « jester ») pour la même année. Alors que pour les années

2008 et 2009 nous avons observé un pourcentage important de la levée pour les deux types de légumineuses.

Pour les légumineuses pérennes, la biomasse diffère entre espèces et entre cultivars levés, nous remarquons qu'en année 2006, l'espèce *Trifolium michelianum* montre une bonne installation dès la première année d'étude par rapport autres espèces du même genre *Trifolium fragiferum*, *Trifolium pratens*, et par rapport au autre genre tel que *Medicago sativa* et *Onobrychis vicifolia* dont la levée était un peu tative, surtout pour la dernière espèce, où elle ne s'est manifesté qu'en dernière année d'étude (2009).

Pour les légumineuses pérennes, le poids sec diffère aussi entre cultivars, nous avons remarqué que le cultivar *Trifolium michelianum* « paradana » enregistre un poids frais plus élevé que le cultivar *Trifolium michelianum* « frontier » respectivement avec 7,6 g par rapport à 3,8 g en année 2006.

Pour les légumineuses annuelles, la biomasse variétale diffère aussi entre espèce et entre cultivar, il en ressort que les espèces *Trifolium resupina*, *Trifolium resupinatum* et les espèces *Medicago truncatula* enregistrent des biomasses fraîches et sèches supérieures tout en présentant aussi une bonne installation dès la première année d'étude (2006) par rapport aux autres espèces *Medicago polymorpha*, *Vicia vilosa*, *Lotus subbiflorus* qui ont une installation lente et leurs développement ne commence respectivement qu'à partir 2007 et 2008.

La biomasse variétale des différentes légumineuses annuelles enregistre une différence entre cultivars où nous avons remarqué que le cultivar *Trifolium resupina* « nitroplus » possède un poids sec élevé de 8,2 g par rapport au cultivar *Trifolium resupinatum* « proli » son poids est de 2,7g. La différence entre cultivar est observée aussi chez les *Medicago truncatula* où le cultivar « jester » enregistre un poids sec plus élevée de 6,3 g par rapport au cultivar « parabinaga » dont le poids sec de 5,4 g.

Tout au long des années d'expérimentation nous avons remarqué l'absence totale du cultivar « santiago » de l'espèce *Medicago polymorpha*. Le cultivar *Trifolium resupina* « nitroplus » est considéré comme le cultivar le plus performant chez les légumineuses annuelles.

II-Effet des basses températures sur le comportement des différents cultivars

II-1 –Détermination des bases de températures appliquées lors du stress

Les différentes températures effectuées lors de l'application du traitement ont été déterminées à partir d'une étude climatique de la région de Sétif, les données ont été obtenues par la station météorologique de la région. Cette analyse a été réalisée sur les températures minimales tri horaire (3h) prise comme la durée de stress, à l'aide d'un logiciel SPSS 21, répartie du mois janvier jusqu'au mois d'Avril de 2004-2013, période correspondant au démarrage de la végétation (période d'expérimentation). (Annexe 2).

Les résultats de l'analyse climatique de la région ont abouti à une bonne qualité des classes (Figure 45) dont la répartition des températures étudiées est de 3 classes de pourcentages différents (Figure 46)

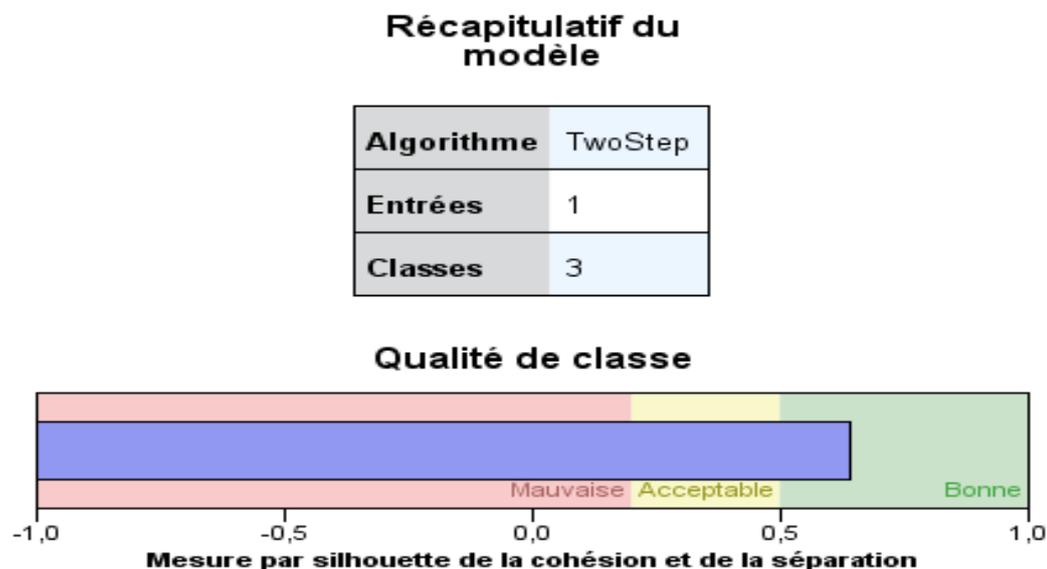
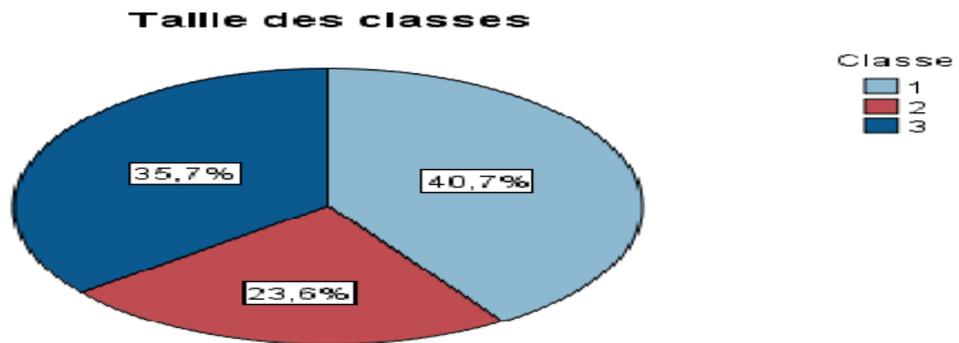


Figure 45 : Qualité des classes de l'étude climatique



Taille de la plus petite classe	2558 (23,6%)
Taille de la plus grande classe	4404 (40,7%)
Rapport des tailles : La plus grande classe sur la plus petite classe	1,72

Figure 46 : Pourcentages des différentes classes de l'analyse climatique

Les différentes classes obtenues pour notre étude sont caractérisées par les températures suivantes correspondant ainsi au différents stress appliqués lors de l'expérimentation :

- Classe 1 : moyenne de -3,2°c**
- Classe 2 : moyenne de -1,2°c**
- Classe 3 : moyenne 0,5°c**

Classes

Importance des entrées (valeurs prédites)
 ■ 1,0 ■ 0,8 ■ 0,6 ■ 0,4 ■ 0,2 ■ 0,0

Classe	2	1	3
Etiquette			
Description			
Taille	40,6% (440)	39,2% (425)	20,1% (218)
Entrées	TEMP -1,2	TEMP -3,2	TEMP 0,5

Figure 47 : les différentes classes correspondantes aux différentes températures appliquées

II-2- Effet de la contrainte thermique sur la croissance des différentes familles :

La Figure 48 représente l'évolution de la croissance des différentes espèces prairiales étudiées (graminées et légumineuses). Les résultats montrent que la croissance en hauteur est progressive et similaire pour l'ensemble des espèces entre le témoin et les différents traitements appliqués durant la période avant stress (H1-H6). A partir de H6 jusqu'à H12 (période de stress) la courbe d'évolution se caractérise par une nette distinction du témoin (température 20°C) avec une moyenne de 14,43 cm±8,59 à 21,5cm ± 9,29 par rapport aux différents traitements appliqués (S1, S2, S3). Par contre la hauteur des différentes espèces au niveau des trois traitements présente la même tendance avec des taux de diminution différents par rapport au témoin. Le pourcentage de diminution est de l'ordre de 9,28 % pour le stress (S3), 11,28% pour le stress(S2) et de 11,71% pour le stress (S1).

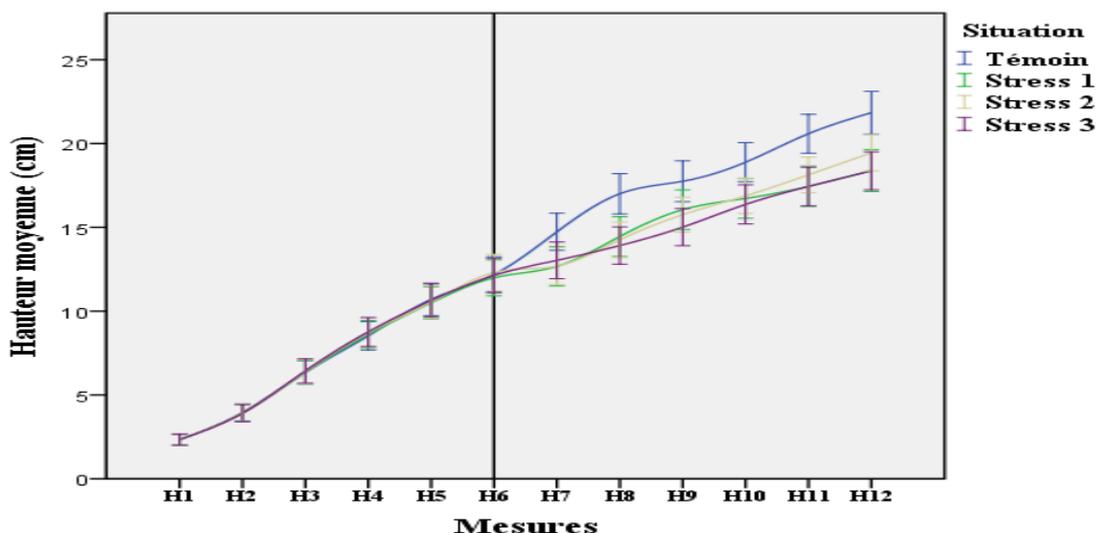


Figure 48 : Evolution de la croissance des espèces prairiales étudiés face aux différents traitements (T, S1, S2 et S3) avec une erreur standard

II-2-1- Effet de la contrainte thermique sur la hauteur des graminées

L'examen de la Figure 49 montre que, chez la famille des graminées pérennes nous constatons les plantes témoin accusent une légère augmentation de la croissance de l'ordre de $19,05 \pm 10,74$ cm, alors que la croissance des graminées entre traitements est favorisée par le stress 3 ($0,5^{\circ}\text{c}$) avec une moyenne de $18,58 \text{ cm} \pm 9,99$ et de $16,92$ et $17,96 \text{ cm}$ respectivement pour les stress S1 ($-3,2^{\circ}\text{c}$) et S2 ($-1,2^{\circ}\text{c}$).

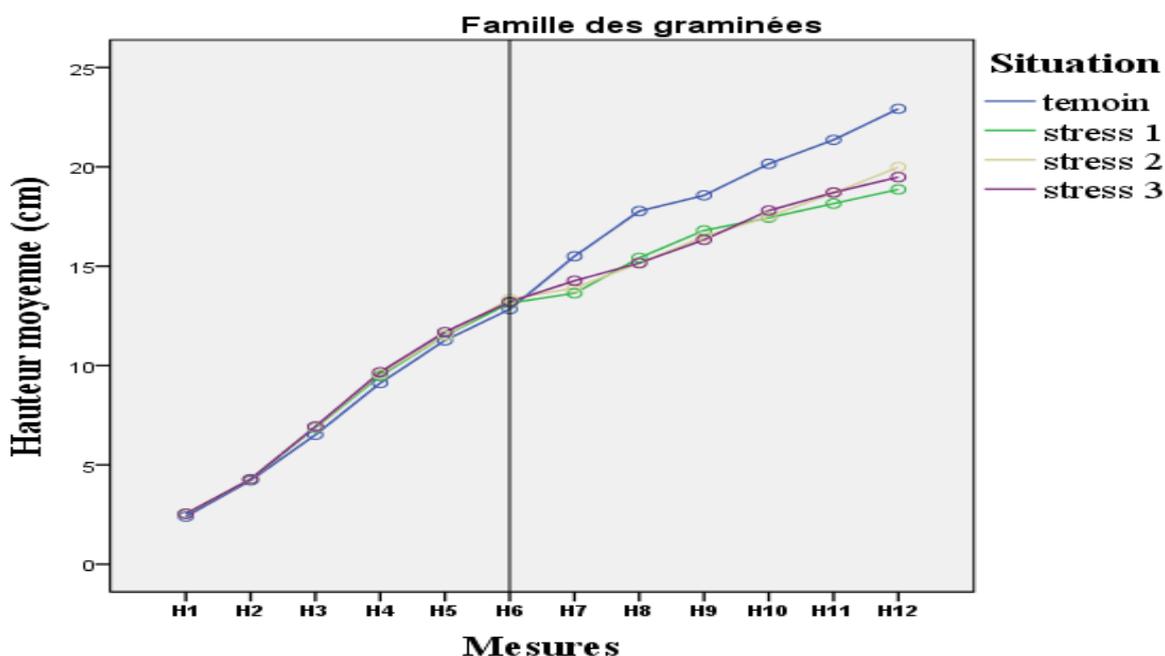


Figure 49: Evolution de la croissance des graminées face aux différents traitements (T,S1,S2,S3) avec erreur standard

II-2-2- Effet de la contrainte thermique sur la hauteur des légumineuses

Les résultats concernant la croissance de la famille des légumineuses au cours des différents traitements (T, S1, S2 et S3) sont illustrés dans la Figure 50. On remarque que la hauteur des plantes témoin marque la moyenne la plus élevée de l'ordre 11,95 cm ± 5,97cm. Les deux premiers traitements (S1 et S2) ont des moyennes respectivement de 10,36 cm ± 6,20 et 9,95 cm ± 6,06 alors que le traitement S3 enregistre un ralentissement de croissance.

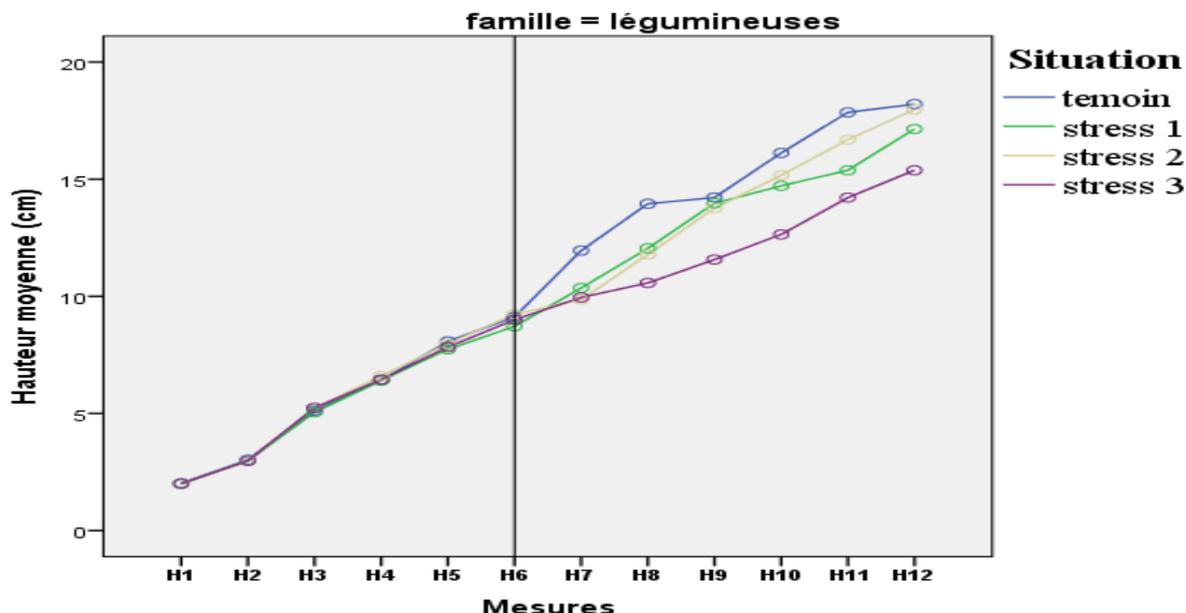


Figure 50 : Evolution de la croissance de la famille des légumineuses au cours des différents traitements (T,S1, S2, S3) avec erreur standard

Le Tableau 32 présente l'analyse des mesures répétées de l'effet des différents traitements sur la hauteur des deux familles étudiées enregistrant une valeur hautement significatif (p=0,000)

Tableau 32 : Résultats de l'analyse des mesures répétées pour les deux familles au cours des différents traitements

Familles	Paramètres	P<0,05
Graminées	Hauteur	0,000 ***
	Hauteur *Traitements	0,000 ***
	Hauteur*Traitements*Graminées	0,000 ***
Légumineuses	Hauteur	0,000 ***
	Hauteur *Traitements	0,000 ***
	Hauteur*Traitements*Légumineuses	0,000 ***
Total	Hauteur	0,000 ***
	Hauteur *Traitements	0,001 ***
	Hauteur*Traitements*Familles	0,007 ***

II-2-3- Effet de la contrainte thermique sur la hauteur des différents cultivars de graminées

La Figure 51 représente le comportement des différentes espèces et cultivars des graminées pérennes dans les différentes situations (T, S1, S2 et S3), en conditions ambiantes le lot de plantes témoins se répartie en deux : les premiers sont des cultivars précoces telle que : *Lolium pérenne* « victorian », *Phalaris multiflorum* « polanum », *Phalaris aquatica* « landmaster », *Lolium pérenne* « victoca » et *Festuca arundinacea* « demeter », les deuxièmes sont des cultivars tardifs telle que : *Phalaris aquatica* « atlas » et *Dactylis glomerata* « curie ». Après l'application du stress, la vitesse de croissance de différentes espèces montre une variation très marquée au niveau des différents traitements par rapport au témoin. La comparaison interspécifique est variable d'un traitement à un autre, elle montre en général un bon développement de l'espèce *Lolium pérenne* au niveau des trois traitements par rapport à l'espèce *Dactylis glomerata* et l'espèce *Phalaris aquatica* surtout pour le cultivar « atlas » qui présentent une croissance faible. Par contre l'espèce *Festuca arundinacea* semble être très affectée par le froid où elle enregistre une très grande diminution au stress 1 (-3,2°C) par contre cette espèce reprend sa croissance avec une bonne reprise de développement au stress S2 (-1,2°C) et S3 (0,5°C).

Au sein des espèces, l'effet du froid sur la vitesse de reprise de la croissance des plantes est variable aussi d'un cultivar à un autre, on note que pour *lolium perenne*, le cultivar « victoca » présente un faible développement après le stress par rapport au cultivar « victorian ». Pour l'espèce *Phalaris* les cultivars « polanum » et « landmaster » montrent une meilleure reprise de croissance après stress par rapport au cultivar « atlas ».

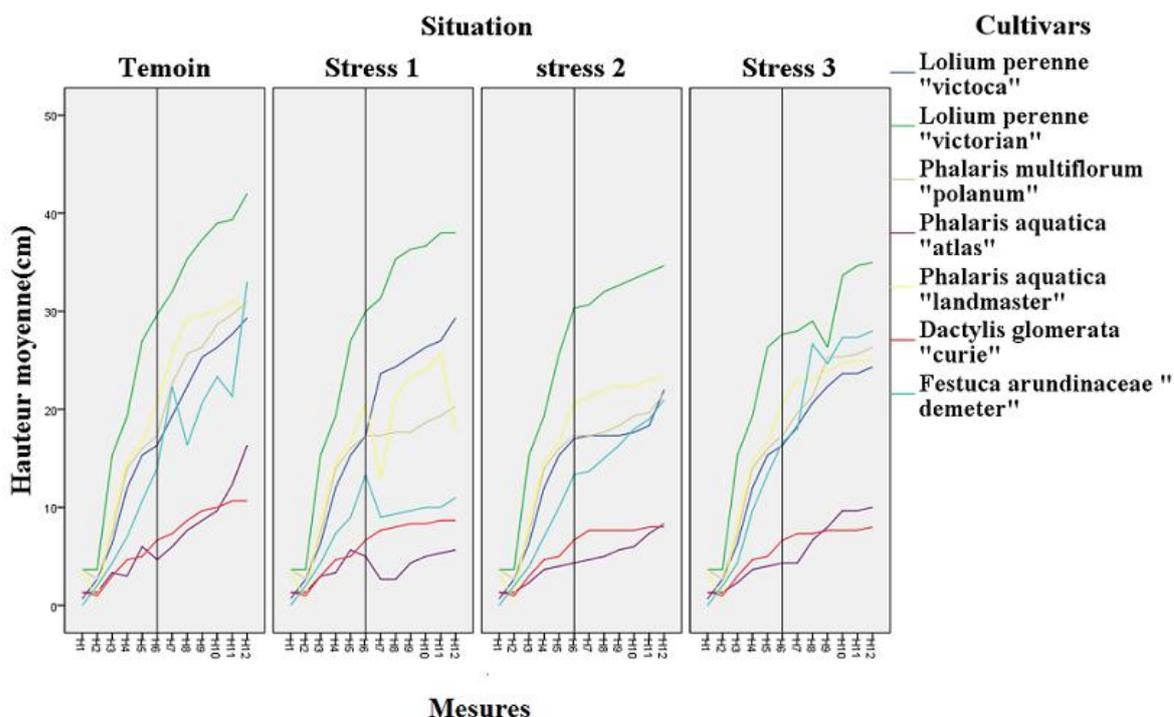


Figure 51 : Evolution de la croissance des différents cultivars graminées au cours des différents traitements (T, S1, S2, S3) avec erreur standard

II-2-4- Effet de la contrainte thermique sur la hauteur des légumineuses annuelles et pérennes

Les résultats illustrés dans les Figure 52 et 53 montrent une grande différence au niveau de la croissance des légumineuses annuelles par rapport aux légumineuses pérennes qui enregistrent un ralentissement de croissance soit en conditions normales soit après application de traitements. Les plantes pérennes témoins enregistrent des valeurs nettement inférieures avec une moyenne de l'ordre de $8,78 \pm 2,59$ cm vs $11,71 \pm 6,86$ cm pour les légumineuses annuelles. En effet après l'application des différents traitements aussi provoque une diminution de la croissance des légumineuses au niveau de chaque type de plantes. Les valeurs maximales sont enregistrées au stress 2 (S2) avec une moyenne de $8,42 \pm 2,49$ cm pour les pérennes et de $11,04 \pm 6,62$ cm pour les annuelles par rapport au témoin, alors que le stress 1 (S1) et (S3) marquent des valeurs inférieures respectivement $8,20 \pm 2,12$ cm et $7,41 \pm 2,04$ cm pour mes légumineuses pérennes et $10,40 \pm 6,42$ cm et $10,16 \pm 6,08$ cm pour les légumineuses annuelles.

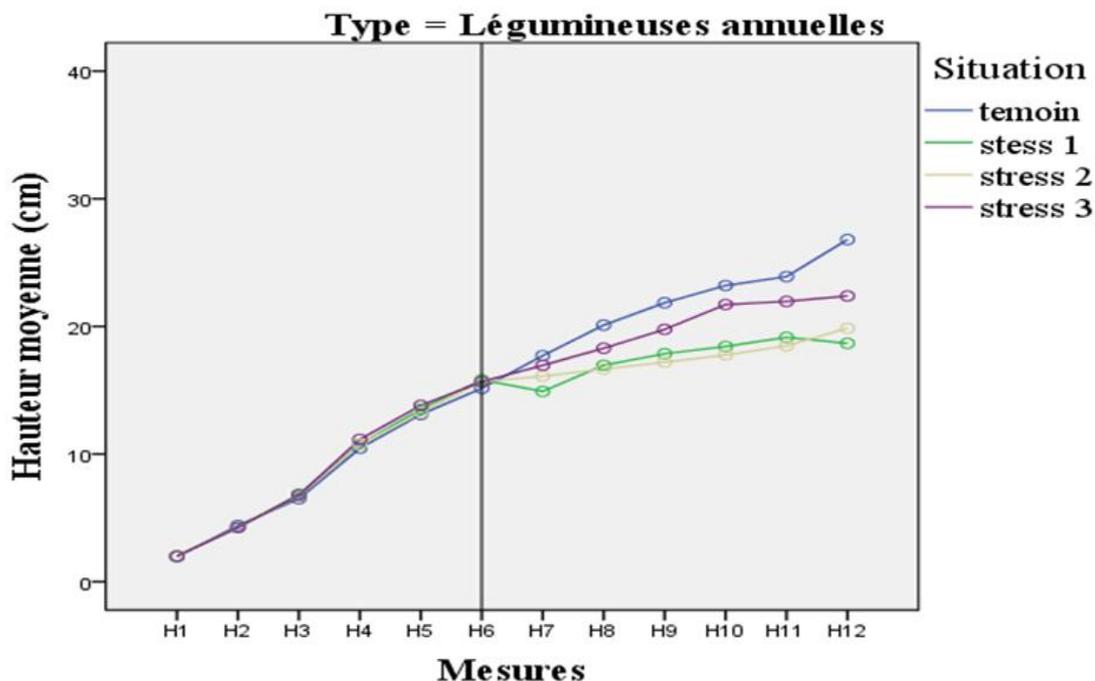


Figure 52 : Evolution de la croissance des Légumineuses annuelles au cours des différents traitements(T, S1, S2 et S3) avec erreur standard

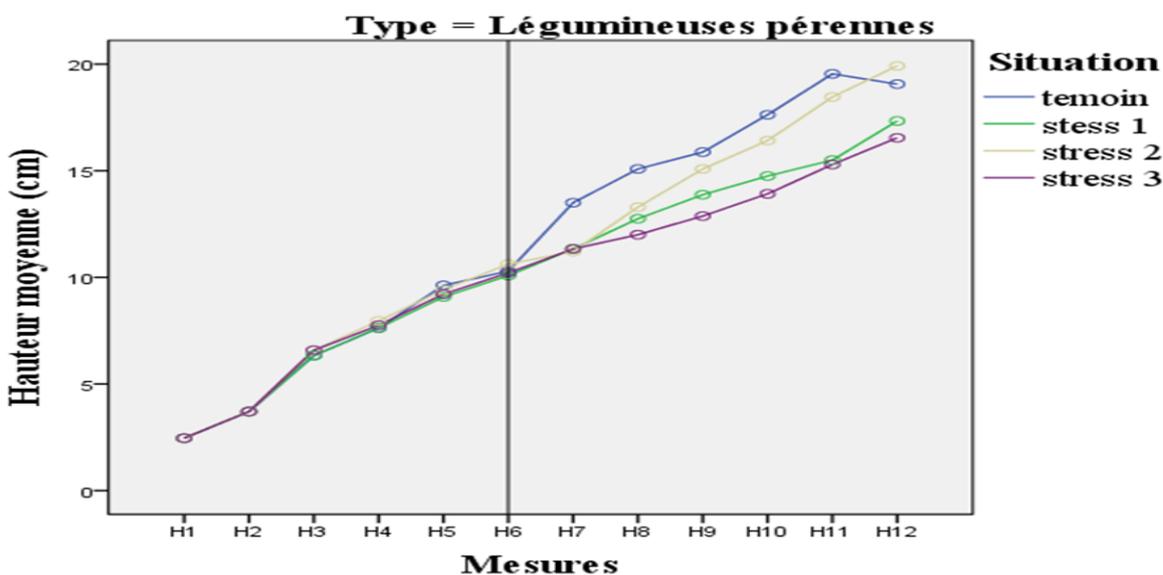


Figure 53 : Evolution de la croissance des Légumineuses pérennes au cours des différents traitements (T, S1, S2 et S3) avec erreur standard

Pour déterminer l'effet de chaque traitement sur la croissance entre les légumineuses pérennes et annuelles, l'analyse des mesures répétées (Tableau 33), montre un effet hautement significatif ($p < 0,05$) au sein de chaque type pour le facteur hauteur au niveau des différents traitements. Par contre l'interaction entre type et traitements présente un effet non significatif.

Tableau 33 : Analyse des mesures répétées entre légumineuses pérennes et annuelles

Familles	Paramètres	P<0,05
Légumineuses pérennes	Hauteur	0,000 ***
	Hauteur*Traitements	0,000 ***
	Hauteur*Traitements*Légumineuses pérennes	0,028 **
Légumineuses annuelle	Hauteur	0,000 ***
	Hauteur*Traitements	0,000 ***
	Hauteur*Traitements*Légumineuses annuelles	0,028 **
Total	Hauteur	0,000 ***
	Hauteur*Traitements	0,000 ***
	Hauteur*Traitements*Type	0,261 NS

a,b : différences significatives au seuil 5%

II-3- Influence de la contrainte thermique sur la quantité totale de la chlorophylle chez les deux familles (graminées et légumineuses)

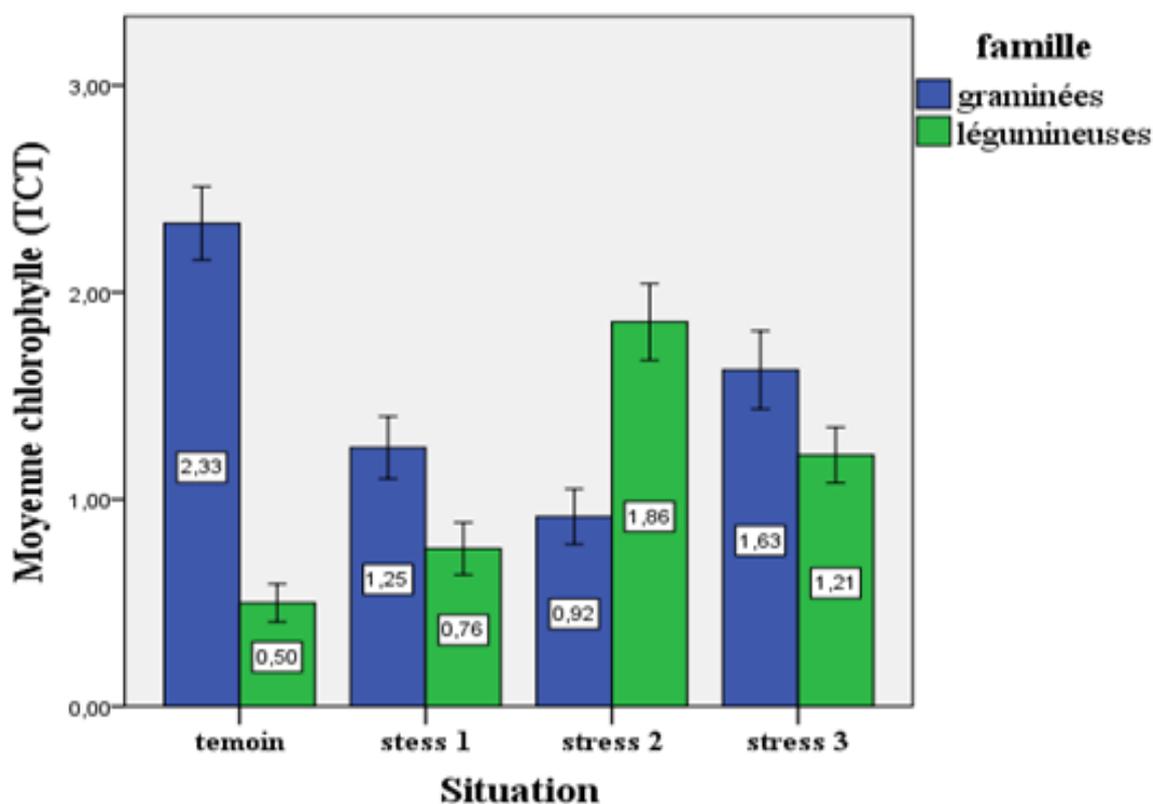


Figure 54 : Quantité de chlorophylle des deux familles (graminées et légumineuses) pour les différents traitements (T, S1, S2 et S3) avec une moyenne ± erreur standard.

La chlorophylle est très instable et se décompose facilement sous l'effet de la lumière et d'autres facteurs environnementaux comme la température. Nous remarquons qu'au niveau des témoins, les graminées produisent plus de chlorophylle avec une moyenne de 2,33 TCT et

de 0,50 TCT par rapport aux légumineuses. L'exposition au froid des deux familles semble affecter la famille des graminées où il a induit une dégradation importante qui restent toutefois inférieurs à celles enregistrées chez les plantes témoins (Figure 54). Les teneurs les plus faibles sont observées au stress 2 (S2) avec un taux de réduction de 78,54 %, ces taux varient de 30,04 % à 46,35% respectivement pour le stress 3 (S3) et le stress 1 (S1)

Pour les légumineuses la quantité de chlorophylle a engendré une augmentation au cours des différents traitements par rapport au témoin. Le stress 2 (S2) enregistre une moyenne de 1,86 TCT ± 1,21 TCT la plus élevée par rapport aux autres traitements qui enregistrent des moyennes inférieurs à celui-ci 1,21 ± 0,87 TCT pour le stress (S3) et de 0,76 ± 0,82 TCT pour le stress (S1). L'analyse de la variance signale une différence très hautement significative en fonction des basses températures .

L'analyse de la variance est très hautement significative pour les deux familles de même pour les différents traitements thermiques (Tableau 34). Le classement des températures se fait selon deux groupes homogènes , le premier groupe (A) qui regroupent à la température de 0,5°C (S3) et -1,2°C (S2) auquel les deux familles synthétisent fortement le chlorophylle avec une moyenne respectivement 1,51 TCT et 1,36 TCT. Le deuxième groupe (B) correspond à la température -3,2°C (S1) avec une faible teneur 0,94 TCT

Tableau 34 : Analyse de la variance de la teneur en chlorophylle de différents traitements thermiques selon les familles (graminées et légumineuses)

		n	Moyenne	Erreur standard	P
Famille	Graminées	84	1,53	0,10	0,001***
	Légumineuses	168	1,08	0,07	
Traitements	Témoin	63	1,17 ab	0,13	0,021**
	Stress 1 (S1)		0,94 a	0,10	
	Stress 2 (S2)		1,36 b	0,13	
	Stress 3 (S3)		1,51 b	0,11	
Interaction					0,000***

a,b : différences significatives au seuil 5%

II-3-1- Influence de la contrainte thermique sur la quantité de la chlorophylle entre le type de familles de légumineuses (pérennes et annuelles)

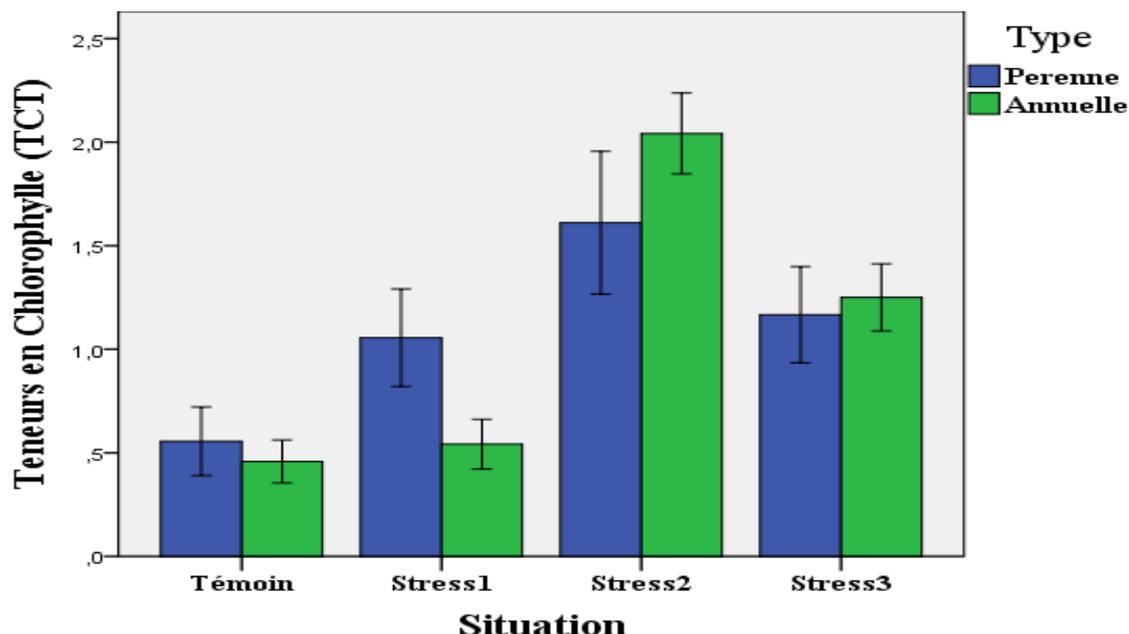


Figure 55 : Variation des teneurs en chlorophylle dans les différents type de famille (légumineuses pérennes et annuelles) en fonction des traitements thermique (T, S1, S2 et S3) avec une moyenne \pm erreur standard.

Tableau 35 : Analyse univariée de la teneur en chlorophylle de différents traitements thermiques selon le type de légumineuses

		n	Moyenne	Erreur standard	P
Type	Pérenne	72	1,10	0,13	0,86 NS
	Annuelle	96	1,07	0,09	
Traitements	Témoin	42	0,50 c	0,09	0,000 ****
	Stress 1(S1)		0,76 bc	0,12	
	Stress 2 (S2)		1,86 a	0,18	
	Stress 3(S3)		1,21 b	0,13	
Intéraction					0,11 NS

a,b : différences significatives au seuil 5%

D’après la Figure 55 et le Tableau 35 nous remarquons que la chlorophylle synthétisée entre les deux types de légumineuses n’est pas significative puisque les moyennes sont très proches (1,10 TCT vs 1,07 TCT) et que la température appliquée ne dépend pas du type de végétal, mais la variance est hautement significative entre traitements, où l’analyse fait ressortir trois groupes homogènes. Le premier groupe (A) correspond au S2 (-1,2°C) avec la moyenne la plus élevée (1,86 TCT). Le second groupe (B) englobe au S3 (0,5°C)

et le S1 (-3,2° C). Le dernier groupe (C) correspond au témoin (T) avec des faibles teneurs en chlorophylle (0,50 TCT).

II-4- Influence de la contrainte thermique sur l'accumulation de la proline chez les deux familles (graminées et légumineuses)

La proline, marqueur de la résistance aux contraintes abiotiques, est étudiée dans les différents familles graminées et légumineuses à des basses températures différentes. Les résultats obtenus du dosage effectué sur les différents plantes montrent une augmentation notable des teneurs en proline, qui varient selon la famille et le degré thermique. Les résultats sont représentés par leurs éléments statistiques dans le Tableau 36

Tableau 36 : Paramètres statistiques des teneurs en proline dans les différents familles pour les différentes basses températures (µmol/g MS).

		n	Moyenne	Erreur standard	P
Familles	Graminées	84	2,20	0,23	0,001 **
	Légumineuses	168	3,35	0,24	
Traitements	Témoin	63	2,14 b	0,13	0,000 ***
	Stress 1 (S1)		3,55 a	0,44	
	Stress2 (S2)		1,99 b	0,16	
	Stress 3 (S3)		4,03 a	0,47	
Interaction					0,007 **

a,b : différences significatives au seuil 5%

L'analyse de la variance fait ressortir deux groupes homogènes. Le premier groupe (A) correspond au stress 3 (S3) et stress 1 (S1) qui marquent la moyenne la plus élevée 4,03µmol/g MS. Le second groupe (B) englobent le témoin (T) et le stress 2 (S2) avec une valeur de 2,14 µmol/g MS (Figure 56).

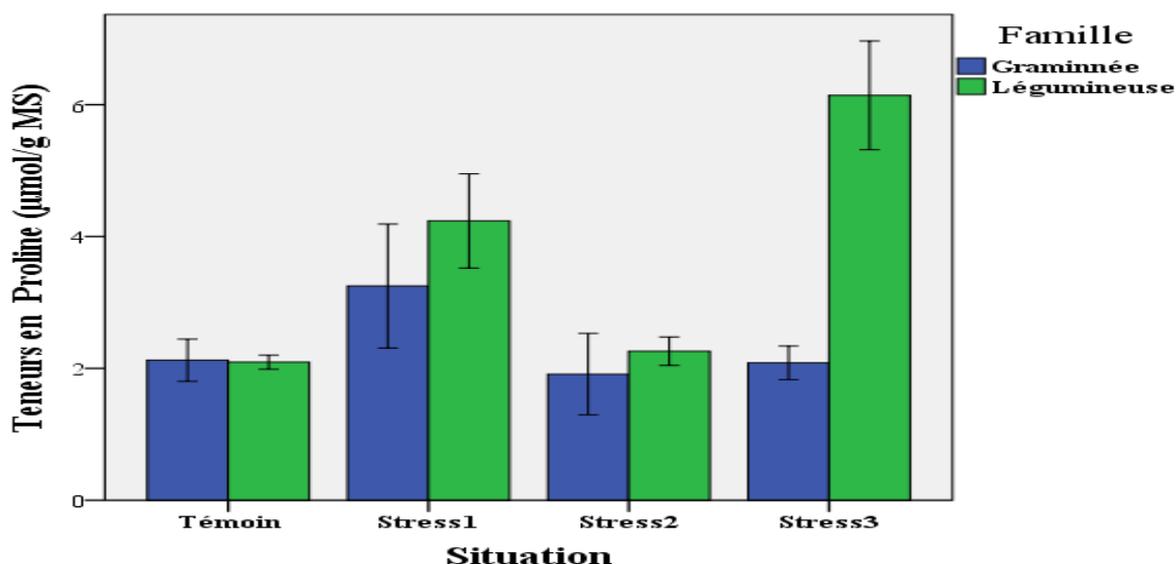


Figure 56 : Quantité de proline des deux familles graminées et légumineuses pour les différents traitements (T, S1, S2 et S3) avec une moyenne \pm erreur standard

II-4-1) Influence de la contrainte thermique sur l'accumulation de la proline selon le type des légumineuses (pérennes et annuelles)

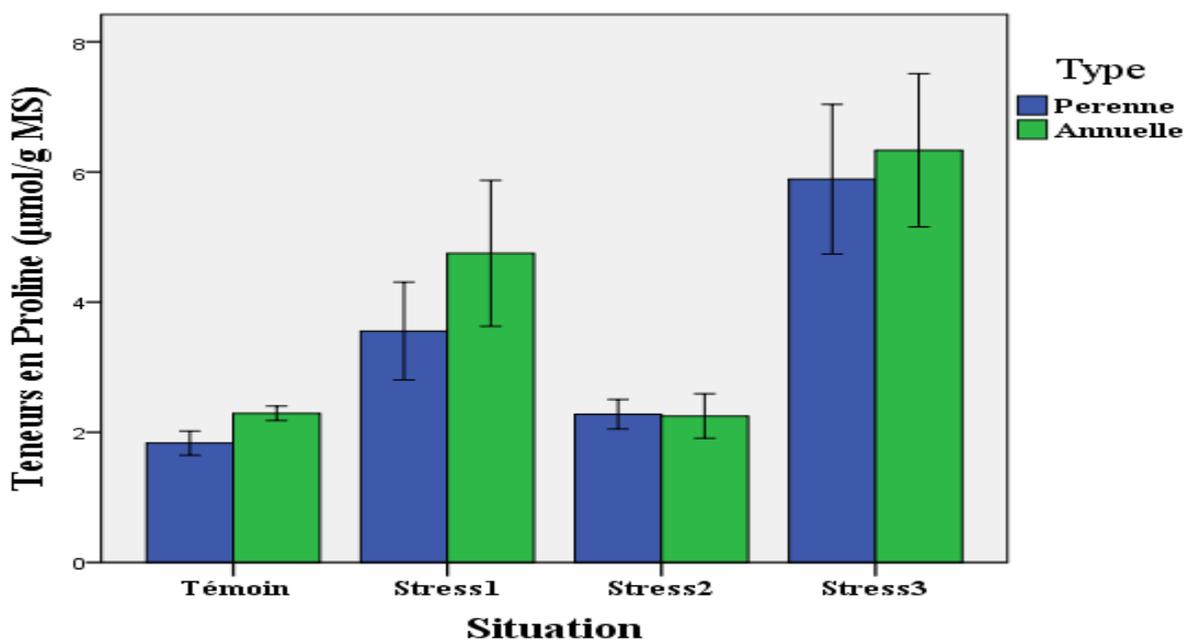


Figure 57 : Quantité de proline des deux types de légumineuses (pérennes et annuelles) pour les différents traitements (T, S1, S2 et S3) avec une moyenne \pm erreur standard.

La Figure 57 montre l'accumulation de la proline des deux types de légumineuses (pérennes et annuelles) sous l'effet des basses températures. Elle montre une forte accumulation de la proline chez les deux types de plantes subissant le stress 1(S1) et le stress

3 (S3). A ces niveau de traitements les taux d’augmentations allant de 87 % à 204,86 % pour les légumineuses pérennes et de 80,43 % à 108,26 % pour les annuelles.

Les résultats de l’analyse univarié (Tableau 37) montre une différence hautement significative pour le facteur traitement par contre qu’elle est non significative entre les deux types de légumineuses. Elle fait ressortir trois groupes homogènes. Le premier groupe (A) regroupe le stress 3 (S3) et le stress 1(S1) avec des moyennes les plus élevées 5,16 et 3,86 $\mu\text{mol/g MS}$ respectivement. le dernier groupe (C) correspond à la température du témoin (T), qui présente la plus faible moyenne (2,10 $\mu\text{mol/g MS}$).

Tableau 37 : Paramètres statistiques des teneurs en proline dans les différentstypes de légumineuses pour les différentes basses températures ($\mu\text{mol/g MS}$).

		n	Moyenne	Erreur standard	P
Type	Pérennes	72	3,32	0,36	0,576 NS
	Annuelles	96	3,37	0,32	
Traitements	Témoin	42	2,10 c	0,11	0,001 ***
	Stress1(S1)		3,86 ab	0,20	
	Stress 2 (S2)		2,29 bc	0,53	
	Stress 3 (S3)		5,16 a	0,67	
Interaction					0,103 NS

a,b : différences significatives au seuil 5%

II-5) Influence de la contrainte thermique sur l’accumulation des sucres solubles pour les deux familles (graminées et légumineuses).

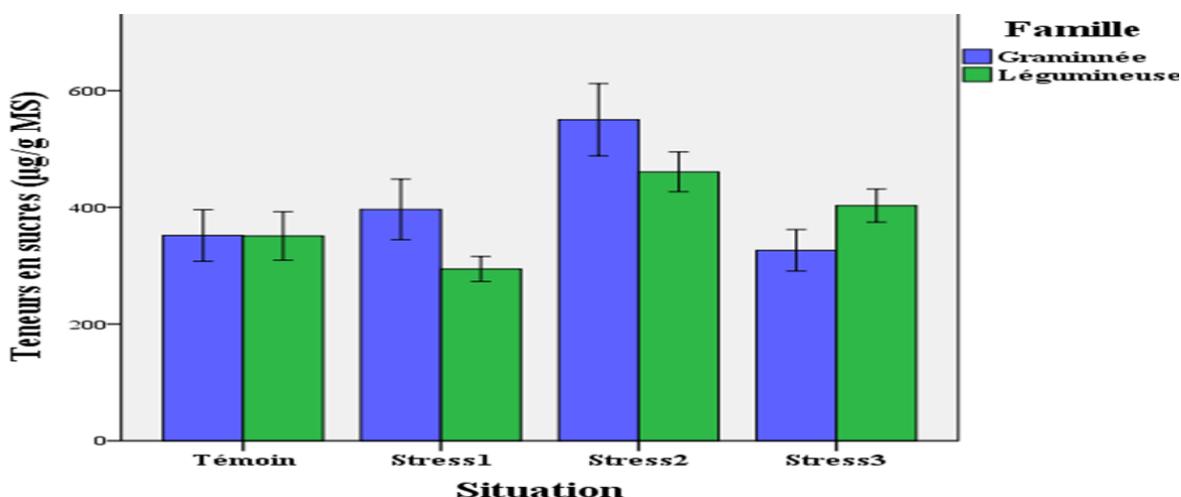


Figure 58 : Quantité de sucres des deux familles graminées et légumineuses pour les différents traitements (T, S1, S2 et S3) avec une moyenne \pm erreur standard

D’après la Figure 58 indique l’accumulation des sucres solubles de différents familles sous l’effet des basses températures. Nous remarquons que la teneur des sucres

solubles des deux familles au niveau du témoin est similaire avec une moyenne entre 344,86 µg/g MS pour les graminées et 350,94 µg/g MS pour les légumineuses . Sous stress thermique les deux familles présentent une forte accumulation des sucres dont les teneurs les plus élevées sont enregistrées au niveau du stress 2 (S2) pour les deux familles avec un taux d'augmentation de 60% pour les graminées et de 31,13% par rapport au témoin. Alors que les teneurs les plus faibles sont enregistrées au niveau du stress 3(S3) pour les graminées avec un taux de réduction de 9,5% et le stress 1(S1) pour les légumineuses avec un taux de 16,01% par rapport au témoin. Les résultats de l'analyse univarié (Tableau 38) montre une différence hautement significative pour les différents traitements alors qu'elle est non significative entre les deux familles et l'interaction entre familles et traitements ; pour cela elle fait ressortir deux groupes ; le groupe A renferme le stress 1(S1) avec une moyenne la plus faible (328,45 µg/g MS) et le groupe B avec une moyenne la plus élevée (493,27 µg/g MS) du stress (S2)

Tableau 38 : Paramètres statistiques des teneurs en sucres solubles dans les différentes familles pour les différentes basses températures (µg /g MS).

		n	Moyenne	Erreur standard	P
Familles	Graminées	84	406,15	23,69	0,31 NS
	Légumineuses	168	377,31	16,67	
Traitements	Témoin	63	351,73 ab	30,29	0,000 ***
	Stress 1 (S1)		328,45 a	22,09	
	Stress 2 (S2)		493,73 b	30,03	
	Stress 3 (S3)		377,27 ab	21,63	
Interaction					0,099 NS

a,b : différences significatives au seuil 5%

II-5-1) Influence de la contrainte thermique sur l'accumulation des sucres solubles selon le type de légumineuses (pérennes et annuelles)

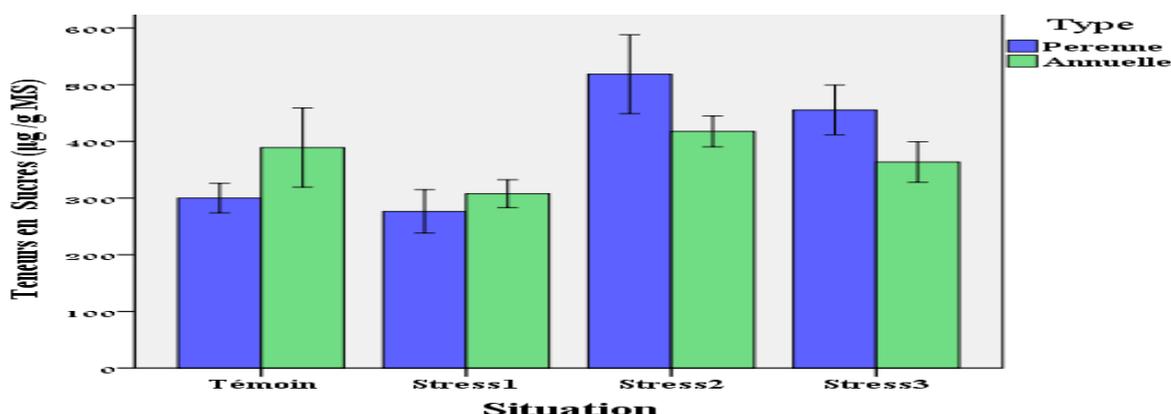


Figure 59: Quantité de proline des deux types de légumineuses (pérennes et annuelles) pour les différents traitements (T, S1, S2 et S3) avec une moyenne ± erreur standard

La Figure 59 montre que la quantité de sucres diffère selon le type de légumineuses (pérennes et annuelles) et entre les différents traitements. Les légumineuses annuelles enregistrent des teneurs plus élevées par rapport aux légumineuses pérennes avec des moyennes respectivement entre 389,13 µg /g MS et 300,02 µg /g MS. Une forte accumulation des sucres induite par l'effet des différentes basses températures enregistrent des teneurs plus élevées au niveau du stress 2 (S2) avec un taux d'augmentation différent selon le type de Légumineuses nettement supérieur selon le type de plantes; pour les légumineuses pérennes est de 70% alors que pour les légumineuses annuelles n' est que de 7% par rapport au témoin. Les plus faibles teneurs sont enregistrées au niveau du stress 1(S1) pour les deux types avec des taux de réduction respectivement de 7,83% pour les pérennes et de 20,89 % pour les annuelles.

Les résultats de l'analyse univarié (Tableau 39) montre une différence hautement significative pour le type de légumineuses mais elle est non significative entre traitements et l'interaction entre traitements et type de plantes. L'analyse fait ressortir deux groupes homogènes. Le groupe A avec la valeur la plus élevée de sucres représenté par le stress 2 (S2) avec une moyenne de 460,89 µg /g MS et un groupe B renferme le stress 1 (S1) avec la moyenne la plus faible de 294,41 µg /g MS.

Tableau 39 : Paramètres statistiques des teneurs en sucres solubles selon le type de légumineuses pour les différentes basses températures (µg /g MS).

		n	Moyenne	Erreur standard	P
Types	Pérennes	72	387,66	26,12	0,01 **
	Annuelles	96	369,57	21,70	
Traitements	Témoin	42	350,94 ab	41,88	0,57 NS
	Stress1 (S1)		294,41 a	21,40	
	Stress 2 (S2)		460,89 b	34,06	
	Stress 3 (S3)		402,99 ab	28,40	
Interaction					0,10 NS

a,b : différences significatives au seuil 5%

II-6- Classification des espèces :

L'analyse multivariée nous permet de classer les espèces de la plus sensible à la plus résistante à partir de tous les variables étudiées (hauteur, chlorophylle, proline et sucres) pour les deux familles (graminées et légumineuses).

Tableau 40 : Variance totale expliquée des graminées

Axes	Graminées		
	Valeurs Propres	% de la variance	% cumulé
1	2,77	46,10	46,10
2	1,50	25,11	71,21

D'après le Tableau 40 les valeurs propres représentant la variance des mesures des graminées sur les axes sont élevées 2,77 pour l'axe 1 et 1,50 pour l'axe 2, donnant aussi une bonne contribution à la variance totale. L'ensemble de l'information expliquée par les deux axes pour cette famille est de 71,22 %.

II-6-1) classification des différents cultivars de graminées

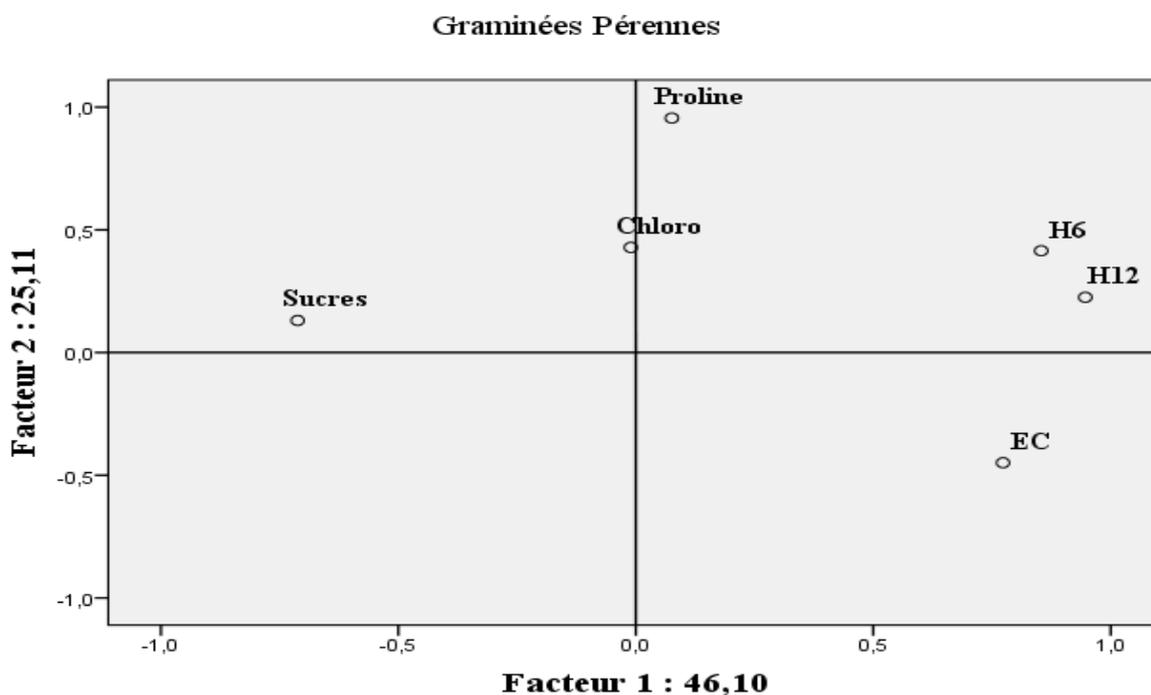


Figure 60 : Projection des variables sur le plan (1 et 2) des graminées

La représentation du plan formé par les deux premiers axes principaux plan (1/2) (Figure 60) pour les graminées montre que 50% des éléments contribuent fortement à la formation de l'axe 1. La partie positive est expliquée par la variable (H6, H12, EC), par contre sa partie négative est expliquée par la variable (sucres), alors que les variables (chlo et proline) expliquent la partie positive de l'axe 2.

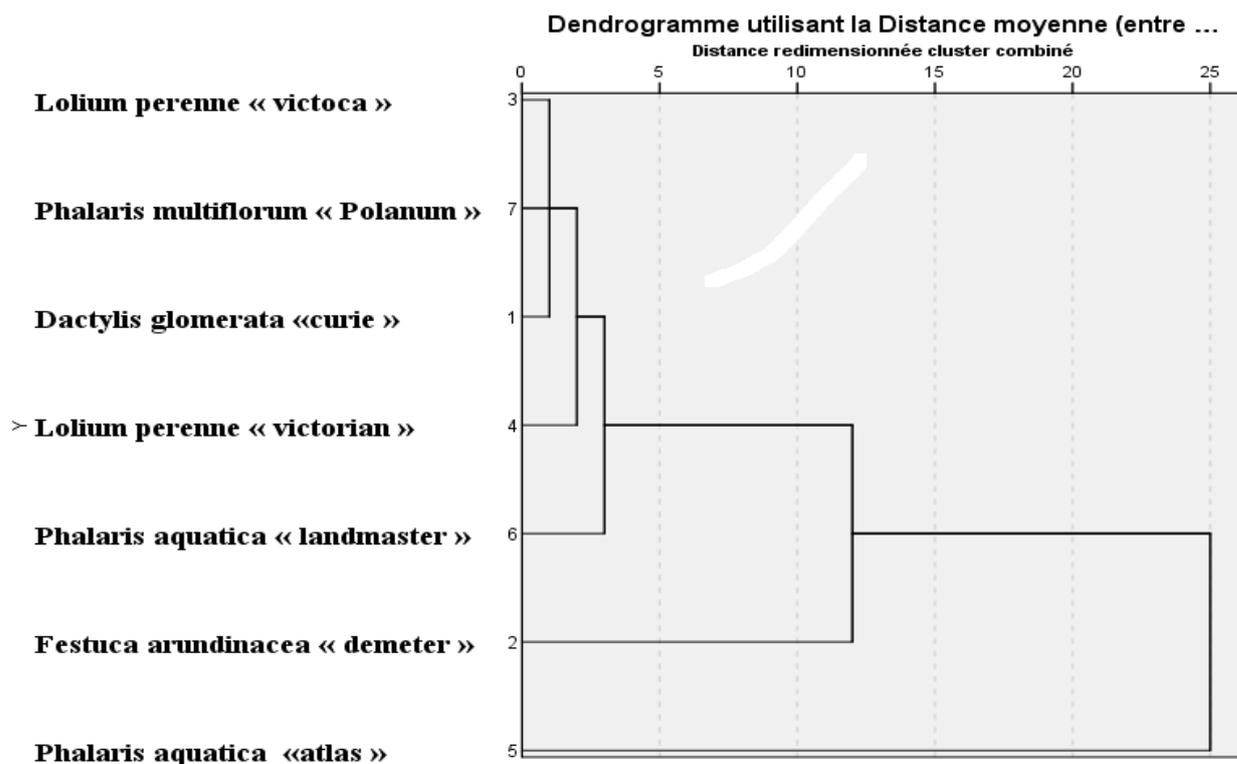


Figure 61 : CHA des cultivars de graminées

D'après la Figure 61 le dendrogramme des graminées fait ressortir 3 groupes de cultivars de graminées; le premier groupe renferme 5 espèces ; *Lolium pérenne* avec ses deux cultivars « victorian » « victoca », *Phalaris aquatica* « landmaster », *Phalaris multiflorum* « polanum » et *Dactylis glomerata* « currie » avec une hauteur avant stress de 18,17 cm et de 24,28 cm après traitement, un taux de chlorophylle de 1,60 unité de SPAD, 2,47 $\mu\text{mol/g}$ MS de proline, 402,57 $\mu\text{g/g}$ MS de sucres et un écart de croissance de 6,12 cm. Le deuxième groupe est composé d'une seule espèce la plus résistante *Festuca arundinacea* «demeter» avec une hauteur avant stress de 14,33 cm et de 23,25 cm, un taux de chlorophylle de 1,17 unité de SPAD, 2,13 $\mu\text{mol/g}$ MS de proline, 304,62 $\mu\text{g/g}$ MS et un écart de croissance de 8,92 cm. Le troisième groupe renferme l'espèce *Phalaris aquatica* « atlas » avec une hauteur avant de 4,58 cm et après stress de 10,08 cm et un taux de chlorophylle de 1,25 unité de SPAD, 2,06 $\mu\text{mol/g}$ MS de proline, de 526,29 $\mu\text{g/g}$ MS et un écart de croissance de 5,50 cm.

II-6-2) Classification des différents cultivars des légumineuses

II-6-2-1) Classification des cultivars de légumineuses pérennes

Tableau 41 : Variance totale expliquée des légumineuses pérennes

Axes	Légumineuses pérennes		
	Valeurs propres	% de la variance	%cumulé
1	3,12	52,07	52,07
2	1,62	27,11	79,18

Le Tableau 41 montre les valeurs propres représentant la variance des mesures des légumineuses pérennes sur les axes sont élevées 3,12 pour l'axe 1 et 1,62 pour l'axe 2 donnant aussi une bonne contribution à la variance totale. L'ensemble de l'information expliquée par les deux axes pour cette famille est de 79,18 %.

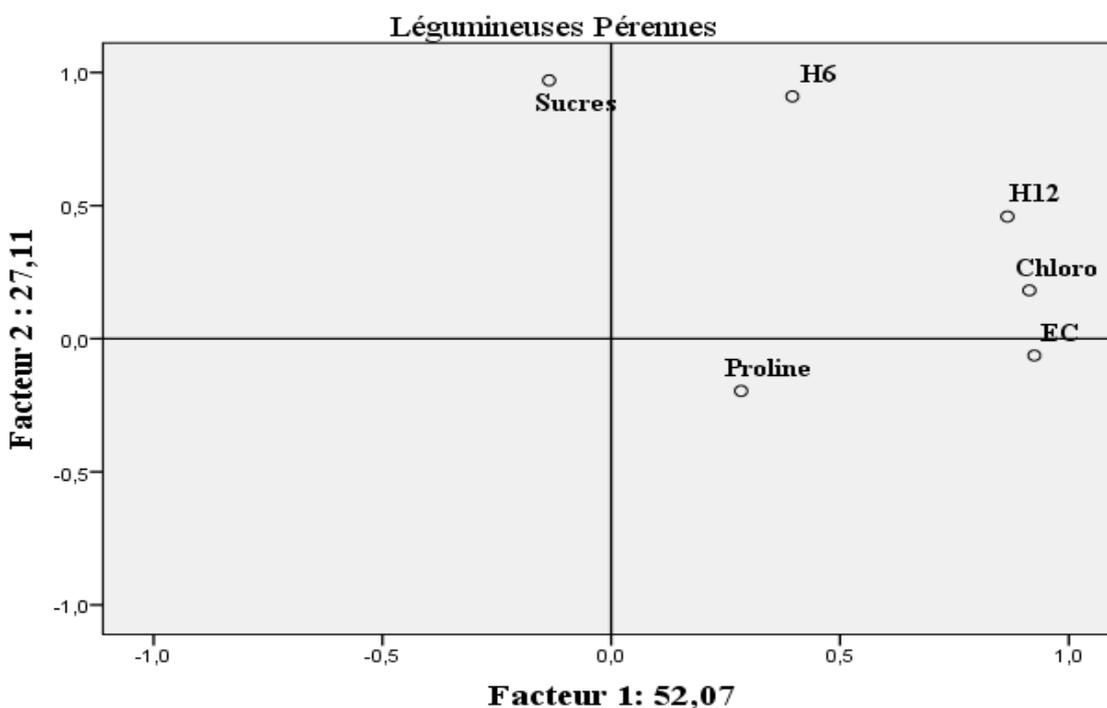


Figure 62 : Projection des variables sur l'axe 1 et 2) des légumineuses pérennes

La représentation du plan formé par les deux premiers axes principaux plan (1/2) (Figure 62) pour les légumineuses pérennes montre que 60% des éléments contribuent fortement à la formation de l'axe 1. La partie positive est expliquée par la variable (chlo, H6, H12, EC et proline), alors que les variables (sucres) expliquent la partie positive de l'axe 2.

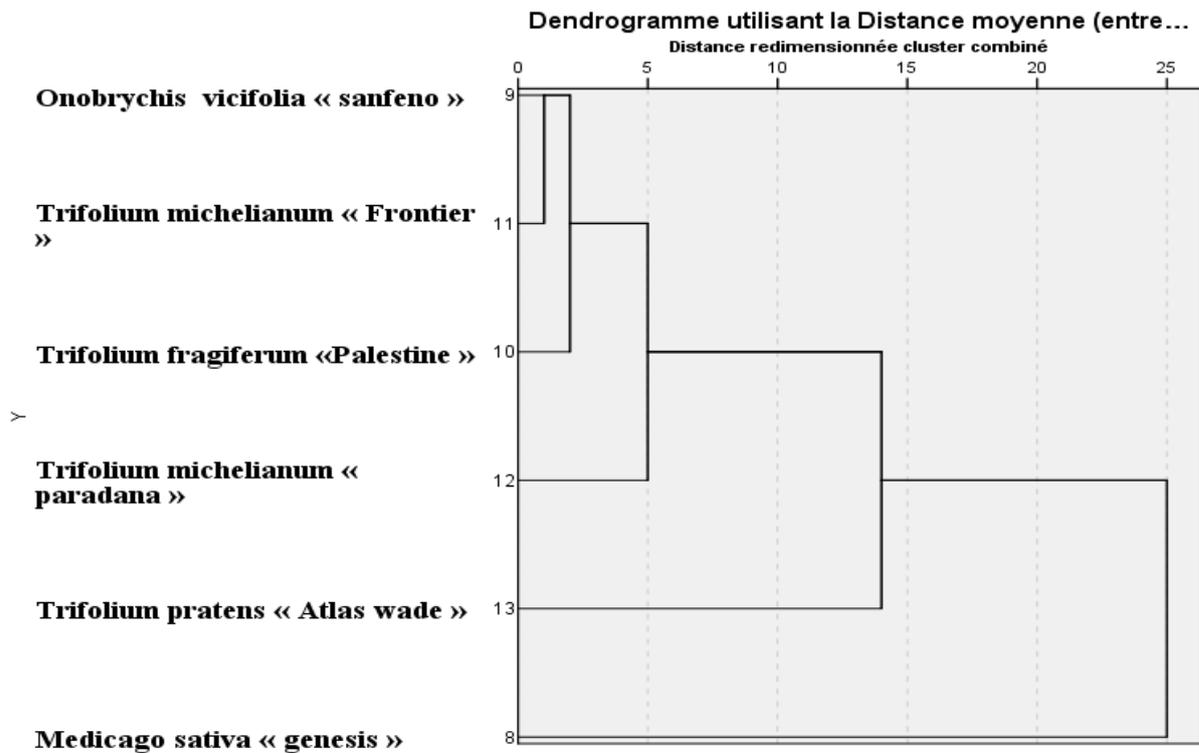


Figure 63 : CHA des espèces de légumineuses pérennes basées sur les différents paramètres

LA CHA confirme la séparation des espèces de légumineuses pérennes qui est basée sur la distance euclidienne montre qu'il existe 4 groupes (Figure 63) distincts. Le premier groupe renferme une seule espèce *Medicago sativa* « genesis » avec une hauteur moyenne de 5,75 cm avant stress et de 15,58 cm près stress en plus d'un écart de croissance de 9,83 cm et un taux de chlorophylle 1,33 unité de SPAD, 5,84 $\mu\text{mol/g MS}$, 237,38 $\mu\text{g /g MS}$. Le deuxième groupe renferme 3 espèces *Onobrychis vicifolia* « sanfeno », *Trifolium frageferum* « palestine », *Trifolium michelianum* « frontier » avec une hauteur moyenne de 8,03 cm avant stress, 17,5 cm après stress et un écart de croissance 9,47 cm, un taux de chlorophylle 1,22 unité de SPAD, 2,11 $\mu\text{mol/g MS}$ de proline, 411,10 $\mu\text{g /g MS}$ des sucres. Le troisième groupe *Trifolium michelianum* « paradana » avec une hauteur moyenne de 4,92 cm avant stress et 11,08 cm avec un écart de croissance 6,17 cm et un taux de chlorophylle 0,5 unité de SPAD, 2,28 $\mu\text{mol/g MS}$ et 328,56 $\mu\text{g /g MS}$. Le quatrième groupe comporte une seule espèce *Trifolium pratens* « atlaswade» avec une hauteur moyenne de 8,75 cm avant stress, 15,25 cm après stress et d'un écart de croissance de 6,05 cm, un taux de chlorophylle de 1,08 unité de SPAD, 5,48 $\mu\text{mol/g MS}$ et de 526,70 $\mu\text{g /g MS}$ taux de sucres.

II-6-2-2) Classification des légumineuses annuelles :

Tableau 42 : Variance totale expliquée des légumineuses annuelles

Axe	Légumineuses annuelles		
	Valeurs propres	% de la variance	% cumulé
1	2,38	39,78	39,78
2	1,86	31,15	70,94

D'après le Tableau 42, les valeurs propres représentant la variance des mesures des légumineuses annuelles sur les axes sont élevées 2,38 pour l'axe 1 et 1,86 pour l'axe 2 donnant aussi une bonne contribution à la variance totale. L'ensemble de l'information expliquée par les deux axes pour cette famille est de 70,94 %.

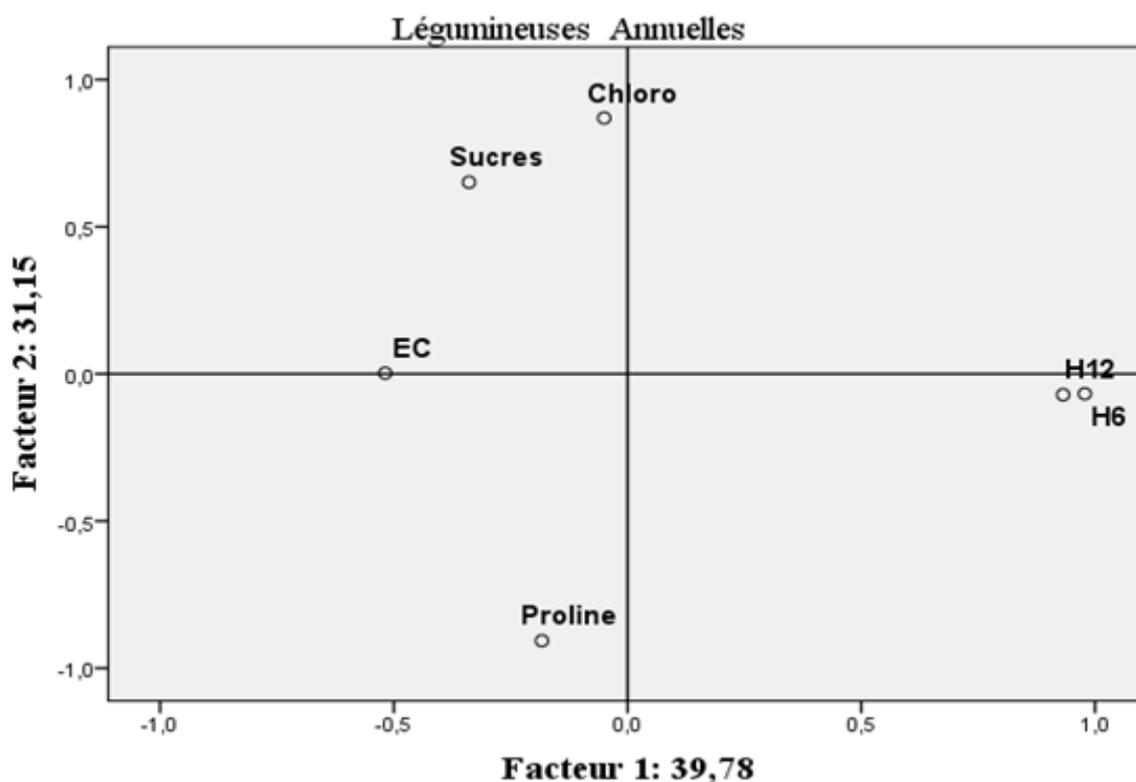


Figure 64: Projection des variables sur l'axe 1 et 2 des légumineuses annuelles

La représentation du plan formé par les deux premiers axes principaux plan (1/2) (Figure 64) pour les légumineuses annuelles montre que 40% des éléments contribuent fortement à la formation de l'axe 1. La partie positive est expliquée par la variable (H6, H12) par contre sa partie négative est expliquée par la variable (EC) alors que les variables

(chlorophylle et sucres) explique la partie positive de l'axe 2 par contre sa partie négative est expliqué par la variable (proline).

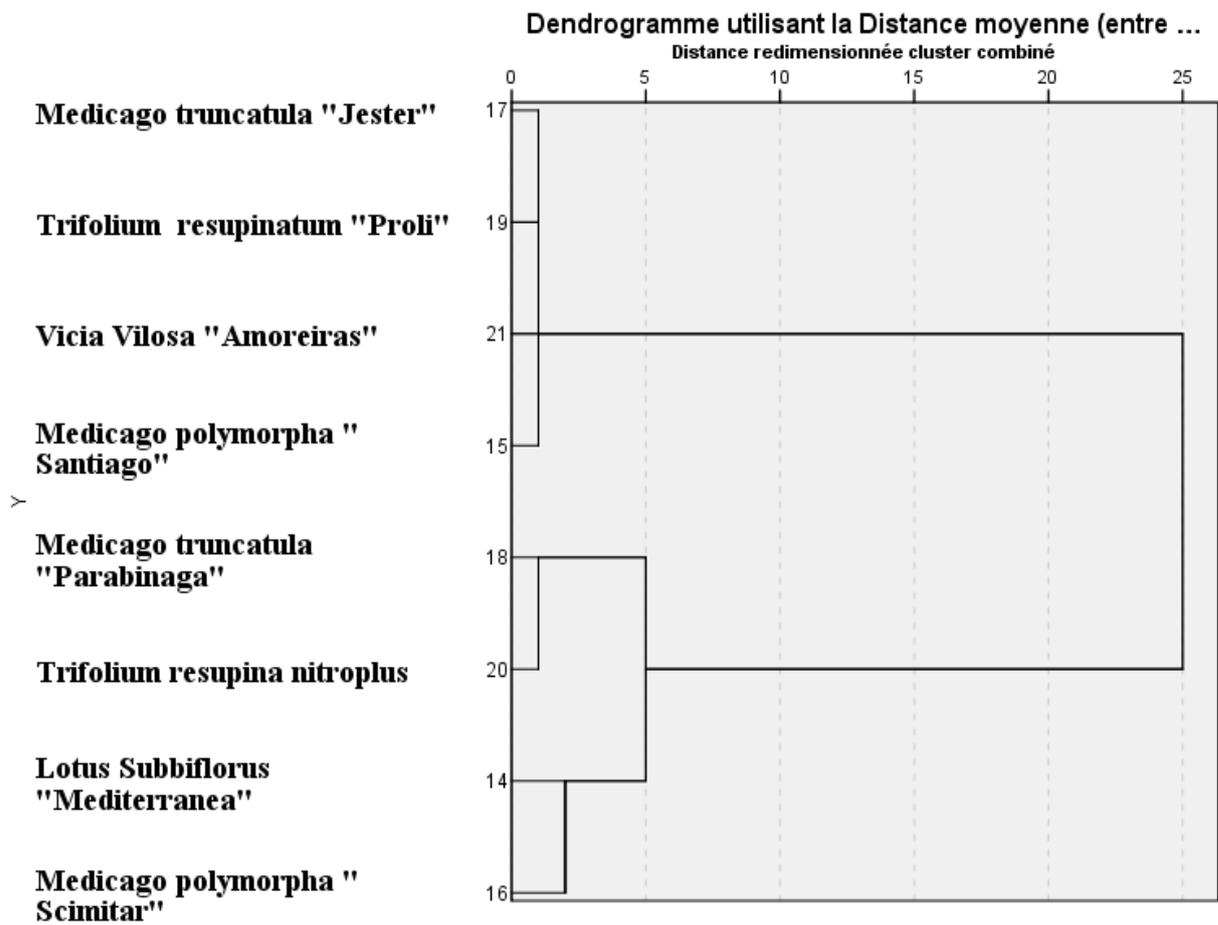


Figure 65 : CHA des espèces de légumineuses annuelles basée sur les différents paramètres étudiés

D'après le dendrogramme des légumineuses annuelles (Figure 65) basée sur la distance euclidienne confirme la séparation de ces types de légumineuses en 3 groupes différents. Le premier groupe renferme deux espèces *Lotus subbiflorus* « méditerranée » et *Medicago polymorpha* « scimitar » avec une hauteur moyenne de 18,13 cm avant stress et de 25,00 cm après stress et un écart de croissance de 6,88 cm, un taux de chlorophylle 0,50 unité de SPAD, 2,28 $\mu\text{mol/g}$ et 328,56 $\mu\text{g/g MS}$. Le deuxième groupe composé de 4 espèces *Medicago polymorpha* « santiago », *Medicago truncatula* « jester », *Trifolium resupinatum* « proli », *vicia vilosa* « amoreiras » avec une hauteur moyenne de 7,69 cm avant stress, de 16,01 cm après stress et un écart de croissance 8,32 cm, un taux de chlorophylle 1,15 unité de SPAD, 2,85 $\mu\text{mol/g MS}$ et 445 28 $\mu\text{g/g MS}$ de sucres. Le troisième groupe renferme deux espèces

Medicago truncatula « parabinaga » et *Trifolium resupina* « nitroplus » avec une hauteur moyenne de 7,71 cm avant stress, 15,83 cm après stress et un écart de croissance de 8,13 cm, un taux de chlorophylle de 1,04 unité de SPAD, 4,36 $\mu\text{mol/g MS}$ et 264,07 $\mu\text{g /g MS}$ de sucres

Discussion Générale

Pour mettre en évidence l'évaluation des possibilités d'amélioration des espaces pastoraux de la région de Sétif. La régénération des prairies dégradées par le reensemencement à l'aide d'un mélange prairial, nous a permis de mettre en œuvre deux expérimentations, l'une par l'estimation de la productivité de la biomasse aérienne en phase de pâturage (hors cages) comme en phase de fauche (dans les cages) ainsi que la diversité botanique des deux prairies étudiées, l'autre expérimentation par la réponse éco-physiologique en vue d'adaptation de ce mélange aux variations thermiques de la région de Sétif à partir de marqueurs biochimiques et morphologique tels que la proline, les sucres, la chlorophylle et la hauteur (vitesse de croissance) des cultivars. L'examen des résultats s'avère positifs, ce type d'expérimentation a duré 4 ans (2006-2009).

Les résultats de la productivité des deux prairies étudiées sont variables d'une année à une autre. La biomasse disponible au stade pâturage (stade végétatif) a été significativement plus élevée dans la parcelle ressemée enregistrant des hauts rendements en biomasse fraîche allant de 7,3 t/ha en 2006 jusqu'à 17,21 t/ha en 2009 qui s'explique par la meilleure réponse à la fertilisation, l'irrigation et les travaux d'entretien par rapport à la prairie témoin qui enregistrent des rendements inférieurs de 5,9 t/ha jusqu'à 12,75 t/ha pour la même période ceci peut être dû au manque de nettoyage de la prairie, des débris secs, du fourrage étant resté sur pied ce qui engendre une repousse automnale et printanière assez faible et diminue la biomasse d'herbe. La production maximale des prairies dépend de la densité des talles, du nombre de plantes et feuilles vivantes par talle et la taille des feuilles (Lemaire, 1999) de plus la fertilisation favorise le développement d'herbes la prairie est alors productive (Leconte, 1991) ainsi que l'apport d'eau dépend de la fertilisation azotée (Moule, 1980).

Toutefois, la biomasse disponible après le pâturage prélevée au niveau des deux prairies (prairie régénérée et témoin) présente une différence non significative où la biomasse de la prairie semée est plus importante, elle est de 14,27 t/ha surtout en dernière année (2009) en la comparant avec celle de la prairie naturelle enregistrant une biomasse inférieure de 11,42 t/ha.

De plus la biomasse prélevée par le troupeau a été également significativement plus importante dans la prairie ressemée que dans la naturelle au cours des années d'expérimentation. Ces résultats seraient à confirmer sur plusieurs années, vu l'interférence de plusieurs facteurs dont l'appétence supérieure des espèces semées par rapport aux espèces autochtones; ces dernières pourraient avoir développé des résistances au surpâturage,

notamment par le durcissement et la rugosité des feuilles (Marriott et Carrère, 1998). D'autre part le niveau de production pour la fauche les résultats montre une différence significative pour l'année 2006 et 2009 avec des moyennes respectives de 7,05 t/ha et 8,84 t/ha alors qu'elle est non significative pour l'année 2007 et 2008. Les résultats de la matière sèche ingérée montrent que la prairie régénérée est 2 fois plus supérieure comparée à la prairie témoin ceci s'explique par l'appétence où les animaux préfèrent l'herbe palatable de la prairie régénérée à celui de la prairie témoin qui selon Duthil (1967) a montré que la valeur fourragère spécifique de l'herbe est liée au nombre et à la qualité fourragère des espèces présentes dans la prairie. Aussi les fluctuations interannuelles des productions des deux parcelles sont dues vraisemblablement à la réponse différente des deux types de végétation à une pluviométrie très variable. En outre, beaucoup d'autres facteurs peuvent influencer la production annuelle et la variabilité interannuelle (hétérogénéité de l'irrigation, du nettoyage estival des débris secs de végétaux, etc.) ce qui rend difficile l'interprétation des résultats obtenus dans un système extensif de ce genre et sous un climat aussi variable.

La diversité floristique est une caractéristique essentielle des prairies permanentes. Elle répond aux facteurs du milieu (climat surtout) et les modalités d'exploitation (pâturage et fauchage). La diversité floristique influence quantitativement et qualitativement la production via la composition botanique. L'évolution de la composition floristique au cours des quatre années d'expérimentation révèle que la proportion des deux principales familles botaniques dans les deux parcelles expérimentales a été aussi très variable d'une année à une autre pour les deux phases (pâturage et fauche). Pour la parcelle de prairie naturelle, la première année, les taux de légumineuses étaient importants (12-14%) mais au cours des 2 dernières années (2008 et 2009), les graminées dominaient (86-88%), alors que les légumineuses diminuent de plus en plus jusqu'à 4,12% ce qui correspond à une composition "classique" des prairies de cette région d'étude (Abbas et *al.*, 2005; Tedjari, 2005; Benider, 2005). Pour la prairie régénérée, les différences entre familles botaniques des deux prairies sont significatives. Au fil des années, on constate surtout une dominance croissante des graminées (de 75 à 90%) aux dépens des légumineuses (de 10-15%) ceci s'explique par la concurrence entre les graminées et les légumineuses. Selon Moule (1980), admet que les relations existaient entre les graminées et légumineuses composés principaux de la prairie sont en relations de concurrence pour les éléments fertilisants et la lumière.

La productivité des cultivars des deux prairies diffère d'une famille à une autre et d'une année à une autre, où nous avons remarqué que la famille des graminées, la proportion des cultivars levés est plus importantes près de 71% (5/7 cultivars levés) par rapport aux légumineuses, où la levée est moins importante surtout chez les légumineuses pérennes (33%) par rapport aux légumineuses annuelles avec 50 % et ceci en année 2006 mais ce pourcentage augment au fil des années d'expérimentation, pour atteindre 100% en dernière année (2009) pour les deux familles.

Chez les graminées, la levée diffère entre les espèces et entre les cultivars. L'espèce *Lolium perenne* enregistre un poids frais élevé par rapport aux espèces *Phalaris multiflorum* et *Festuca arundinacea*. Elle diffère aussi entre les cultivars, *Lolium perenne* « victorian » enregistre un poids frais supérieur à celui de *Lolium perenne* « victoca » et entre *Phalaris aquatica* « landmaster » qui présente un poids frais inférieur à alors que *Phalaris aquatica* « atlas » ne présente un taux de levée qu'après deux ans de son semis. Aussi pour le cultivar *Festuca arundinacea* « demeter » avait très lente au début de l'expérimentation mais marque ensuite une installation très rapide à partir de la 3^{ème} année de son semis dont le poids frais devient presque égal à celui du cultivar *Lolium perenne* « victorian ».

Les résultats obtenus, à partir de l'étude des marqueurs biochimiques d'adaptation au stress thermique chez les différentes espèces prairiales (graminées et légumineuses) soumis aux conditions naturelles et à des conditions de stress par leurs exposition pendant une durée de 3 heures, à une gamme de basses températures, ont montré que la réponse de ces espèce dépend de deux facteurs : familles et stress (degrés de température). Les deux familles (graminées et légumineuses) enregistrent un ralentissement la croissance de la hauteur ayant un effet significatif qui dépend du type de stress thermique, le ralentissement de la hauteur des graminées était pour les deux températures (-3,2°C) et (-1,2°C), des résultats similaires ont été rapporté par l'étude de Makhoul (2009), portant sur la réponse de quelques variétés de céréales sous l'influence du froid, indiquent que les basses températures influent négativement sur le développement des céréales alors que les légumineuses sont beaucoup plus sensible à la température (0,5°C) par rapport aux autre températures de stress, en les comparant aux plantes des légumineuses témoin où la croissance est plus importante, par conséquence, on peut déduire l'effet négatif de la température sur la croissance. Tous ces résultats concordent à ceux de Laala (2009) sur les semis de pin d'Alep sous contraintes thermiques montrent que les basses températures diminuent la croissance et Haichour (2009)

sur le stress thermique du Chêne vert en Algérie. Zhu, (2001) in Lemziri (2007) souligne que la réduction de croissance est une capacité adaptative nécessaire à la survie d'une plante exposée à un stress abiotique. Le froid a aussi un effet significatif sur le type de plantes au sein de la même famille c'est le cas entre les légumineuses annuelles et pérennes où il existe une différence significative entre le type de plantes au cours des différents traitements, les légumineuses pérennes enregistrent des développements inférieurs aussi bien en conditions normales et en conditions stressantes par rapport aux légumineuses annuelles. Nos résultats concordent à ceux Yahia et Fyad-Lameche (2003) lors de leurs étude d'évaluation de la variabilité de jeunes plants de *Medicago* soumis à un régime de basse température.

Plusieurs études ont montré que, lors d'une contrainte thermique, les plantes adoptent des stratégies d'adaptation qui diffèrent d'une espèce à une autre et qui font intervenir une large combinaison de facteurs morphologiques, physiologiques et biochimiques (Monneveux et Belhassen, 1996). De ce fait, ces changements imposent la réflexion sur les stratégies à entreprendre pour comprendre les mécanismes mis en jeu par les plantes afin de s'adapter aux nouvelles conditions de l'environnement et de maintenir leur croissance et leur productivité (Belkhodja et Bidai, 2007; Trinchant et *al.*, 2004).

La chlorophylle présente des fluctuations entre les deux familles étudiées, une baisse significativement importante est observé chez les graminées au niveau du stress 2(-1,2°C) alors que les légumineuses où nous avons observé l'effet contraire avec une meilleur accumulation de chlorophylle pour la même température. Les mêmes résultats ont été trouvés par Bousba (2012) et Beldjazia (2013). Ce marqueur a marqué une différence non significative entre type de légumineuses ne semblent pas être affecté par le froid ou ils accumulent une quantité importante de chlorophylle au niveau de la température (-1,2 °C).

Le comportement des jeunes plants des deux familles graminées et légumineuses stressées à des différents niveaux de basses températures montre une variabilité dans l'accumulation de la proline libre. De nombreux travaux rapportent que la proline s'accumule dans la plante lorsqu'elle se trouve en conditions défavorables (Sivaramakrishnan et *al.*, 1988) ce qui traduit le caractère de la résistance aux stress (Greenway et Munns, 1980). Une augmentation significative de la quantité de la proline est observée chez les deux familles dépend de la famille et le degré du stress thermique alors qu'elle est non significative au niveau du type de légumineuses où les valeurs élevées sont enregistrées au niveau de la température (0,5°) pour les légumineuses pérennes et annuelles.

En outre, nous remarquons que les plantes stressées ont réagi aussi par l'accumulation des sucres au niveau des différentes familles. Les teneurs les plus élevées e sont observée chez les deux familles au niveau du stress 2 (-1,2°C) quoique l'analyse a montré une différence non significative pour les deux familles (graminées et légumineuses) et significative selon le type de légumineuses (pérennes et annuelles). Ces résultats sont en accord avec ceux de plusieurs auteurs tel que Bousba (2012), Laala (2009), Hamli (2015), Makhlouf (2009) et Haichour (2009).

Conclusion Générale
Et Perspectives

Les prairies naturelles représentent un écosystème qui a sa place dans l'activité économique de la région de Sétif, soit par la diversité des espèces, essentiellement les graminées et les légumineuses, soit comme fournisseur d'aliments aux animaux assurant ainsi les charges à l'hectare appréciables.

A l'issue de ce travail de thèse, nous avons acquis une meilleure connaissance des descripteurs pédoclimatiques et des pratiques de gestion qui déterminent la composition botanique des prairies permanentes, ainsi que les relations entre la composition de la végétation des prairies et leur aptitude à procurer des services fourragers et des services environnementaux. La végétation est ainsi vue comme le reflet et la synthèse de la combinaison milieu-pratiques qui vont influencer positivement ou négativement sur l'ensemble des services environnementaux ou agronomiques (production de fourrages) qu'elle délivre.

Revaloriser l'usage de la prairie permanente apparaît comme un élément nécessaire pour redonner une place plus importante à ces surfaces dans les systèmes herbagers et pour optimiser leur gestion ceci demande à réévaluer les besoins en fonction d'objectifs de production qui seront moins intensifs mais qui garderont une composante à long terme.

Les résultats obtenus montrent que l'utilisation d'un mélange multispécifique pour la restauration de prairies en milieu semi-aride d'altitude (Algérie), dont l'objectif d'améliorer la durabilité des systèmes de production locaux, doit nécessairement s'effectuer en tenant compte de beaucoup de paramètres relatifs aux pratiques locales (mode d'exploitation, irrigation...) et au climat, très variable et très contraignant. Il serait ainsi judicieux d'en tester plusieurs afin de sélectionner un mélange performant et s'adaptant le mieux aux pratiques d'exploitation locales. La conservation ou la durabilité de la prairie, nécessite une réflexion au chargement animal minimum sur les prairies extensives, à l'intérêt de la flore pour une utilisation plus précoce ou plus tardive par l'éleveur, aux changements possibles dans la saison de pâturage, au choix d'espèces animales à maintenir, aux combinaisons du pâturage et de la fauche et à la réductions de la fréquence de fauche, des coûts fixes et du travail. Dans les réductions d'intrants, il est nécessaire de réfléchir à une fertilisation raisonnée. En ce qui concerne la qualité, nos résultats, très importants du reste, compte tenu que nos travaux ont ouvert un domaine assez vierge. Cependant il est nécessaire dans une étape suivante à l'issue d'autres travaux complémentaires pourraient permettre de construire des outils d'évaluation de ces services, ce qui permettrait d'enrichir la palette de services fourragers et environnementaux déjà étudiés. Ces surfaces y ont

une place légitime, d'autant plus qu'elles sont économes en intrants et permettent de concilier des enjeux environnementaux et fourragers.

L'objectif d'installation des prairies régénérées est de les pérenniser, donc il est possible d'améliorer la composition botanique d'une prairie, mais le risque d'échouer est cependant élevé. Les erreurs de gestion qui ont pu mené à une dégradation de la composition botanique ne peuvent généralement pas être corrigées sans un investissement plus important.

Durant ces années, les démarches faisant appel à plusieurs disciplines sont certes plus difficiles à gérer mais sont très enrichissantes et nécessaires pour répondre aux enjeux agricoles actuels. Nous pouvons donc affirmer que le premier objectif est atteint et que les principaux résultats nous ont permis une image assez claire de la situation. Enfin, ce travail a pu montrer la voie pour qu'un programme de recherche qui puisse avoir lieu afin de renforcer les résultats obtenus et surtout les approfondir dans le cadre d'un observatoire permettant un suivi rigoureux. Ce programme pourrait alors orienter au mieux les politiques pour l'amélioration des rendements et la préservation de l'environnement pour un développement durable.

Dans le cadre d'un travail futur, d'autres études non moins importantes peuvent également être conduites sur l'évolution de la fertilité du sol, la valeur fourragère, les paramètres environnementaux relatifs à la séquestration du carbone, les problèmes de pollution hydrique. Il serait souhaitable aussi d'utiliser des marqueurs moléculaires spécifiques qui pourraient être liés à l'adaptation.

Références

Bibliographiques

A

1. **Abbas, K., Bennoui, R., Madani, T. 2000.** Connaissance, analyse et proposition d'amélioration des systèmes de culture de céréales en relation avec la conduite des systèmes d'élevage dans les hautes plaines de Sétif. poster en contribution au congrès "the contribution of the scientific research and the new technologies in the développement and the value enhancement of the arid and semi-aride region ", EL-Oued (DZA), 1-4.
2. **Abbas, K., Abdelguerfi-Laouar M., Madani T., Mebarkia A., Abdelguerfi A. 2005** Rôle et usage des prairies naturelles en zone semi -aride d'altitude en Algérie, Fourrages, 183. 475-479.
3. **Abdelguerfi, A. 1987.** Quelques réflexions sur la situation des fourrages en Algérie. Céraliculture, ITGC, 16. 1-5. In comité scientifique des Assises INRRA 2007.
4. **Abdelgherfi A., Hakimi, M. 1990.** Les prairies naturelles permanentes en Algérie. Problématique. Ann. Inst. Agron. El Harrach, 14 (1/2). 1-12.
5. **Adem, R., Ferrah, A. 2002.** Les ressources fourragères en Algérie. Analyse du bilan fourrager pour l'année 2001. [http://désertification.wordpress.com/2007/03/31/ressources fourragères en algérie.gredaal.com/](http://désertification.wordpress.com/2007/03/31/ressources-fourragères-en-algérie.gredaal.com/).
6. **Alteroche, F. 2013.** Le sursemis pour rénover les prairies Revue des Eleveurs de bovins allaitants n° 206 in « Réussir bovins viande ». 2 p.
7. **Ambroise, R., Maapar, D., Hubert, D. 2002.** L'agriculture et la forêt dans le paysage, La Ferté-Macé, France : Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires rurales. 1-104.
8. **Amiaud, B., Plantureux S. 2011.** La biodiversité des prairies permanentes : nouveau contexte, nouvelles approches Fourrages 208. 241-243.
9. **Amiaud, B., Carrère P. 2012** La multifonctionnalité de la prairie pour la fourniture de services écosystémiques Fourrages, 211. 229-238.
10. **Augustine, D. J., Frank, D.A. 2001.** Effects of migratory grazers on spatial heterogeneity of soil nitrogen properties in a grassland ecosystem. Ecology, 82. 3149-3162.

B

11. **Bakker, C., Blair, J.M., Knapp, A.K. 2003.** Does resource availability, resource heterogeneity or species turnover mediate changes in plant species richness in grazed grasslands?. Oecologia, 137. 385-391.

12. **Battegay S., Calanville P., de Launay J., Demars JL., Duru P C., Gautier S., Greffier J., Grey S., Protin P -V., Siohan Y. 2009.** «Tout savoir pour optimiser le potentiel de mes prairies» Revue « La prairie de A à Z » ARVALIS, Institut du Végétal 53. 23p.
13. **Beldjazia, A. 2013.** Effet du stress thermique (basses températures sur l'évolution des sucres solubles, proline et chlorophylles chez les semis du chêne liège (*Quercus suber* L.) Thèse de Magistère. Ecologie et environnement. Université les frères Mentouri. Constantine. 170 p.
14. **Belair, G., Amrane, K., Touati, A. 1988.** Valorisation des prairies naturelles et élevages bovin en étage humide et subhumide : Est Algérien. Ann. Institut National d'Agronomie EL Harrach 12. 374-398.
15. **Belaid, D. 1996.** Aspect de la céréaliculture Algérienne Ed: OPU. 200p.
16. **Bélangier, G. 2012 :** Indices climatiques associés aux risques de dommages hivernaux aux plantes agricoles pérennes. Colloque en climatologie. Québec, Canada. 21p.
17. **Belge, C. 2006.** Améliorer la flore des prairies (partie I) : causes de dégradation, symptômes et techniques de correction. 3p.
18. **Belkhodja, M., Bidai, Y. 2007.** Analyse de la proline pour l'étude de la résistance d'une halophyte *Atriplex halimus* L à la salinité. Laboratoire de Physiologie Végétale. Faculté des Sciences. Université d'Oran. 8p.
19. **Benharkat, S. 1978.** La production laitière. Thèse de doctorat vétérinaire. Institut des sciences vétérinaires. Constantine. 56 p.
20. **Bénider, C. 2005.** La prairie naturelle en situation semi-aride : Effet des pratiques agricoles sur la flore et la productivité. Thèse de magister : Valorisation des productions végétales. Sétif : Université Ferhat Abbas. 106 p.
21. **Benniou, R., Brinis, L. 2006.** Diversité des exploitations agricoles dans la région semi-aride de l'Algérie, Sécheresse vol 17 (03).
22. **Bessaoud, O. 1994** L'agriculture en Algérie de l'autogestion à l'ajustement (1963-1992), Options Méditerranéennes, B, 8. 89-103.
23. **Bigot, S., Brou, Y.T., Szarzynski, J., Koli, B.Z. 2003.** Variabilité bioclimatique dans la région du Parc National de la Comoé (Côte d'Ivoire) : variations inter-annuelles et rythmes journaliers. Géotrope, Edition Universitaire de Côte d'Ivoire (EDUCI).
24. **Bindi M., Olesen, J.E. 2011.** The responses of agriculture in Europe to climate change. Regional Environmental Change, 11. 151-158.

25. **Blanchet, R. 2012.** Effets des pratiques agricoles et des infrastructures agro-écologiques sur la diversité végétale. Mémoire de stage : Biologie et Ecologie pour la Forêt, l'Agronomie et l'Environnement, Nancy : Université de Lorraine. 39p.
26. **Bokdam, J. 2001.** Effects of browsing and grazing on cyclic succession in nutrient-limited ecosystems. *Journal of Vegetation Science*. 12. 875-886.
27. **Bonis, A., Grubb, P.J., Coomes, D.A. 1997.** Requirement of gap-demanding species in chalk grassland: reduction of root competition versus nutrient-enrichment by animals. *Journal of Ecology* 85. 625-633.
28. **Bonischot, R. 1984.** Fumure de fond et potentialités de la prairie permanente. *Fourrages*, 98. 167 – 179.
29. **Bonny, S. 2011.** L'agriculture écologiquement intensive. *Cahier de l'agriculture*, 20. 451–462.
30. **Bornard, A., Bassignana, M. ; Bernard-Brunet, C. ; Labonne, S. ; Cozic, P. 2004.** La diversité végétale des alpages des Alpes internes françaises et italiennes. Influence du milieu et des pratiques. *Fourrages*, 178. 153 – 169.
31. **Bousba, R. 2012.** Caractérisation de la tolérance de la sécheresse chez le blé (*Triticum durum* Desf) Analyse de la physiologie et la capacité en production. Thèse de Doctorat. Biologie et Ecologie. Université Mentouri. Constantine. 187p.
32. **Bouzerzour, H., Mahnane, S., et Makhoulf, M. 2006.** Une association pour une agriculture de conservation sur les hautes plaines orientales semi-arides d'Algérie, *Options Méditerranéennes, Série A, (69)*. CIHEAM. 2006.
33. **Bouzida, S. 2008** : Impact du chargement de la diversification fourragère sur les performances du bovin laitier : cas de la wilaya de Tizi Ouzou. Thès. Mag. Agro., ENSA, El-Harrach (Alger). 120 p.
34. **Braun-Blanquet J. 1951.** Pflanzensozologie, 2e édition, Springer, Vienne, 631 p.
35. **Briske, D.D., Fuhlendorf, S-D., Smeins. F- E. 2003.** Vegetation dynamics on rangelands: a critique of the current paradigms. *Journal of Applied Ecology* 40. 601-614
36. **Bryant, C. S., Thomassin, B., Baker, P., Desroches, L., Savoie S. 2008.** Evaluation of Agricultural Adaptation Processes and Adaptive Capacity to Climate Change and Variability: The Co-construction of New Adaptation Planning Tools with Stakeholders and

Farming Communities in the Saguenay- Lac-Saint-Jean and Montérégie Regions of Québec. University of Montréal and McGill University Research Team.

37. Bullock, J.M., Marriott, C.A. 2000. Plant responses to grazing and opportunities for manipulation. In: A. J. Rook and P. D. Penning (Eds.) *Grazing Management*. British Grassland Society, UK. 17-26.

C

38. Carrère, P. 2013. L'écosystème prairial, support de productions de qualité. INRA. UR874. 9p.

39. Carrière, P., Dumont, B., Cordonnier, S., Orth, D., Teyssonneyre, F., Petit, M. 2002. L'exploitation des prairies de montagne peut-elle concilier biodiversité et production fourragère ? Actes du colloque Moyenne montagne en devenir : développement agricole et agroalimentaire, INRA-ENITA, Lempdes. 39 – 44.

40. Cardasol, V. 1994. Fertilisation organique des prairies permanentes roumaines : synthèse de résultats d'essais multiloceaux et de longue durée. *Fourrages*, 139. 383 – 390.

41. Casella, E., Soussana, J.F., Loiseau, P. 1996. Long-term effects of CO₂ enrichment and temperature increase on a temperate grass sward. I. Productivity and water use, *Plant and Soil*, 182. 83-99.

42. Chabbi, A., Gastal, F., Klumpp, K. 2014. Impacts des modes de gestion des temporaires sur l'évolution des stocks de carbone et les flux environnementaux INRA, UR3F (UR Pluridisciplinaire Prairies et Plantes Fourragères), Lusignan. Académie d'Agriculture de France. 2p.

43. Chacha, F. 2011. Profil métabolique et fécondité en élevage bovin laitiers (Wilaya de Sétif). Thèse de Magistère. Centre Universitaire d'El-Tarf. 1-10p.

44. Chaumet, J.-M., Depleuch, F., Dorin, B., Gherzi, G., Hubert, B., Le Cotty, T., Paillard, S., Petit, M., Rastoin, J.-L., Ronzon, T. & Treyer, S. 2009. *Agri monde – Agricultures Et Alimentations Du Monde En 2050: Scenarios Et Défis pour un Développement Durable*.

45. Chenu, C., Klumpp, K., Bispo, A., Angers, D., Colneme, C., Metay, A. 2014. Stocker du carbone dans les sols agricoles. Evaluation des leviers d'action. *Innovations agronomiques* (37).23-37.

46. Chisci, G., Zanchi, C. 1981. The influence of different tillage systems and different crops on soil losses on hilly silty-clayed soil. In : Morgan RPC, ed. *Soil conservation: problems and perspectives*. Chichester (Great Britain).

- 47. Clergué, B., Amiaud, B., Pervanchon, F., Lasserre-Joullin, F., Plantureux, S. 2005.** Biodiversity: function and assessment in agricultural areas. A review, *Agronomy for Sustainable Development*, 25. 1-15.
- 48. Cluzeau, D., Perres, G., Thomas, F. 2004.** Importance de la biodiversité du sol. Le cas du ver de terre. *Revue TCS n° 27*. 1-5.
- 49. Cole, D.N., Bayfield, N.G. 1993.** Recreational trampling of vegetation: standard experimental procedures. *Biological Conservation* 63. 209-215.
- 50. Cosse, B. 1999.** La plurifonctionnalité des prairies. *Fourrage*. 160. 333-343.
- 51. Coulon, J-B., Hauwuy, A., Martin, B., Chamba, J-F. 1997.** Pratiques d'élevage, production laitière et caractéristiques des fromages dans les Alpes du Nord. *INRA Productions Animales* 10 (3). 195-205.
- 52. Coulon, J-B., Priolo, A. 2002.** La qualité sensorielle des produits laitiers et de la viande dépend des fourrages consommés par les animaux. *INRA Productions Animales* 15 (5). 333-342.
- 53. Crémer, S., Knoden, D., Luxen, P. 2008.** Les amendements basiques ou chaulage des prairies. *Fourrages Mieux*, janvier 2008. 7p.
- 54. Crémer, S. 2014.** Apprendre à reconnaître les principales espèces la flore des prairies. *Libramont : Fourrage Mieux*, cours. 108p.
- 55. Crémer, S. 2015.** Le pâturage des prairies permanentes. *Fourrage mieux*. 9p .
- 56. Cruz, P., Theau, J.-P., Lecloux, E., Jouany, C., Duru, M. 2010.** Typologie fonctionnelle des graminées fourragères pérennes : une classification multitraits. *Fourrages*, 201. 11 – 17.

D

- 57. Daget, Ph., Poissonet, J. 1971.** Une méthode d'analyse phytologique des prairies », *Ann. Agron.*, 22, 1, 5-41.
- 58. Deffontaines, J-P. et Pringent, P. 1987.** Lecture agronomique du paysage. *Mappemonde* (8). 34-37.

59. **Diaz, S., Cabido, M., Casanoves, F. 1998.** Plant functional traits and environmental filters at a regional scale. *Journal of Vegetation Science* 9. 113-121.
60. **Dubois, M., Gillesk, L., Hamilton, J., Reberg, A., Smith, F. 1956.** Colorimetric method for determination of sugars and related substance, analytical, chemistry. Vol 28. 14-15.
61. **Ducellier, L. 1933.** La production fourragère en Algérie. Imp. VOLLOT. Alger. 1-52.
62. **Dumont, B., Farruggia, A., Garel J.P. 2007.** Pâturage et biodiversité des prairies permanentes. INRA. 24p.
63. **Dumont, B., Carrère, P., Ginane, C., Farruggia, A., Lanore, L., Tardif, A., Decuq, F., Darsonville, O., Louault, F. 2011.** Plant-herbivore interactions affect the initial direction of community changes in an ecosystem manipulation experiment. *Basic Applied of Ecology* 12. 187-194.
64. **Durand, J.L., Bernard, F., Lardy, R., Grault, A.I. 2010.** Changement climatique, agriculture et forêts en France, simulations d'impacts sur les principales espèces. in Brisson N. et Levrault F. (ed). 181-190.
65. **Duru, M., Hazard, L., Jeangros, B., Mosimann, E. 2001.** Fonctionnement de la prairie pâturée : structure du couvert et biodiversité. *Fourrages* 166. 165-188.
66. **Duru, M., Cruz, P., et Theau, J-P. 2010.** A simplified method for characterizing agronomic services provided by species-rich grasslands. *Crop & Pasture Science*, 61. 420-433.
67. **Dusseux, P. 2014.** Exploitation de séries temporelles d'images satellites à haute résolution spatiale pour le suivi des prairies en milieu agricole. Rennes 2.
68. **Duthil, J. 1967.** La production fourragère. Ed. J-B Baillié et fils. Paris. 373p
69. **DSA, 2015.** Direction des services agricoles de Sétif (statistique série B, 2000-2015, cartes, données statistique).

F

70. **Fabre, B., Kockmann, F. 2006.** Les effets du chaulage sur les prairies permanentes ou de longue durée. Synthèse bibliographique. *Fourrages* 185. 103-122.

- 71. Farruggia, F A., Dumont, B., Jouven M., Baumont R., Loiseau P. 2006.** La diversité végétale à l'échelle de l'exploitation en fonction du chargement dans un système bovin allaitant du Massif central. *Fourrages*, 188. 477-493.
- 72. Fisher, B., Turner, R.K. 2008.** "Ecosystem services: Classification for valuation", *Biological Conservation*, 141. 1167-1169.
- 73. Fleury, P. 1994.** Le diagnostic agronomique des végétations prairiales et son utilisation dans la gestion des exploitations agricoles. Thèse de doctorat ès Science agronomiques. Institut National Polytechnique de Lorraine. 139 p.
- 74. Fleury, P. 1995.** Le diagnostic agronomique des végétations prairiales et son utilisation dans la gestion des exploitations agricoles. Typologies fondée sur les aptitudes des prairies à remplir des fonctions. Méthodes et applications dans les Alpes du Nord, thèse de l'Université de Lorraine. Nancy, France.

G

- 75. Gac, A., Dolle, J.B., Le Gall, A., Klumpp, K., Tallec, T., Mousset, J., Eglin, T., Bispo, A., Peyraud, J.L., Favardin, P. 2010.** Le stockage du carbone par les prairies. Une voie d'atténuation de l'impact de l'élevage herbivore sur l'effet de serre. Institut de l'Élevage. Collection l'essentiel. 8-12 p.
- 76. Garnier, E., Navas, M.L. 2011.** A trait-based approach to comparative functional plant ecology: concepts, methods and applications for agroecology. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32. 365–399
- 77. Gaujour, E., Amiaud, B., Mignolet, C., Plantureux, S. 2012.** Factors and processes affecting plant biodiversity in permanent grasslands. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32. 133-160.
- 78. Gibon, A. 2005.** Managing grassland for production, the environment and the landscape. Challenges at the farm and the landscape level. *Livest. Prod. Sci.* 96. 11–31
- 79. Gillet, F., Kohler, F., Vandenberghe, C., Buttler, A. 2010.** Effect of dung deposition on smallscale patch structure and seasonal vegetation dynamics in mountain pastures. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 135. 34-41.
- 80. Gitay, H., Noble I.R. 1997.** What are functional types and how should we seek them, *Plant functional types: their relevance to ecosystem properties and global change*, T.M. Smith, H.H. Shugart, El. Woodward Eds, Cambridge University Press, Cambridge. 3-19

81. **Gnis, 2011.** Le site des ressources pédagogiques de la filière semences[en ligne]. Disponible sur <http://www.gnis-pedagogie.org/index.html> . Dossier collection fourragère, http://www.gnispedagogie.org/pages/collections_fourrages/PDF
82. **Goldberg, D.E. 1997.** "Competitive ability: definitions, contingency and related traits", (eds.), Plant life histories, Cambridge University Press. 283-306.
83. **Goret, T. 2015.** Les prairies permanentes pour de nombreux services. Brochure réalisé par le Projet LIFE prairies bocagères. Ed Natagora, asbl. 9p.
84. **Granval, P., Muys, B., Leconte, D. 2000.** Intérêt faunistique de la prairie permanente. Fourrages 162. 157-167.
85. **Greenway, H., Munns, R. 1980.** Mechanisms of salt tolerance in non halophytes. Ann Rev Plat Physiol 31. 149-190.
86. **Guerin, G., Bellon S., Girard, N. 1990.** Caractériser les saisons pratiques pour comprendre l'organisation d'une campagne de pâturage. Fourrages 158.115-132.
87. **Guinochet, M. 1973.** Phytosociologie. Ed Masson. Paris. 227 p
88. **Guo, Q. F. 2007.** The diversity-biomass-productivity relationships in grassland management and restoration. Basic Appl. Ecol., 8. 199-208.

H

89. **Haddadi , F., Adamou, S., Bourenane,N., Hamidouche, S., Sadoud, S. 2005.** Quel rôle pour les fermes-pilotes dans la préservation des ressources génétiques en Algérie ? Série de Documents de travail (126). Algérie.
90. **Haichour, R. 2009.** Stress thermique et limite écologique du Chêne vert en Algérie. Thèse de Magistère. Spécialité : Biologie et Ecologie –Biologie végétale- Option : Ecophysiologie et biotechnologie des végétaux. Université Mentouri. Constantine. 180p
91. **Hamli, S. 2015.** Étude de la tolérance du blé dur (*Triticum turgidum* L. var. durum) au choc thermique: criblage des plantules et déterminisme génétique de la tolérance. Thèse de Doctorat. Biologie végétale. Université Ferhat Abbas. Sétif . 149 p
92. **Harrison, M., Boulahya, M. 2010.** Perspectives et scénarios climatiques en Centrafrique, in « Analyse des risques climatiques en RCA », Rapport de la Banque Mondiale et de la FAO, volume II. 165 p.

- 93. Hector, A., Joshi J., Lavales S-P., Wilby, A. 2001.** Conservation Implications of the Link between biodiversity and ecosystem functioning. *Oécologie* 129. 624-628
- 94. Hervieu, B. 2002.** La multifonctionnalité : un cadre conceptuel pour une nouvelle organisation de la recherche sur les herbages et systèmes d'élevage. *Fourrages* 171. 219-226.
- 95. Hooper, U.H., Vitousek, P.M. 1997.** The effects of plant composition and diversity on ecosystem processes. *Science*, 277. 1302-1305.
- 96. Hopkins, A. 1986.** Botanical composition of permanent grassland in England and Wales in relation to soil, environment and management factors. *Grass and Forage Science* 41. 237-246.
- 97. Hopkins, A., et Del prado, A. 2007.** Implications of climate change for grassland in Europe: impacts, adaptations and mitigation options: a review. *Grass and Forage Sci.*, 62. 118-126.
- 98. Houmani, M. 1999.** Situation alimentaire du bétail en Algérie. *Recherche Agronomique INRA, Alger*, 4, 35-45.
- 99. Hubert, B. ; Viaux, P. 2004.** Bilan des MAE en lien avec les prairies : la prairie au cœur de l'action publique. *Fourrages*, 177. 65 – 78.
- 100. Huyghe, C. 2008.** La multifonctionnalité des prairies en France : I. Les fonctions de production. *Cahiers Agricultures*, Vol 17, (5). 427 – 435.
- 101. Huyghe, C., Bournoville, R., Couteaudier, Y., Duru, M., Gensollen, V., Lherm, M., Peyraud, J-L. 2005.** Prairies et cultures fourragères en France. Entre logiques de production et enjeux territoriaux, Paris, INRA Ed.
- 102. Huyghe, C. 2009.** La multifonctionnalité des prairies en France : II. Conciliation des fonctions de production et de préservation de l'environnement. *Cahiers Agricultures*, Vol 18, N° 1. 7-16.

J

- 103. Jannot, P. 2007.** L'importance des prairies par rapport à la qualité de l'eau ; sa prise en compte dans les politiques publiques. *Fourrages*. 192. 387–398.
- 104. Jeannin, B., Fleury P., Dorioz J-M. 1991.** Typologie régionale des prairies permanentes fondée sur leur aptitude à remplir des fonctions. I- Typologie des prairies d'altitude des Alpes du Nord : méthode et réalisation. *Fourrages* 128. 379-396.
- 105. Jones, M.B., Donnelly, Y. A. 2004.** Carbon sequestration in temperate grassland

ecosystems and the influence of management, climate and elevated CO₂. *New Phytologist* 164. 423-439.

K

- 106. Keddy, P.A. 1992.** Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. *Journal of Vegetation Science* 3.157-164.
- 107. Kimmerer, W.J. 1984.** «Diversity 1 Stability : a criticism», *Ecology*, 65. 1936-1938.
- 108. Kleiber, F. 2011.** Contribution à la caractérisation des prairies naturelles des Vosges du Nord .Mémoire de fin d'études pour l'obtention du titre d'ingénieur de l'Enita de bordeaux. Parc naturel régional des Vosges du nord : gestion des espaces agricoles. 198p.
- 109. Klimek, S., Kemmermann, A.R.G., Hofmann, M., Isselstein, J. 2007.** Plant species richness and composition in managed grasslands: The relative importance of field management and environmental factors. *Biological Conservation* 134. 559-570.
- 110. Knoden, D., Widar, J., Cremer, S. 2016.** La gestion des prairies. Marlois : Fourrage-Mieux, cours, 133p.
- 111. Knoden, D. 2013.** La Rénovation des prairies. Fourrage Mieux. 98p.
- 112. Kopec, M., Zarzycki, J., Gondek, K. 2010.** Species Diversity of Submontane Grasslands: Effects of Topographic and Soil Factors. *Polish Journal of Ecology* 58. 285-295.

L

- 113. Laib, A. 1988.** Evaluation des bilans fourragers à travers les différents plans de développement et leurs impacts sur le cheptel national (bovin, ovin, caprin), Thèse d'ingénieur INA d'Alger. 66 p.
- 114. Laala, A. 2009.** Comportement des semis du Pin d'Alep sous contraintes thermiques. Thèse de Magistère, Biologie végétale, option : Ecophysiologie et biotechnologie végétale. Université Mentouri. Constantine. 204 p.
- 115. Lapeyronie, A. 1982.** Les productions fourragères méditerranéennes. Ed : G-P maison neuves et la rose Paris, Tome I. 425p.
- 116. Laumont, P. 1960.** Les prairies naturelles en Algérie. *Dot. Rens.Agric. Alger, Bull.* 5. 1-19.
- 117. Leconte, D. 1991.** Diagnostic et rénovation des prairies. *Fourrages*, 125. 35-39.

- 118. Leconte, D., Simon, J.C., Diquelou, S., Stilmant, D. 2002.** Diversité floristique de la prairie permanente normande. Prairiales du Robillard, 22p.
- 119. Lemaire, G. 1999.** Productivité des peuplements prairiaux et diagnostic. Ed INRA. France. Revue fourrage(92). 259-272.
- 120. Lemaire, G. 2013.** Les prairies ressources pour l'élevage et pour l'environnement. Un compromis indispensable pour l'agriculture. Academie d'agriculture de France INRA Lusignan. 1- 14
- 121. Lemasson, C., Pierre, P. 2008.** Rénovation des prairies et sursemis. Comprendre, raisonner et choisir la méthode, Fourrages, 195. 315-330
- 122. Lemzeri, H. 2007.** Réponses écophysiologicals de trois espèces forestières du genre *Acacia* *Eucalyptus* et *Schinus* soumises à un stress salin. Thèse de Magistère. Université Mentouri, Constantine, Algérie. 180p
- 123. Lenz, T.I., Facelli, J.M. 2006.** Correlations between environmental factors, the biomass of exotic annual grasses and the frequency of native perennial grasses. Australian Journal of Botany 54. 655-667.
- 124. Leroux, X., Barbault, R., Baudry, J., Burel, F., Doussan, I., Garnier, E., Herzog, F., Lavorel, S., Lifran, R., Roger-Estrade, J., Sarthou, J-P., Trommeter, M. 2008.** Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies. 1-175.
- 125. Lobell, B., Schlenker, W., Costa-Robert, S. J. 2011.** "Climate trends and global crop production since 1980", Science, 333. 616-620
- 126. Loiseau, P. Soussana, J.F. 2000.** effects of elevated CO₂, temperature and N fertilization on nitrogen fluxes in a temperate grassland ecosystem, global Change Biology, 6, 953-965.
- 127. Loiseau, P., Soussana, J.F., Louault, F., Delpy, R. 2001.** Soil N contributes to the oscillations of the white clover content in mixed swards of perennial ryegrass under conditions that simulate grazing over five years. Grass and Forage Science 56.205-217.
- 128. Loreau, M. 2000.** Biodiversity and ecosystem functioning recent theoretical. advances oikes 91. 3-17
- 129. Loreau, M. 2015.** La biodiversité améliore la résistance des prairies aux événements climatiques extrêmes. Journal du CNRS. Station d'écologie expérimentale. Moulins. 2p.
- 130. Luxen et Knoden, D. 2015.** Le contrôle des plantes indésirables en prairies. Fourrages 9 p

- 131. Lavorel, S., Grigulis, K., Lamarque, P., Colace, M-P., Garden, D., Girel, J., Pellet, G., Douzet, R. 2011.** “Using plant functional traits to understand the landscape distribution of multiple ecosystem services, *J. Ecology*, 99. 135-147
- 132. Lavorel, S. 2013.** Plant functional effects on ecosystem services (ed M Hutchings). *Journal of Ecology*, 101. 4–8.
- 133. Lynch, J.P. 2007.** Roots of the Second Green Revolution. *Australian Journal of Botany*, 55. 493–512.

M

- 134. MADR, 2015.** Ministère de l’agriculture et du développement rural, Algérie. Statistiques agricoles des prairies naturelles en Algérie.
- 135. Machou, A. 1960.** La prairie moderne, doc. Ministère de l’Agriculture, Paris. 60 p.
- 136. Makhlouf, A.H. 2009.** Etude de la variabilité génétique du blé dur (*Triticum durum*) pour la tolérance au froid. Doctorat en sciences agronomiques INA EL Harrach. 131p.
- 137. Marion, B. 2011.** Impact du pâturage sur la structure de la végétation : Interactions biotiques, traits et conséquences fonctionnelles. Thèse de doctorat. Ecole doctorale vie-Agro-santé. Université Rennes 1. France. 236p.
- 138. Marini, L., Fontana, P., Scotton, M., Klimek, S. 2008.** Vascular plant and Orthoptera diversity in relation to grassland management and landscape composition in the European Alps. *Journal of Applied Ecology* 45.361-370.
- 139. Mariott, C. A., Fothergill, B. Jeangros, M., Scotton, P., Louault. S. 2004.** Long-term impacts of extensification of grassland management on biodiversity and productivity in upland areas. A review. *Agronomie* 24. 447-462.
- 140. Mariott, C.A., Carrère, P. 1998.** Structure and dynamics of grazed vegetation. *Ann. Zoot.* 47. 359-370.
- 141. Martin, B., Coulon, J-B. 1995.** Facteurs de production du lait et caractéristiques des fromages. II. Influence des caractéristiques des laits de troupeaux et des pratiques fromagères sur les caractéristiques du reblochon de Savoie fermier. *Lait* 75. 133-149.
- 142. Matallah, S. 2017.** Diagnostic de fonctionnement du système agro-sylvo-pastoral des zones humides du Nord –Est algérien Thèse de doctorat sciences: Agronomie: Université chadeli Bendjedid. EL Taref. 188p.

- 143. May, F., Grimm, V., Jeltsch, F. 2009.** Reversed effects of grazing on plant diversity: the role of belowground competition and size symmetry. *OIKOS* 118, 1830-1843.
- 144. Mekarni, G. N., Oukrid, A. 2015.** Les prairies naturelles en zone semi-aride de Sétif : Inventaire, productivité et bioécologie des principales espèces à intérêt fourragère .Mémoire de Master 2. Université Ferhat Abbas. Sétif. 94 p.
- 145. Merdjane, L., Yakhlef, H. 2016.** Le déficit fourragère en zone semi-aride : une contrainte récurrente au développement durable de l'élevage des ruminants. *Revue Agriculture. Numéro spécial 1. Université Ferhat Abbas Sétif 1.* 43- 51.
- 146. Michaud, A. 2011.** Evaluation des services fourragers et environnementaux des prairies permanentes à partir de la végétation, du milieu et des pratiques de gestion. Thèse Institut National Polytechnique de Lorraine. 271 p.
- 147. Monneveux, P., Belhassen, E. 1996.** The diversity of drought adaptation in the wild. *Plant Growth Regulation* 20. 85-92.
- 148. Moule, C. 1980.** Les fourrages. *Techniques agricoles.* Ed la maison rustique. 46-113.

N

- 149. Neely, C., Bunning, S., Wilkes, A. 2009.** [FAO.ftp://ftpp.fao.org/docrep/fao/012/i1135e00.pdf](http://ftpp.fao.org/docrep/fao/012/i1135e00.pdf)
- 150. Nettier, B., Dobremez, L., Coussy, J.-L. & Romagny, T. 2011.** Attitudes of livestock farmers and sensitivity of livestock systems to drought conditions in the French Alps. *Journal of Alpine Research.* 98p.
- 151. Ndjendolé S., Malibangar, A. 2009.** Intégration du Programme d'Action National d'Adaptation (PANA) aux Changements Climatiques dans le Document de Stratégie de Réduction de la Pauvreté (DSRP 2008-2010). Rapport de consultation PNUD/CCNUCC/PANA. 34 p.
- 152. Nouri, L. 2002.** Ajustement osmotique et maintien de l'activité photosynthétique chez le blé dur Desf. En conditions de déficit hydrique. Thèse. Biologie végétale. 381-393.

O

- 153. O.F.L.I.V.E. 2001.** Elément de réflexion sur la filière lait en Algérie. I.T.E.L.V., Baba – Ali, Alger. 159p.
- 154. Orth,D., Alvarez, G. 2012.** Diversité et services des prairies permanentes. journée « Herbe de nos montagnes », Laqueuille (63). 5p.

P

- 155. Parris, K. 2002.** “Grasslands and the environment: recent European trends and future directions - an OECD perspective. Multifunction grasslands”, Grassland Science in Europe, 7. 957-985.
- 156. Pausas, J. ; Austin, M. 2001.** Patterns of plant species richness in relation to different environments : An appraisal. Journal of Vegetation Science, N° 12. 153 – 166.
- 157. Pellerin S., Bamière L., Angers D., Béline, F. 2013.** Quelle contribution de l’agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ?, INRA (France), 92 p.
- 158. Pervanchon, F. 2004.** Modélisation de l’effet des pratiques agricoles sur la diversité végétale et la valeur agronomique des prairies permanentes en vue de l’élaboration d’indicateurs agri environnementaux. Thèse de Doctorat de l’Institut Polytechnique de Lorraine, École Doctorale Science et Ingénierie de ressources, procédées, produits, environnement Institut Polytechnique de Lorraine, 29 – 70.
- 159. Petit, S., Vansteelant, J.-Y., Plaige, V., Fleury, P. 2004.** Les typologies de prairies : d'un outil agronomique à un objet de médiation entre agriculture et environnement. Fourrages, N° 179, 369 – 382.
- 160. Pierce, S., Brusa, G., Vagge, I., Cerabolini, B.E.L. 2013.** Allocating CSR plant functional types: the use of leaf economics and size traits to classify woody and herbaceous vascular plants (ed K Thompson). Functional Ecology. 1–9.
- 161. Pickett, S.T.A., White, P.S. 1985.** The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic press, New York, USA.
- 162. Picon-Cochard, C., Teyssonneyre, F., Besie, J.M., Soussana, J.F. 2004.** Effects of elevated CO2 and cutting frequency on the productivity and herbage quality of a semi-natural grassland”, E. J. Agron., 20. 363-377

- 163. Plantureux, S., Bonischot, R., Guckert, A. 1993.** Classification, vegetation dynamics and forage production of permanent pastures in Lorraine, Europ. J. Agronomy, 2 (1). 11-17.
- 164. Plantureux, S., Carrère P., Pottier, E. 2012.** Les prairies permanentes au coeur du débat”, Actes des journées AFPP. Paris.
- 165. Plantureux, S., Thorion, G. 2005.** Combined prediction of forage production and biodiversity of permanent pastures in Vosges Mountains (France). In: Conference of the FAO-CIHEAM Sub-Network of Mountain pasture "quality production and quality of the environment in the mountain pastures of an enlarged Europe. 221-229. Udine, Italie
- 166. Plantureux, S., Peeters, A., McCracken, D. 2005.** Biodiversity in intensive grasslands: Effect of management, improvement and challenges. Agronomy Research, N° 3. 153 – 164.
- 167. Pottier, E., Michaud, A., Farrié, J.P., Plantureux, S., Baumont, R. 2012.** Les prairies permanentes françaises au cœur d'enjeux agricoles et environnementaux. Innovations Agronomiques 25. 85-97
- 168. Pykala, J. 2004.** Cattle grazing increases plant species richness of most species trait groups in mesic semi-natural grasslands. Plant Ecology 175. 217-226.

Q

- 169. Quezal, P., Santa, S. 1962-1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Vol 2, C.N.R.S. Paris. 1170 p.

R

- 170. Rackham, O. 1986.** The history of the countryside, Phoenix, London.
- 171. Robert, M., Saugier, B. 2003.** Contribution des écosystèmes continentaux à la séquestration du carbone. C.R. Géoscience, 335. 577-595.
- 172. Rodrigues, A., Andueza, D., Picard, P., Cecato, U., Farruggia, A., Baumont, R. 2007.** Valeur alimentaire et composition floristique des prairies permanentes : premiers résultats d'une étude conduite dans le Massif Central. Rencontres Recherches Ruminants, N° 14. 241-244.
- 173. Rook, A.J., Tallowin, J.R.B. 2003.** Grazing and pasture management for biodiversity benefit. Animal Research. 52. 181-189.

174. Rutter, S.M., Orr, R.J., Yarrow, N.H., Champion, R.A. 2004. Dietary preference of dairy cows grazing ryegrass and white clover. *Journal of Dairy Science*. 87. 1317-1324.

175. Rutter, S.M. 2006. Diet preference for grass and legumes in free-ranging domestic sheep: current theory and future application. *Applied Animal Behaviour Science*. 97. 17-35.

S

176. Sarr, B. 2006. Les changements climatiques et la vulnérabilité des ressources en eau et de l'agriculture, Centre Régional AGRHYMET, DFR, Niamey. Communication scientifique, 22 p.

177. Scohier, A. 2012. Impact d'une mise en défens temporaire de prairies permanentes durant le pic de oraison : selection alimentaire des brebis, diversité oristique et entomologique (Lepidoptera, Bombidae, Carabidae) des couverts. Thèse de doctorat : Sciences agricoles. Université Blaise Pascal. 217 p.

178. Silvertown, J.W. 1981. Seed size, life span, and germination date as coadapted features of plant life history. *The American Naturalist* 118, 860-864.

179. Sivaramakrishnan, S., Pattel, V., Flower, G., Paleg, L.G. 1988. Proline accumulation and nitrate reductase activity in contrasting sorghum lines during mid season drought stress. *Plant Physiol*, 74. 418- 426.

180. Soussana, J.F., Casella, E., Loiseau, P. 1996. Long-term effects of CO₂ enrichment and temperature increase on a temperate grass sward. II. Plant nitrogen budgets and root fraction", *Plant and Soil*, 182. 101-114.

181. Soussana J.F., Tallec T., Blanfort, V. 2010. Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands, *animal*, 4(03). 334-350.

182. Soussana, J.F. 2013. Prairies et changement climatique, *Fourrages*, 215. 171-180.

T

183. Tallowin, J.R.B., Smith, R.E.N., Goodyear, J., Vickery, J.A. 2005. Spatial and structural uniformity of lowland agricultural grassland in England: a context for low biodiversity. *Grass and Forage Science* 60. 225-236.

184. Tassin, J. 2011. Quand l'agro-écologie se propose d'imiter la nature. *Courrier de l'environnement de l'INRA*, 61. 45-53.

- 185. Tedjari, N. 2005.** Connaissance et diagnostic des systèmes fourragères intégrant les prairies naturelles dans la région semi-aride de Sétif .Thèse de magistère : valorisation des productions végétales. Sétif : Université Ferhat Abbas. 128p.
- 186. Teyssonney, R.E., Picon-Cochard, C., Faicimagne R., Soussana, J.F. 2002.** Effects of elevated CO₂ and cutting frequency on plant community structure in a temperate grassland , *global Change biol.*, 8. 1034-1046.
- 187. Tilman,D., Wedin, D., Downing, J-A. 1994.** Diversity- stability relation ships, statical inevitability or ecological consequence. *American naturaliste* 15. 277-282.
- 188. Trinchant, J.C., Boscari, A., Spennato, G., Van de Sype, G., Rudulier, D. 2004.** Proline Betaine Accumulation and Metabolism in Alfalfa Plants under NaCl Stress. Exploring Its Compartmentalization in Nodules. *Plant Physiology*. Vol.135. 1583-594.
- 189. Troll, W., Lindsley, J. 1955.** A photometric method for the determination of proline.*J.Boil.Chem.* 215. 655-660.
- 190. Tubiello, N., Soussana, J.F., Howden, S.M. 2008.** Crop and pasture response to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50). 19686-19690

V

- 191. Vivier, M. 1990.** Les prairies et les pratiques d'exploitation. Eléments et réflexions pour un diagnostic. *Fourrages* 124. 337-355.
- 192. Vuattoux, J. 2009.** Place des prairies permanentes dans la stratégie fourragère des éleveurs: comment la prévoir à partir des caractéristiques de la parcelle? Mémoire, ENSAIA Nancy, Nancy, France. 99p.

W

- 193. Wallace, K.J. 2007.** Classification of ecosystem services: Problems and solutions. *Biological Conservation*, 139. 235-246.
- 194. Widar, J., Cremer, S., Knoden, D., Luxen, P. 2015.** La rénovation des prairies. Direction générale de l'Agriculture, des ressources naturelles et de l'environnement. Wallonie, 98p.
- 195. Willams, W.D., Dormaar, J.F., Schaalje, G.B. 1988.** Stability of grazed patches on rough fescue grasslands. *Journal of Range Management* 41. 503-508.
- 196. Widar,J., Knoden,D., Luxen, P. 2013.** Rapport technique. Fourrage Mieux. 20p.

Y

197. Yahia, N., Fyad-Lameche, F.Z. 2003. Evaluation de la variabilité de jeunes plants de *Medicago* soumis à un régime de basses températures. *Acta Botanica Gallica*. 150 (1). 3-17.

Z

198. Zhang, J.T. Dong, Y.R. 2009. Effects of grazing intensity, soil variables, and topography on vegetation diversity in the subalpine meadows of the Zhongtiao Mountains, China. *Rangeland Journal* 31.353-360.

199. Zarett, M. 1982. «The stability / diversity controversy: a test of hypotheses», *Ecology*, 63. 721-731.

200. Zenabou, S., 2013. Les changements climatiques : Causes – conséquences- réponses Atelier de Sensibilisation des acteurs de la filière bois Energie sur le lien entre Déforestation et Changements climatiques. Ouagadougou réseau climat développement.

Annexes

Annexe 1

Les graminées prairiales



- ***Lolium pérenne***
- Le Ray Gras (anglais)
- Origine : régions tempérées et chaudes de l'ancien monde
- Intérêts :
 - ✓ Implantation rapide et relativement facile
 - ✓ Pérennité variable S'adapte à beaucoup de conditions pédoclimatiques
 - ✓ Résiste au piétinement
 - ✓ Bonne valeur alimentaire et bonne digestibilité

Limites :

- ✓ Sensibles à la sécheresse
- ✓ Exigeante en azote



Phalaris aquatica

Phalaris mineur

- Origine :
- ✓ Bassin méditerranéen et le Moyen-Orient



Dactylis glomerata

Dactyle pelotonné ou *Dactyle aggloméré*

- **Origine** : originaire de l'ancien monde : Afrique du Nord, Europe, Asie occidentale et centrale

- **Intérêts**
 - ✓ Installation rapide
 - ✓ Très pérenne
 - ✓ Bonne valeur alimentaire (énergie et protéines)
 - ✓ Fauche mais pâturage possible
 - ✓ Lignifie très vite et se charge en silice

- **Limites** :
 - ✓ Sensible aux excès d'eau et a froid
 - ✓ Monte rapidement en épis
 - ✓ Peu sociable en mélange



Festuca arundinaceae

La fétuque élevée

- Origine : originaire de l'Ancien Monde (Eurasie, Afrique du Nord).
- Intérêts :
 - ✓ Implantation lente
 - ✓ Utilisée en fauche et pâture
 - ✓ Bonne productivité
 - ✓ Très pérenne
- Limites
 - ✓ Valeur alimentaire moyenne,
 - ✓ Durcit vite



Les légumineuses prairiales

Les trèfles existent plusieurs espèces :

- *Trifolium michelianum*
 - ✓ *pratens*
 - ✓ *repens*
 - ✓ *resupinatum*
 - ✓ *fragiferum*
- Origine : bassin méditerranéen
110 espèce
- Intérêts
 - ✓ Annuelles ou pérennes
 - ✓ Riche en protéine et très digestible
 - ✓ Appétant
 - ✓ Utilisé en pâturage en association (ray gras)
 - ✓ Résistant au froid (T. *pratens*)
 - ✓ Pousse tardive au printemps (T. *resupinatum*)



Medicago

Lucerne

➤ ***Medicago sativa***

- ✓ *polymorpha*
- ✓ *truncatula*

➤ **Intérêts**

- ✓ Plante annuelle ou pérenne
- ✓ Utilisée surtout en fauche
- ✓ Installation moyenne
- ✓ Bonne valeur alimentaire (azotée)
- ✓ Résistance à la sécheresse

➤ **Limites :**

- ✓ Météorisation au pâturage
- ✓ Sensible aux excès d'eau et d'acidité



Onobrychis viciifolia

Sain foin cultivé

➤ Origine

✓ Europe centrale et
méridionale, proche –Orient et
Moyen- Orient



Lotus subbiflorus

Le lotier hispide ou lotier velu

➤ Origine :

✓ Afrique du Nord et Asie
Occidentale et Europe de l'Ouest et du Sud



Vicia vilosa ou vesce velue

Annexe 2

Températures minimales tri-horaires

Janvier- avril 2004-2013

Année	Jours	Janvier	Février	Mars	Avril
2004	1	0,3	2,9	-2,1	4,1
	2	0,5	4,3	-3	6,9
	3	-0,6	5,5	-1,5	6,4
	4	-1,5	5,3	1	0,8
	5	-1,1	3,2	0,5	4,2
	6	-1,2	4,6	6,7	7,8
	7	0	5,8	5,5	7,8
	8	0,8	5,6	-0,9	10,2
	9	2,1	1,4	2,5	10
	10	4,3	-2,3	4,5	6,4
	11	4,3	2,7	4,4	5
	12	5,9	1,2	4,8	2,5
	13	5,9	0,8	9,6	1,2
	14	6,5	2,1	9,6	4,1
	15	3,9	3,2	11,7	10,1
	16	2,4	0,5	12,2	8,7
	17	3,3	2,7	9,6	6,4
	18	3	0,7	6,7	7,2
	19	0,4	4	7	5,3
	20	-0,3	7,6	6,3	1
	21	0,6	13,8	7,3	5,3
	22	1,3	8	8,9	12,1
	23	0,5	2,1	0,9	5,2
	24	4,5	6,7	-0,8	5,7
	25	5,7	9,4	8,7	6
	26	4,7	6,2	5,8	3,4
	27	4,2	2,8	5,9	4,7
	28	2	-1,8	9,2	10,2
	29	-3,5	-2,9	10,7	9,6
	30	-1,5		6,5	7,5
	31	1,5		8	

Année	Jours	Janvier	Février	Mars	Avril
2005	1	1,2	-2,6	3,3	5,8
	2	3,2	-0,2	1,3	9,7
	3	2	-0,7	0,3	9,9
	4	-0,9	1	5,7	8,8
	5	0,1	1,3	1,1	5,6
	6	-0,7	1,9	-2,4	6,2
	7	1	0,2	-1,2	6
	8	0,3	3,9	-3,1	10,8
	9	-0,1	2,2	-2,5	4,7
	10	-1	1,1	0,3	0,1
	11	-1,7	-2,6	1,4	-0,1
	12	0,3	-0,5	2	3
	13	-0,6	2,6	6,5	1,6
	14	2	-1,6	6,8	7,7
	15	-1,6	-4,3	10,2	9,6
	16	-0,4	-6,1	11,1	4,2
	17	0	-3,9	7,1	0,4
	18	0,7	-2,4	7	3,8
	19	0,3	-3,9	7,5	6,1
	20	0,2	-0,7	7,8	5,8
	21	3,6	-1,2	8,7	7,1
	22	3,9	-0,9	11,9	6,3
	23	2	-1,5	13,3	10,7
	24	1,9	2,2	14,8	15,7
	25	-3,8	3,3	11,8	13,7
	26	-6,8	1,3	13,2	9,3
	27	-9,5	-1,6	8,1	13,8
	28	-7,1	0,4	5,5	16,5
	29	-4		4,9	12
	30	-4,8		5,7	13
	31	-2,9		5,1	

Année	Jours	Janvier	Février	Mars	Avril
2006	1	4	3,4	2,9	12,8
	2	-0,2	0,5	4,6	12,4
	3	0,5	3,8	0,2	9,2
	4	-1,2	3,8	1,7	12,8
	5	-1,2	2,6	2,6	15,1
	6	-2,2	1,6	-0,5	11,2
	7	-0,4	0,5	-1,9	5,7
	8	0,7	-1,5	0	9,5
	9	2,1	-0,1	3,8	13,6
	10	1	2,2	6,2	16,8
	11	0,9	2	0,5	15,7
	12	0,2	3,6	3,7	3,8
	13	0,5	-1,4	3,6	5,7
	14	-0,4	-1,3	-1,7	3,2
	15	-1,3	0,1	2,6	11,1
	16	-0,6	1,1	7	11,8
	17	0,3	2,9	8,3	12,2
	18	-1,1	2,5	11,8	7
	19	-0,3	0,8	8,5	4,3
	20	3	-0,3	7,8	7,3
	21	5	0,6	8,2	6,9
	22	4	1	5,4	11,6
	23	1	0,7	2,5	12,2
	24	0,2	0,5	7,2	14,9
	25	-2,7	-1,7	5,9	10,9
	26	-2,9	-0,4	6,5	8,8
	27	-0,1	0,1	10,4	8,8
	28	3,6	-1,5	13,2	7,2
	29	5,6		8,2	5,2
	30	2,7		6,8	6,5
	31	1		10,2	

Année	Jours	Janvier	Février	Mars	Avril
2007	1	1,5	3,8	6,1	7,4
	2	2,9	1,8	7,33	8,8
	3	2,4	3,1	11	6,2
	4	-0,6	5,9	12	1,8
	5	2,8	4,3	5,7	2,4
	6	2	3,2	8,3	4,4
	7	2,2	2,5	1,8	7
	8	1,8	1,1	5,9	7,2
	9	1,9	2,8	0,1	8,8
	10	4,6	2,4	0	11,7
	11	2,4	6	4,4	9,8
	12	2,9	4,2	3,9	13,1
	13	4,9	6,3	3,8	7
	14	4,6	5,6	5,3	6,3
	15	4,1	7,1	6,4	6,7
	16	4,5	3,3	5,8	8,3
	17	2,9	7,4	1,7	6,8
	18	2,3	4,3	2,8	10
	19	5,7	5,1	-0,3	9,4
	20	8,3	1,8	-2,7	9,3
	21	4,8	4,3	-3	6,6
	22	3,6	3,3	-3,4	10,3
	23	-1,2	3,7	0,4	12,6
	24	0	4,2	0,9	9,9
	25	0,1	2,7	4,9	10,4
	26	0,7	3,7	4	10,8
	27	3,2	1,1	4,4	10,3
	28	3,2	1	3,2	9,5
	29	8,3		3,8	11,6
	30	8,6		2,7	6,6
	31	4,1		3,4	

Année	Jours	Janvier	Février	Mars	Avril
2008	1	-1,9	-2,1	5,3	0,4
	2	-1,5	2	4,9	6,2
	3	2	4,8	6,7	1,9
	4	2,2	3,9	6	5,2
	5	0,8	4,3	-1,1	0,4
	6	0,7	3,3	-2	5,3
	7	2	2,6	-3,9	9,9
	8	4,2	-0,3	-0,6	12
	9	4,9	-0,8	0,5	11,8
	10	6,5	0,9	2,3	16,2
	11	3,5	0	3,1	11
	12	3,4	1,9	4,2	3,8
	13	-1,2	2,3	7,8	3,4
	14	2,2	3,4	11,5	3
	15	3,6	5,3	11,7	4,2
	16	2,2	5,7	10	10,9
	17	2,6	3,3	5,2	9,7
	18	1,6	0,7	8,6	9,5
	19	6,4	1,8	5,2	11,6
	20	5,9	2,9	5,2	10,7
	21	3,3	4,4	-0,2	5,6
	22	2,8	6,1	1,6	3,6
	23	4,3	0,5	4	5,5
	24	0,9	5,1	-1,3	8,5
	25	-2,2	5,1	0,1	8
	26	-0,1	5,1	2,8	5,7
	27	0,4	5,9	3,8	7,9
	28	2	6,6	7,9	10,1
	29	2,9	6	2,8	11,6
	30	2		7	13
	31	1,8		3,9	

Année	Jours	Janvier	Février	Mars	Avril
2009	1	2,8	0,5	3,7	2
	2	4,3	4,6	3,6	1,9
	3	5,2	3,6	7,6	3,4
	4	5,4	2,3	5,9	5,1
	5	2,3	6,1	1	3,7
	6	-2,3	3,5	-1	5
	7	1,9	0,8	-0,3	9,1
	8	0,4	-1,4	0,1	5,3
	9	0,5	-0,6	4,5	3,3
	10	0,1	5,5	5,2	2,8
	11	3	4	4,5	0,6
	12	3,8	1,5	2,6	-0,3
	13	4,7	-0,1	4,3	2,1
	14	0,2	-2,6	6,5	2,9
	15	7	0,2	7,1	8
	16	-0,1	-1,2	3,9	7,7
	17	3,1	-0,4	3,9	7,8
	18	0,9	-1,2	5,3	7,2
	19	1,7	0	3	2,8
	20	2	0,1	3,7	4,6
	21	1,4	0	1,2	2,7
	22	0,5	-0,1	-2,3	5,6
	23	3,4	0,3	-2,9	6,8
	24	6,9	3,1	1,2	6,5
	25	1,6	1,7	1,2	13
	26	0,8	-1,2	6,3	10,4
	27	-0,1	-0,2	10,8	5,2
	28	-0,1	2,4	13,2	2,3
	29	4,7		8,8	5,6
	30	6,2		7,5	6,5
	31	5,1		2,3	

Année	Jours	Janvier	Février	Mars	Avril	
2010	1	5,4	1,6	9,9	5	
	2	0,6	-2,2	6,1	7,8	
	3	2,1	-1	11,1	9,7	
	4	5,1	2,2	4,1	4,7	
	5	4,8	5,2	3,8	9,3	
	6	5,7	6,5	7,8	10,6	
	7	3,8	1,7	5,3	6,2	
	8	1,1	2,2	1,9	2,9	
	9	10	-3,7	5	-1,8	6,6
	11	-2,5	1,3	-0,7	6,7	
	12	0	0,6	4,8	9,4	
	13	3,1	-3,2	1,3	7,2	
	14	5,5	-1,2	1,1	10,2	
	15	2,8	1,6	-0,9	8,9	
	16	3,7	1	-0,5	10,8	
	17	3,7	4,5	2,1	9,8	
	18	4,1	6,7	2,2	8,6	
	19	4,4	6,7	5,2	6,1	
	20	5,7	7,7	10,2	7,4	
	21	5	1,7	9,5	12,6	
	22	0,1	0,8	9,6	11,2	
	23	1,4	5	8,1	8,9	
	24	3	7,5	9,4	6,8	
	25	3,5	6,4	13,5	7,3	
	26	6,5	4,7	14,2	7,6	
	27	4,4	8,8	8,6	7,5	
	28	0,1	8,9	4,9	7,8	
	29	-1,3	13,2	9,5	10,2	
	30	1,8	/	8,5	13,3	
	31	0	/	4,1	/	

Année	Jours	Janvier	Février	Mars	Avril
2011	1	0,8	0,7	0,6	6,7
	2	4,4	0,7	0,1	6
	3	2,7	1,3	-0,3	10,4
	4	0,7	1,4	-0,8	13
	5	1,4	1	-1,9	11,3
	6	2,5	-0,5	0,2	8,3
	7	4,9	0,2	3,7	9,3
	8	-0,1	0,8	6,3	9,1
	9	6,3	-0,7	6,4	12
	10	3,2	0,5	4,6	11,1
	11	1,8	1,1	6,2	9,6
	12	5,3	1,4	6,8	9,3
	13	1,5	0,8	7,5	6,2
	14	4,7	0,5	5,7	7,3
	15	5	-0,7	8,5	8,7
	16	6,6	4,9	7,4	3,7
	17	3,7	1	4,5	2,7
	18	-1,2	-0,4	3,8	8,3
	19	3,5	-0,7	3,3	10,5
	20	-1,8	4,4	3	8,5
	21	-3,6	0,7	2,2	11,7
	22	-2,5	1,7	3	8,5
	23	0,9	0,7	3,5	6,7
	24	2,6	1,7	5,2	9,8
	25	1,9	0,7	5,7	8
	26	5,1	2,4	6,4	7,8
	27	2,1	4,2	6,4	7,6
	28	3,3	4	8,6	7,5
	29	1,9	1,7	5,9	11,5
	30	1,9	/	5,4	7,2
	31	0,5	/	7,1	/

Année	Jours	Janvier	Février	Mars	Avril
2012	1	1,3	-0,7	2,5	9,6
	2	4,6	0,8	5,3	9,8
	3	3,1	-1,5	4,5	9
	4	0,6	-3,5	3,1	6
	5	3,3	-5,3	4,6	5,3
	6	3,9	-4,8	1,9	6,8
	7	3,4	-5,4	0,6	2,3
	8	-0,2	-5,5	0,6	3,2
	9	-0,2	-1,5	-0,9	4,3
	10	0,9	-0,6	2,7	9,5
	11	0,2	-2,3	1,3	7,3
	12	0,1	-7,2	2,6	7,3
	13	-1	-5,9	0,6	4,2
	14	0,3	-6,7	5,2	3,5
	15	1,2	-2,1	5,5	3,4
	16	1,3	-4,3	7,8	1,7
	17	2,7	-1,2	8,9	0,6
	18	2,7	0,2	8,7	1,1
	19	1	1,2	8,7	4,5
	20	-1,9	0,6	7,5	4,2
	21	-1,4	0,4	9,5	4,7
	22	0,2	0,2	10,5	11,1
	23	1	0,1	7,7	8,7
	24	1,9	-0,3	10,1	8,3
	25	0,6	2,1	5,7	8
	26	1,1	1,3	5,7	13,8
	27	2,6	2,2	7,4	14,4
	28	1	2,7	8,1	12,8
	29	-1	2,7	7,6	11,6
	30	-1,5	/	5,3	8
	31	-0,4	/	4,1	/

Année	Jours	Janvier	Février	Mars	Avril
2013	1	0,9	6,1	2	5,8
	2	1,6	0,6	3,5	3,1
	3	-0,5	0,6	4,2	2,3
	4	1,4	-0,9	9,6	5,1
	5	1,8	-0,9	5,9	3,5
	6	2	-0,4	7,4	0,1
	7	1,9	-2,3	10,5	-0,1
	8	1,7	-4,1	9	3,3
	9	4,6	-3,5	6,7	6,6
	10	2,8	-3,9	4,1	9,5
	11	1,6	-0,5	4,4	8,8
	12	2,6	-1,8	-0,3	13
	13	2,3	-3,3	-0,8	13,7
	14	-0,2	0,8	-0,8	14,5
	15	0,1	0	-1,3	12,8
	16	2,5	2,5	6,5	11,2
	17	4,3	3,2	7,4	11,8
	18	4,9	4,8	5,7	9,6
	19	5,1	3,6	6,6	6,2
	20	1,7	5,7	3,4	4,9
	21	0,8	4,4	6,8	5,5
	22	1,1	2,6	10,4	6,8
	23	-2	2,9	4,1	9,5
	24	-1	-2,1	4,2	8,1
	25	-2,7	-3,8	4,7	7,6
	26	1	-5,5	7,1	11,1
	27	2,9	3	8,8	9,1
	28	2,9	0,6	5,4	9,1
	29	2,9	/	6,8	2,3
	30	5,4	/	5	5,1
	31	1,3	/	4,3	/