

La fertilisation améliore la production des prairies humides naturelles dans la montagne du haut Atlas oriental du Maroc : cas de la région d'Imilchil

HOMRANI BAKALI A.¹, MRABET R.², ACHERCKOUK M.³ et MAATOUGUI A.⁴

homrani.bakali.ab@gmail.com

1 : Centre Régional de la Recherche Agronomique d'Errachidia, Avenue Moulay Ali Chérif Errachidia B.P. 2 - Errachidia principale, Errachidia Maroc.

2 : Institut National de la Recherche Agronomique, Avenue de la Victoire Rabat, B. P. 415 RP Rabat, Maroc.

3 : Centre Régional de la Recherche Agronomique de Tanger, 78 Avenue Sidi Mohamed Ben Abdellah, Tanger 90010 Maroc.

4 : Centre Régional de la Recherche Agronomique d'Oujda, 10, Bd Mohamed VI, El Qods, B. P. 428 Oujda principale Oujda 60000 Maroc.

Résumé

Les montagnes orientales du Haut Atlas au sud-est du Maroc sont caractérisées par de petites prairies humides naturelles appelées "Almous", elles sont convenablement bien gérées par la population locale. Elles sont destinées à nourrir les bovins et les mulets. Un essai a été réalisé pour évaluer les effets de la fertilisation azotée sur la production de la prairie de Tissila, (6,5 Ha) dans la région d'Imilchil. Le plan expérimental consistait à diviser la prairie en 3 parcelles. Une parcelle est laissée comme témoin et les deux autres parcelles ont reçu deux doses d'azote pendant trois périodes de l'année (D1 = 67 kg N / ha (réparti en trois applications en octobre, avril et mai) plus 46 kg de P₂O₅ / ha en deux applications (en avril et mai); D2 (avec les mêmes applications en D1) = 134 kg N / ha plus 46 kg P₂O₅ / ha; D3 = contrôle). La production de phytomasse a doublé dans la région de Tissila en raison de l'effet de la fertilisation surtout pour la D1. L'évaluation de la flore a révélé une grande richesse spécifique (79 espèces) et une certaine endémicité qui mérite d'être sauvegardée.

Mots clés : Prairie - Fertilisation - Haut Atlas - Diversité floristique.

Fertilization improves the production of natural wet meadows in the mountains of the High Eastern Atlas of Morocco: the case of the Imilchil region

Abstract

The oriental High Atlas mountains in southeast of Morocco are characterized by small natural wet grasslands called “Almous”, they are suitably well managed by the local population. They are destined to feed cattle and mullets. This trial was implemented in order to assess the effects of nitrogen fertilization on the phytomass production on the Tissila meadow (6.5 Ha) in Imilchil region. The experimental design consisted in dividing the meadow into 3 parcels. One parcel is leaved as control and the other two parcels have received two doses of nitrogen during three periods in the year (D1 =67 kg N/ha (split in three applications October, April and May) plus 46 Kg P₂O₅/ha (split in two applications April and May); D2 (with applications as D1=134kg N/ha more 46 Kg P₂O₅/ha; D3 = control). The phytomass production has doubled in Tissila region due to the effect of fertilization basically for dose (D2). The assessment of flora revealed a great specific richness (79 species) and some endemism.

Key words. Grassland – Meadow – Fertilization – High Atlas – Floristic diversity.

التسميد يحسن إنتاجية المروج الطبيعية الرطبة بجبال الأطلس الكبير الشرقي بالمغرب: منطقة إملشيل

الحمراني البقالي عبد المنعم¹، رشيد المرابط²، أشركوك محمد³، معتوكي عبد السلام⁴

البريد الإلكتروني للمراسلة: homrani_bakali@yahoo.fr

- 1: المركز الجهوي للبحث الزراعي بالراشدية، جادة مولاي علي الشريف الراشدية ص.ب 2 الراشدية الرئيسية، الراشدية المغرب،
- 2: المعهد الوطني للبحث الزراعي شارع النصر صندوق البريد 415 الرباط؛
- 3: المركز الجهوي للبحث الزراعي بطنجة 78 شارع سيدي محمد بن عبد الله، طنجة 90010 المغرب
- 4: المركز الجهوي للبحث الزراعي بوجدة 10، شارع محمد السادس، القدس، 60000 المغرب ص.ب 428 ط.ر وجدة المغرب

ملخص

تتميز الجبال الشرقية للأطلس الكبير في جنوب شرق المغرب بوجود مروج طبيعية رطبة صغيرة تسمى "ألمو"، ويتم إدارتها بشكل مناسب من قبل السكان المحليين. وهي تهدف إلى التغذية الحيوانية من أبقار وبغال. أجريت هذه التجربة لتقييم آثار التسميد النيتروجيني على إنتاج مرج تيسيلة (6.5 هكتار) في منطقة إملشيل. تعتمد الخطة التجريبية على تقسيم المرج إلى ثلاث قطع أرضية. تم ترك قطعة أرضية واحدة كشاهد و تسميد القطعتان الأخرتان بجرعتين من النيتروجين على ثلاث فترات من السنة: قطعة تم تسميدها ب 67 كغ /N هكتار، مقسمة إلى ثلاثة تطبيقات (أكتوبر وأبريل ومايو) بالإضافة إلى 46 كغ من P2O5 / هكتار في تطبيقين (في أبريل ومايو)؛ والأخرى تم تسميدها ب 134 كغ / هكتار (مع نفس التطبيقات) بالإضافة إلى 46 كغ P2O5 / هكتار. أظهرت النتائج تضاعف الإنتاج الرعوي في منطقة تيسيلة بسبب تأثير التسميد. كما كشف تقييم النباتات عن تنوع نباتي كبير (79 نوعاً) منها نباتات مستوطنة تستحق الحماية.

الكلمات المفتاح: مرج - تسميد - الأطلس الكبير - الإنتاج الرعوي - تنوع نباتي

Introduction

Par le passé, les sociétés rurales dans le Haut Atlas du Maroc ont toujours su mettre en œuvre des formes de gestion communautaire de l'espace pastoral, de l'eau d'irrigation ou des terres cultivables, que des générations de paysans se sont transmises oralement et qui, pour certaines, furent transcrites dans des coutumiers (orf, izreg) (Bourbouze, 1999). Parmi ces formes les Agdals en langue Berbère (Tachelhit), qui désigne une aire collective de pâturage dont l'ouverture et la fermeture sont opérées à dates fixes par la communauté des usagers (Bourbouze, 1997 ; Auclair et Alifriqui, 2005).

La prairie de montagne (habitat de plus en plus rare) est une formation végétale composée d'associations de plantes herbacées, vivaces ou annuelles, issues de différentes familles végétales : graminées, composées, légumineuses, etc. Il est appelé communément dans la zone d'Imilchil « Almou » ou « Ilmouten » dans d'autres villages (Bourbouze, 1997). Certains utilisent le terme Almou pour les pelouses pâturées par les petits ruminants. Pour le cas de notre site d'étude, l'Almou de Tissila est gérée par la tribu du village (statut lignagère) et fondée sur des lois traditionnelles mises en œuvre par la population locale (usagers). Ce sont des formations végétales montagneuses très hygrophiles appelées pouzzines (Haroni *et al.*, 2009). La particularité de ces Almous (cas particulier d'Agdal) par rapport aux grands Agdals c'est la période de fermeture qui peut durer jusqu'à six mois (Agdal en général 3 mois) et la rentrée en juillet qui coïncide avec la maturité des graines. Elle constitue la base de l'alimentation des ruminants (surtout les bovins et mulets, système du « tiwili ») et joue un rôle clé dans la préservation de la qualité de l'environnement. Elles sont parfois réservées au fauchage. Par leur richesse et leur productivité (Hammada *et al.*, 2004) de biomasse fourragère et nutritive, les prairies humides d'Imilchil sont très convoitées par la population des vallées riveraines dont plusieurs ont été délaissées suite aux violations des principaux Agdals. Certains Almous sont libres au pâturage pour tous les ayants droits et d'autres ont été en mise en culture (Bourbouze, 1997 ; SIPAM, 2011).

De ce fait, la vulnérabilité de ces prairies humides impose, par conséquent, la mise en place de stratégies d'adaptation pour leur sauvegarde et la restauration de leur équilibre écologique.

La fertilisation des pelouses est parmi les techniques d'amélioration pastorale ayant montré leur efficacité dans plusieurs régions du monde (Parente et Scimone, 1986 ; Durant et Kernéis, 2015).

De nombreuses recherches effectuées montrent qu'une fertilisation minérale correcte joue un rôle positif sur la production et sur la qualité des espèces pastorales et fourragères. En outre, cette fertilisation permet de limiter la baisse de production estivale, et d'assurer une répartition annuelle plus régulière de l'herbe (Parente et Scimone, 1986). Certains auteurs estiment que la compétition qui s'établit dès que la fertilisation azotée est plus soutenue tend à favoriser la croissance des espèces les plus productives au détriment de la biodiversité (Delaby, 2000 ; Leconte, 2002 ; Durant et Kernéis, 2015). Le potassium par contre montre une influence plus positive sur la biodiversité

(Guais et Doligez, 2002). Le phosphore n'a pas un effet aussi net ni sur le rendement ni sur la flore. Pourtant, des teneurs élevées en phosphore disponible sont incompatibles avec des ouverts diversifiés (Peeters *et al.*, 1997 cités par Leconte, 2002) même si les espèces majeures continuent d'en profiter. Mais c'est un dilemme car lorsque la biodiversité augmente, la productivité et la valeur alimentaire diminuent (Guais et Doligez, 2002). La conservation du patrimoine floristique passe aussi par le maintien de pratiques extensives ancestrales.

Cette étude entre le cadre du Projet de Développement Rural des Zones de Montagnes de la Province d'Errachidia (PDRME). Elle est le fruit d'une collaboration entre l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Tafilalet (ORMVA-TF) et l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Cela consiste en la réalisation d'essais de fertilisation des prairies. Son objectif est de tester l'effet de la fertilisation sur l'augmentation de la productivité et l'amélioration de la qualité de l'herbe. L'amélioration qualitative et quantitative moyennant une fertilisation raisonnée pourrait contribuer à faire face à la situation inquiétante de la mise en culture des pelouses d'altitude, d'une part, et le délaissement de leur système de gestion coutumière, d'autre part.

Matériel et méthodes

Situation géographique, climat et gestion de la pelouse

La zone d'étude de la fertilisation de la prairie est localisée au sein de la zone montagneuse d'Imilchil Bouzmou. Cette zone fait partie de l'ensemble écologique du Haut Atlas Oriental caractérisé par le partage d'eau en quatre bassins versants : Oum-Errabia, Ziz, Moulouya et Gheris. La zone est caractérisée par une ambiance bioclimatique semi-aride à hiver froid à très froid, avec des chutes de neige et une pluviométrie moyenne de 317 mm au niveau d'Imilchil. Cette pluviométrie se caractérise par une variabilité interannuelle importante oscillant entre les années sèches et les années humides. Les précipitations moyennes annuelles fluctuent selon une fourchette de 49.5 mm/an durant la compagne de 1982-1983 à 661 mm/an durant la compagne 1995-1996. Le nombre moyen annuel de jours de pluie est de 39 ; celui de neiges est de 10. La température minimale absolue du mois le plus froid peut atteindre -18°C (période des gelées). La température moyenne des minima est de -5.1°C et la température moyenne des maxima de 32.4°C (climate-data.org). Imilchil affiche 11.0°C de température en moyenne de toute l'année. La zone de Tissila (Figure 1) où se déroule l'essai se situe à une altitude de 2200 m relevant de la commune rurale de Bouzmou, cercle d'Imilchil (Figure 2). La population de la zone de Tissila est d'origine berbère composée principalement de deux ethnies: Ait Hdidou, et Ait Aabdi. La population d'environ 960 est généralement pauvre et illettrée.

La structure foncière dans le périmètre de Tissila est caractérisée par la dominance de micropropriété au niveau des parcelles agricoles et le collectif au niveau des pâturages (ORMVATF, 2008).

Le site de la prairie s'étend sur le flanc exposé au sud de la vallée d'Assif Melloul qui la traverse. Ces pelouses développées sur des substrats calcaires

plus ou moins mésophiles- hygrophiles colonisant des sols relativement profonds et issus du dégagement des dépôts des escarpements rocheux de la région. Le sol hydromorphe est argileux à argileux limoneux, ce sont des sols alluviaux d'érosion. Ils sont de couleur globalement brune qui leur aurait été conférée par la présence d'argile et de matière organique déposée par les animaux qui pâturent.

Les systèmes d'élevage pratiqués sont : extensif – semi-extensif (ou transhumance) et sédentaire. L'élevage ovin et caprin est constitué de race locale Rahali adaptée aux conditions climatiques de la zone. La végétation des pâturages est essentiellement xérophYTE à base de *Vella mairei*, *Cytisus balansae* et *Erinaceae anthyllis* et le cheptel est dominé par les petits ruminants (>95%).

Protocole expérimental

Après avoir pris connaissance de la gestion locale et de l'environnement naturel du site (couvert végétal dominant, topographie, géo position), le protocole expérimental pour l'installation de l'essai de fertilisation minérale a été installé. La prairie de Tissila qui s'étend sur 6 ha a été divisée en 3 parcelles dont le P1 est le témoin qui ne reçoit pas de fertilisation (Tableau 1). L'apport d'engrais est effectué à la volée. La séparation des parcelles est faite par le biais des piquets en roseaux. Les bordures et l'oued ont été évités lors de l'épandage d'engrais. Les quantités d'engrais apportées et les dates d'apport sont indiquées au tableau 1.

Les essais ont été installés durant les campagnes 2011/2012 et 2012/2013. Les parcelles de Tissila ont été suivies pendant deux années, au cours de la deuxième année, seulement les moitiés des doses d'engrais ont été apportées, c.-à-d. les parcelles ayant reçu 100 Kg de sulfate d'ammonium durant la campagne 2011/2012 ont reçu seulement 50 Kg de sulfate d'ammonium durant la campagne 2012/2013.

Suivi des données

Pour les deux sites, les mesures et relevées effectuées sont :

Relevés pédologiques

Les échantillons du sol sont analysés en vue de connaître leur nature et richesse organique et minérale.

Évaluation de la composition floristique

Il s'agit d'un inventaire qualitatif et quantitatif de la végétation. Il concerne la liste floristique des espèces avec le recouvrement et la densité.

Les relevés phytosociologiques ont été effectués suivant la méthode de Braun-Blanquet (1932). Plusieurs relevés phytosociologiques ont été effectués durant la période de maximum de végétation (vers la maturation des espèces herbacées (fin mois de juin). À l'intérieur de chaque parcelle, un échantillonnage est réalisé d'une façon systématique à l'aide de placeaux (quadrats) de 1x1 m² le long de la diagonale. Les coordonnées des parcelles sont enregistrées pour assurer des mesures ultérieures.

Les types biologiques utilisés sont ceux définis par (Boudet, 1991) : les thérophytes (Th), les hémicryptophytes (Hé), les géophytes (Gé), les chaméphytes (Ch) et les phanérophytes (Ph) (Annexe 1).

Traitement des données

Les paramètres calculés à partir du relevé linéaire ou de quadrats sur la végétation et sur les autres éléments de la surface du sol permettent d'évaluer :

- Le recouvrement global de la végétation (RGV) exprimé en pourcent, qui est un indicateur de l'état de la végétation (Gounot, 1961).

$$\text{RGV (\%)} = 100 \times N_i / N$$

N_i = Nombre de points où la végétation a été rencontrée ou surface couverte par le quadrat ;

N = Nombre de points total/surface quadrat.

- La fréquence spécifique (FS_i) pour une espèce i

$$FS_i (\%) = 100 \times n_i / N$$

n_i = Nombre de points où l'espèce i a été rencontrée.

- La contribution spécifique (CS_i) :

$$CS_i (\%) = 100 \times n_i / \sum n_i$$

$\sum n_i$ = Nombre de points où la végétation a été rencontrée = N_i .

La deuxième étape consistait à calculer divers indices de diversité. **L'indice de Shannon-Weaver** (Shannon et Weaver, 1949) est l'indice le plus simple dans sa catégorie et, donc, le plus largement utilisé. Cet indice est calculé de la manière suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

avec S = nombre total d'espèces ;

p_i = (n_j/N), fréquence relative des espèces ;

n_j = fréquence relative de l'espèce j dans l'unité d'échantillonnage ;

N = somme des fréquences relatives spécifiques.

Plus la valeur de l'indice H' est élevée, plus la diversité n'est grande.

L'évaluation de l'équitabilité est utile pour détecter les changements dans la structure d'une communauté et quelquefois a prouvé son efficacité pour détecter les changements d'origine anthropique. La mesure de l'équitabilité correspondant à l'indice de Shannon-Weaver est réalisée selon la formule suivante :

$$E = \frac{H'}{\log_2 S}$$

Pour **les indices de dominance**, nous avons utilisé l'indice le plus largement utilisé de **Simpson** (Simpson, 1949) :

$$D = \sum_{i=1}^s p_i^2$$

La diversité spécifique est la plus élevée quand l'indice de Simpson est le plus faible. L'inverse de Simpson permet de faire varier l'indice dans le même sens que la diversité : plus la diversité spécifique est élevée plus l'indice est fort.

Évaluation de la production en phytomasse

L'estimation de la phytomasse a été réalisée à l'intérieur de 40 placeaux de 1m x 1m. Nous avons utilisé la méthode de l'Unité de Référence (UR). Elle consiste à choisir un bouquet de graminées typiques des placettes à échantillonner (en général on prend le 1/8 du quadrat de 1m²) et d'estimer la phytomasse sur des quadrats à partir de ces unités. Les bouquets sont coupés à ras du sol à l'aide d'un sécateur, puis pesés sur place. Afin d'estimer la teneur en eau des échantillons frais, ils sont mis dans un sachet en papier kraft avant de procéder au séchage à l'étuve (65°C pendant 48-72 heures : stabilisation du poids).

Calcul de la valeur pastorale

C'est un indice global de qualité calculé en faisant la somme des produits des Indices Spécifiques sur un ruban linéaire des différentes espèces par la Contribution Spécifique de chacune dans l'ensemble des espèces composant la végétation (Daget et Poissonet, 1971). Il est obtenu avec la formule suivante :

$$\text{Valeur pastorale (\%)} = 1/k \cdot \sum (CS_i \times I_{si}) \cdot RGV$$

Avec VP = Valeur Pastorale ; CS_i = Contribution spécifique de contact de l'espèce i et I_{si} = Indice d'appétence (=0 à 5 en se basant sur l'enquête réalisée auprès de la population) ; k : indice maximal de l'échelle (qui est égale à 5 dans le présent cas); RGV : Recouvrement global.

Si l'on ne tient pas compte des points contacts le long de la ligne, la valeur pastorale peut-être approchée par la formule suivante proposée par Hirche et al. (1999) et qui intègre directement le recouvrement global de la végétation :

$$V_{pi} = 1/k \times \sum (FS_i \times I_{si})$$

FS_i : fréquence spécifique exprimée en %.

2.3.6. Calcul de la capacité de charge des pâturages

Les capacités de charge à différentes périodes de l'année ont été calculées suivant la formule Boudet (1991) :

$$\text{Capacité de charge} \left(\frac{\text{UBT}}{\text{ha}} \right) \text{ an} = \frac{\text{Phytomasse maximale} \left(\frac{\text{tMS}}{\text{ha}} \right) \times U}{(6.25 \times 365)}$$

U : fraction consommable (80% en se basant sur l'enquête réalisée auprès de la population)

6,25 : Ration de l'UBT (Unité de Bétail Tropical) exprimée kg MS/j.

365 : Nombre de jours en une année.

Le taux annuel moyen de la capacité de charge Cp (UBA ha-1) est calculé suivant la formule (Daget et Poissonet, 1969 ; Daget et Godron, 1995) :

$$Cp = 12 VP \text{ UBA-1}$$

Évaluation économique

Pour l'évaluation économique du gain apporté par la fertilité au niveau de la prairie, nous avons d'abord estimé le gain en production des parcelles fertilisées par rapport à la parcelle témoin en déduisant les charges (engrais et main d'œuvre), puis nous avons transformé la production en unités fourragères en se basant sur les valeurs pastorales des plantes qui composent chaque parcelle (Annexe 4). Une fois ces unités fourragères sont estimées, l'évaluation économique est estimée par l'équivalence au prix de l'orge : 1UF = 1Kg orge.

Analyses statistiques

Les données collectées ont été soumises aux analyses statiques. En règle générale, pour chaque paramètre, les données sont soumises à l'analyse de la variance et les moyennes sont comparées si nécessaire au test de Student Newman et Keuls.

Résultats et discussions

Analyses du sol

D'après les analyses de sols présentées dans le tableau 2, on note une petite variabilité aussi bien physique que chimique entre les parcelles de Tissila. Les sols présentent deux textures différentes. La richesse en matières organiques et la fertilité chimique sont aussi variables d'une parcelle à l'autre. La parcelle 2 est moins riche en potassium et phosphore par rapport aux deux autres parcelles. Par contre les niveaux faibles de matières organiques montrent que la prairie est sujette à une dégradation par pacage et érosion surtout au niveau de la parcelle 2 (Tableau 3).

Analyse floristique

La présence de la pelouse sur la vallée et la possibilité d'irrigation font que le tapis végétal naturel est très dense et diversifié. Le recouvrement global aérien moyen de la végétation se situe entre 90-100%. Il dépasse au niveau de quelques plages les 100%. Le Haut degré de recouvrement de ces pouzzines (Almous) permet l'enrichissement en matière et la formation de couverture humifère assurant la protection du sol (Gauquelin, 1988).

Le faciès végétal est dominé par des espèces nettement graminéennes. A la tête du cortège floristique se positionne *Lolium multiflorum* Lam. (nom local : Agassisse). Elle est co-dominée par deux espèces, la première du genre *Eleocharis* (*Eleocharis palustris* (L.) roem. & schult) et la deuxième espèce c'est l'*Alopecurus pratensis* L. Il faut signaler aussi que la parcelle 3 est dominée par le *Lolium multiflorum* Lam. et co-dominée par le *Ranunculus bulbosus* L.

Par ailleurs la dominance des graminées ne semble pas affecter la diversité botanique de la prairie. Ainsi, toute une armure d'espèces annuelles et pérennes (Annexe 1) accompagne les espèces dominantes. Ces espèces appartenant à 23 familles dont les Fabacées, Poacées et Plantaginacées

prédominant dans cette prairie (Figure 3). Il s'agit d'une formation végétale herbacée, basse, dominée par des hémicryptophytes (49%) et des thérophytes (23%) et non soumise à la fauche (Figure 4).

Cette prairie renferme une végétation orophile très remarquable, riche en espèces endémiques conférée grâce au micro-climat local et la géomorphologie du site. Ces formations végétales à base d'hémicryptophytes (49%) sont caractérisées par un degré de recouvrement très élevé. En plus de la richesse, la qualité de l'herbe qui la compose est bonne principalement les graminées et les légumineuses. Il faut signaler que plusieurs espèces citées se trouvent à la bordure de la pelouse (Annexe 2).

La présence des Légumineuses (21%) dans le couvert de la pelouse entraîne une fourniture d'azote supplémentaire par fixation symbiotique de l'azote atmosphérique dont bénéficie l'ensemble de la production fourragère. Dans cet Almou, toutes les catégories de plantes terminent leurs cycles biologiques avant son ouverture, mais il y a une succession d'espèces à cycles phénologiques différents exactement comme l'ont signalé Alaoui Haroni et Alifriqui (2012) dans les pelouses de l'Oukaïmeden.

La prospection et l'inspection du site permettent de relever à priori quelques espèces indicatrices de la surexploitation comme le plantain (*Plantago* sp.) à la bordure, la Bugrane épineuse (*Ononis spinosa* subsp. *antiquorum* (L.) *Arcangeli*) et le cirse (*Cirsium pyrenaicum* (Jacq.) All) à l'intérieur de la pelouse. Aussi, la mauvaise répartition de l'eau d'irrigation et la dominance de la renoncule bulbeuse dans certaines parties de la pelouse (partie inférieure : parcelle 2) indique que le sol est pauvre et reçoit un régime hydrique contrasté (excès d'eau par endroit et sécheresse) souffrant de la sécheresse estivale.

La richesse spécifique globale de la pelouse (intérieure) est de 14 espèces enregistrées durant le maximum de végétation de la deuxième année de suivi (2013).

L'analyse des paramètres de diversité floristique (Figure 5) indique que les parcelles fertilisées présentent une richesse floristique relativement plus élevée par rapport au témoin (Figure 5). L'indice de Shannon et Weaver qui a varié dans les parcelles entre 3.1 à 3.4 (Annexe 3), montre que la biodiversité est relativement bonne sur cette pelouse et se caractérise par la codominance de plusieurs espèces (indice de dominance de Simpson tends vers 0). La régularité indiquée par l'indice d'équitabilité de Pielou J' (tend vers 1) est plutôt bonne (représentation numérique des différents taxons).

Enfin, l'analyse de la fréquence au maximum de la végétation en 2013 montre que les trois parcelles sont dominées respectivement par le *Lolium multiflorum*, *Ranunculus bulbosus* L. et *Alopecurus pratensis*.

Production et disponible alimentaire de la prairie

La mesure de la phytomasse selon la méthode expliquée dans la partie méthodologique a donné des résultats intéressants de l'effet de la fertilisation sur la production de la prairie. En effet, la production de la parcelle 3 a doublé en termes de production par rapport au témoin durant la première année, tandis que durant la deuxième année, puisque la dose a été réduite à moitié (100 kg

N/ha), l'augmentation de la parcelle 2 par rapport au témoin est de 33% (Figure 6). Cette augmentation est presque la même enregistrée par la parcelle 2 (34%) qui a reçu la dose de (100 kg N/ha) durant la première année. Cependant, cette parcelle qui a reçu la moitié de la dose durant la deuxième année (50 kg N/ha) a enregistré des performances similaires voire supérieures par rapport à la première année, l'augmentation enregistrée par rapport au témoin est 31% durant 2013.

A l'exception de juillet 2012, la parcelle 2 a enregistré une production équivalente à la parcelle 3 qui a reçu le double de la quantité d'engrais (200 kg/ha). Ceci pourrait être dû aux facteurs de la composition floristique plus ou moins différente entre parcelles et la mauvaise répartition de l'irrigation entre les deux parcelles (la parcelle 3 est mieux irriguée). La production en phytomasse de la parcelle témoin la plus faible pour tous les prélèvements a été relativement supérieure durant la deuxième année par rapport à la première année. Cela pourrait être attribué aux quantités de précipitation reçue durant la deuxième campagne qui ont été supérieures par rapport à la première (Tableau 4).

Malgré le manque de données concernant les mois de juillet et d'août (le cumul des deux mois ne devrait pas dépasser 30 mm en général selon les moyennes calculées), on peut affirmer que ces deux années ont connu une faible pluviométrie et étaient très sèches, principalement la campagne 2011-2012 qui coïncidait avec le début des essais de fertilisation des pelouses.

Sulfate d'ammoniaque – Urée – TSP : *100-100-100 ; ** 200-200-100 ; *** 50-50-25

Pour l'échantillonnage de la première année, l'impact de la fertilisation sur la hauteur de la végétation, et donc sa vigueur, est proportionnel à l'apport d'engrais. Par contre, en deuxième année, la parcelle ayant reçu le plus grand apport d'azote est celle ayant une végétation plus courte. Ceci est en concordance avec les données de la phytomasse dont la parcelle 2 qui a pris de l'ascendant dans la deuxième année par rapport à la première (Tableau 5 et Figure 6).

La fertilisation a certainement amélioré la productivité et la vigueur de la pelouse, mais l'effet de « confounding » de l'hétérogénéité d'apport hydrique et la variation de la biodiversité oblige de penser qu'une fertilisation abondante ne soit pas nécessaire. Le développement des graminées et l'apport d'azote affectent négativement le développement des légumineuses. De ce fait l'analyse économique peut apporter quelques éclaircissements.

Disponible fourrager et intérêt économique de la fertilisation des pelouses

D'après les enquêtes menées auprès de la population locale, presque toutes les espèces sont pâturées par le bétail et dont 80 - 95 % de la production est consommée. En effet sur une hauteur des plantes d'environ 80-150 cm, après le pâturage il en reste environ 8-10 cm. De ce fait, les espèces qui composent ces pelouses résistent très bien au pâturage et le piétinement du gros bétail. Pour espérer une productivité durable des pelouses, il serait indispensable de

mener des études pour connaître la charge optimale permettant une régénération optimale des plantes appétibles.

Les prix des engrais varient en fonction du marché et des années. Pour l'analyse économique, nous nous sommes basés sur les prix des engrais (pas des éléments) du tableau 6.

En se basant sur la composition floristique qui compose chaque parcelle, nous avons calculé la production de la pelouse et la quantité du fourrage qualifié (cf. Annexe 4). Afin d'évaluer l'action de la fertilisation, il convient de calculer le coût de la fertilisation par rapport aux gains de la production apportée. Évidemment les externalités écologiques positives de la fertilisation des prairies ne sont pas prises en considération tel l'effet sur la régénération et la réhabilitation des parties dégradées surtout en aval de la pelouse. Le coût de fertilisation revient à calculer le coût des fertilisants et la main d'œuvre pour l'installation des engrais. Les autres charges étant permanentes telles que l'irrigation et ne rentrant pas dans l'évaluation de la fertilisation sauf les irrigations apportées après l'action de la fertilisation. Selon les doses apportées dans chaque parcelle le coût de la fertilisation incluant les coûts des fertilisants et de la main d'œuvre est résumé dans le tableau 7.

Le gain en production apporté par l'action de la fertilisation par rapport aux parcelles témoins est résumé dans le tableau 8.

Les unités fourragères ont été calculées à partir de la production et la composition floristique de chaque parcelle en attribuant une valeur pastorale à chaque espèce (selon l'appréciation des éleveurs) de 1 à 5. Par exemple pour le ray-grass d'Italie, nous avons attribué une valeur pastorale de 5. La valeur pastorale la plus faible a été enregistrée pour la parcelle témoin avec 74% (cf. Annexe 4).

D'après le tableau 8, l'action de la fertilisation est largement justifiée même si on augmente les prix des fertilisants, puisque le gain net minimal estimé est à 20355 dh/ha pour la parcelle 3 par rapport au témoin. D'après nos calculs, l'action de la fertilisation de la prairie trouve largement sa place dans les actions de bonne pratique pastorale. Il suffit d'un gain minimal de 4 tonnes de production au niveau de toute la pelouse pour couvrir les charges les plus élevées de l'action de la fertilisation. Plus on augmente la dose, plus le gain apporté par l'action de la fertilisation est conséquent sauf pour le cas de la dose 100 kg par rapport à 50 kg où le gain apporté n'était pas aussi important par rapport au gain de la dose 200 kg comparativement à 100 kg.

Conclusion et recommandations

Le pâturage des pelouses et prairies sous la gestion ethno-lignagère de la population est l'une des meilleures solutions pour conserver ces pâturages de montagne. L'entretien de ce milieu et la conduite du troupeau sont le fruit de tout un savoir-faire local adapté à ce contexte. Il est notamment essentiel d'adapter la pression pastorale à ce type de prairies pour perpétuer son exploitation. Au contraire, le surpâturage empêche le renouvellement de la végétation et engendre donc la dégradation des milieux.

L'intérêt fourrager très élevé et la productivité des Almous d'altitude et dont leur mise en défens au printemps fourni l'herbe en période sèche rend ces espaces très productifs. Cependant, dès que le bétail surexploite ces pâturages, l'équilibre dynamique entre les espèces palatables et les autres change rapidement.

Les résultats de fertilisation azotée ciblée ont montré une amélioration importante de la productivité des espèces végétales surtout pendant la période estivale, mais l'hétérogénéité d'irrigation des parcelles et la dégradation de la biodiversité par les animaux oblige (surtout en aval des pelouses) de penser qu'une fertilisation abondante n'est pas nécessaire, surtout que les résultats de la faible dose (50-50-25) ont aussi amélioré la productivité. Le développement des graminées et l'apport d'azote peuvent affecter négativement le développement des légumineuses à long terme.

Dans cette prairie et pour des expérimentations de deux années, l'apport intermédiaire de fertilisation était suffisant pour avoir une amélioration notable de la productivité des espèces existantes avec aussi une légère augmentation de la diversité. La qualité et la diversité génétique de la pelouse peuvent s'améliorer dans le temps par une gestion plus rigoureuse des irrigations, un pâturage mieux réfléchi et un apport judicieux de la fertilisation minérale. Il faut de même noter que les graminées ne réagissent pas bien à la fertilisation azotée que s'il y a des concentrations suffisantes de phosphore et de potassium dans le sol.

Ces essais de fertilisation azotée (voire phosphatée) méritent d'être continués pour une analyse plus fine et rationnelle de la réhabilitation des prairies et une quantification des compositions chimiques et des valeurs énergétiques de la flore pastorale pour la production animale. En effet, la faible valeur nutritive de beaucoup d'espèces de plantes peut réduire l'importance de la fertilisation. La dimension patrimoniale doit être prise en compte par des mesures de protection et d'étudier l'impact de la fertilisation sur la diversité végétale car ces alpages d'altitude, sont riches en espèces endémiques.

L'analyse des coûts est aussi intéressante pour assurer l'adoption de la fertilisation par les ayants droit sur les pelouses. Les résultats montrent que les coûts des engrais et de leur utilisation sont largement compensés par l'amélioration de la production.

Le raisonnement de la fertilisation sur les prairies et pelouses est plus complexe que sur les cultures annuelles à cause de plusieurs facteurs (présence de légumineuse, rendement des plantes différentes ; mode d'exploitation : le pâturage restitue les éléments prélevés, l'irrigation par inondation apporte une fertilisation naturelle en nutriments...). Par conséquent, les indicateurs des analyses des sols de pelouse seuls sont difficiles d'emploi. Les pelouses ont une dynamique de restitution et de prélèvements des éléments nutritifs par les animaux, l'humus et les plantes variable dans l'espace et dans le temps. Il y a lieu de comptabiliser la minéralisation de la matière organique présente dans le sol, la fixation par les légumineuses et les restitutions par le bétail au pâturage pour calculer le complément minéral. L'analyse de l'herbe est aussi un outil de diagnostic de l'état de nutrition phospho-potassique de la pelouse qui peut

utilement compléter l'analyse de sol. L'apport d'engrais compensant l'exportation de la pelouse est possible grâce à la technique des indices de nutrition basée sur l'analyse de la plante et non plus du sol.

Un diagnostic approfondi de la pelouse rentrant dans une démarche plus complète prenant en compte différents aspects mérite d'être effectué pour lever les contraintes, garantir la durabilité et optimiser la production à travers l'utilisation de la phénologie comme indicateur de la date d'ouverture des Agdals pastoraux (et compris les Almous). L'ajustement de la charge animale (nombre d'animaux à l'hectare) au potentiel de production fourragère de la prairie est indispensable. La maîtrise de la fertilité du sol pour optimiser la production des prairies en rectifiant les carences du sol et/ou de la végétation, et en apportant si besoin en cours de saison une fertilisation azotée modérée est nécessaire. La gestion de l'hétérogénéité spatiale : enlèvement de la végétation par la pratique de la fauche en présence de grandes quantités de fourrage ; le rétablissement de l'homogénéité des parcelles par des apports de fumier composté et de fertilisants minéraux uniquement sur les zones surpâturées (en aval) qui ont été épuisées au fil des ans ; la destruction et l'arrachage manuel des plantes diverses indésirables ; l'amélioration douce du tapis végétal en conservant la pelouse en place ou en sursemant la pelouse présentant une proportion de sol nu (piétinement, désherbage sélectif, dégâts climatiques...) supérieur à 10%. Enfin nous recommandons le maintien ou restauration de la dynamique fluviale, qui permet la régénération des prairies.

Ces essais méritent d'être reconduits dans d'autres prairies et pelouses surtout dans le moyen Atlas où les grands espaces de prairies connaissent actuellement une pression très intense.

Remerciements

Nous remercions l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Tafilalet pour le bon déroulement de la convention et leurs précieuses aides.

Références bibliographiques

- Alaoui Haroni S. ; Alifriqui M. ; Simonneaux V. (2009). Recent dynamics of the wet pastures at Oukaïmeden (High Atlas mountains, Morocco). *Biodiversity and Conservation* 18. P. 167-189.
- Alaoui Haroni S. et Alifriqui M. (2012). Approche écologique des pâturages humides d'altitude et pratiques de gestion. Le plateau d'Oukaïmeden dans le Haut Atlas de Marrakech. *In* Auclair L. et Alifriqui M. (dir.). Agdal, patrimoine socio-écologique de l'Atlas marocain. IRD-IRCAM, Rabat. 596 p.
- Auclair L. et Alifriqui M. (2005). Les agdals du Haut Atlas marocain. Enjeux d'une recherche pluridisciplinaire. *Cahiers de recherche*, Centre Jacques Berque, Rabat, n III. p.61-79.
- Boudet G. (1991). Manuel sur les pâturages tropicaux et des cultures fourragères. Manuel et précis d'élevage n°4, Paris, IEMVT. (Ministère de la Coopération). 266 p.
- Bourbouze A. (1997). Autres repères autres paysages. *Courrier de l'Environnement de l'INRA* 30. p. 63-72.
- Bourbouze A. (1999). Gestion de la mobilité et résistance des organisations pastorales des éleveurs du Haut Atlas marocain face aux transformations du contexte pastoral maghrébin. *Managing mobility in African rangelands. The legitimization of transhumance*. FAO. p. 236-265.
- Braun-Blanquet J. (1932). *Plant sociology. The study of plant communities*. New York, USA, London, UK, Mc Cray Hill. 439 p.
- Daget P. et Poissonet J. (1971). "Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Critères d'application,". *Annales Agronomiques* 22. p. 5-41.
- Daget P. et Godron M. (1995). *Pastoralisme, Troupeaux, espaces et société.-Aupelf/Uref*. Hatier ed. Paris, France. 510 p.
- Delaby L. (2000). "Effet de la fertilisation minérale azotée des prairies sur la valeur alimentaire de l'herbe et les performances des vaches laitières au pâturage", *Fourrages* 164. P. 421-436.
- Durant D. et Kernéis E. (2015). "Effets de la fertilisation sur la production, la valeur nutritive et la diversité floristique d'une prairie de fauche en marais charentais", *Fourrages* 222. p. 157-165.
- Gauquelin T. (1988). *Dynamique de la végétation et des formations superficielles dans les montagnes du bassin occidental de la Méditerranée*. Thèse de doctorat d'état (2 tomes) de l'Université Paul Sabatier, Toulouse. 145p + annexes.
- Guais F. et Doligez E. (2002). Biodiversité, potentiel et fertilisation des prairies. *Prairiales du Robillard*. 17 p.
- Gounot M. (1969). *Méthodes d'étude quantitative de la végétation*. Paris, Masson. 314 p.

- Hammada S. ; Dakki M. ; Ibn Tattou M. ; Ouyahya A. et Fennane M. (2004). Analyse de la biodiversité floristique des zones humides du Maroc. Flore rare, menacée et halophile. *Acta Botanica Malacitana* 29. p. 43–66.
- Hirche A., Boughani A. et Nadjraoui D. (1999). A propos de l'évaluation de la qualité des parcours en zones arides. Zaragoza : Ciheam. Cahier option méditerranéenne (N°39). p. 193-197.
- Leconte D. (2002). Biodiversité et réversibilité de la friche. Dossier de l'environnement, INRA 21. p. 151-162.
- ORMVATF (2003). Projet de développement rural dans les zones montagneuses de la province d'Errachidia et de certaines communes des provinces de Midelt et Tinghir (PDRME). Document du projet PDRME. ORMVATF, Errahidia. 77 p.
- Parente G. et Scimone M. (1986). Effets de la fertilisation minérale sur la production et la composition de la flore d'une pelouse des Alpes carniques". *Fourrages* 105. p. 77-96.
- Shannon C.E. et Weaver W. (1949). The mathematical theory of communication, University of Illinois Press, Urbana.
- Simpson E. H. (1949). Measurement of diversity. *Nature* 163. 688.
- SIPAM (2011). Système Oasien dans l'Atlas Marocain - biodiversité et diversité associée : Les systèmes de gestion ancestraux des parcours : les Agdals. 33 p.

TABLEAU 1. QUANTITES ET DATES DES APPORTS D'ENGRAIS

Parcelles	Date d'apport	(NH ₄) ₂ SO ₄ (Kg/ha) *	CH ₄ N ₂ O (kg/ha) **	Ca (H ₂ PO ₄) 2.H ₂ O (kg/ha) ***
P1	Début octobre	0	0	0
	Début avril	0	0	0
	Fin mai	0	0	0
P2	Début octobre	200	0	0
	Début avril	0	100	50
	Fin mai	0	100	50
P3	Début octobre	100	0	0
	Début avril	0	50	50
	Fin mai	0	50	50

* (NH₄)₂SO₄: Sulfates d'ammoniaque (Sulfate d'ammonium) ; ** CH₄N₂O : Urée ; *** Ca(H₂PO₄) 2.H₂O : superphosphate triple (TSP).

TABLEAU 2. PROPRIETES PHYSIQUES DES SOLS DES PARCELLES

	% SUR LA TERRE SÈCHE						% SUR LA PARTIE MINÉRALE			
Parcelle	%A	%LF	%LG	% SF	% SG	%Ca	%A	%L	%S	Texture
P1 (T)	31,5	18,7	6,4	5,7	3,4	34,4	48,0	38,2	13,8	ALO
P2 (200)	29,7	27,3	8,5	3,4	0,8	30,3	42,6	51,3	6,1	AL
P3 (100)	31,5	19,9	5,5	7,1	1,1	34,9	48,4	39,0	12,6	ALO

A : Argile ; LF : Limons fins ; LG. : Limons grossiers ; SG : sable grossier ; SF : Sable fin ; L : Limons ; S : Sable ; Ca : Calcaire / Texture : ALO : Argile lourde, AL : Argile limoneuse.

TABEAU 3. CERTAINES PROPRIETES CHIMIQUES DES SOLS DES PARCELLES

Parcelle	Profondeur (cm)	pH (eau)	pH (KCl 1 N)	MO (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	K ₂ O (ppm)
P1 (T)	0-35	7.9	7.5	1.6	35.1	134.9
P2 (200)	0-35	8.0	7.7	0.8	19.4	64.0
P3 (100)	0-35	7.6	7.1	3.1	36.3	112.7

MO : Matière organique ; P₂O₅ : Pentoxyde de phosphore ; K₂O : Oxyde de potassium.

TABEAU 4. PLUVIOMETRIE DES DEUX DERNIERES COMPAGNES DE LA STATION D'IMILCHIL (SOURCE ORMVATF, 2013).

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
2012-2013	0	1 2	12 3	8	0	0	25	0	2 0	9	-	-	197.0
2011-2012	-	2 1	0	0	0	0	35	23	0	0	-	-	79.0

TABEAU 5. HAUTEUR MAXIMALE MOYENNE AU MAXIMUM DE LA VEGETATION PENDANT LA PREMIERE ET LA DEUXIEME ANNEE

Parcelle	Dose	Hauteur (cm)	Écart type	CV(%)
Juillet 2012				
1	Témoin	99.0	16.1	16.3
2	200 **	121.7	11.7	9.6
3	100 *	100.8	15.3	15.2
Juillet 2013				
1	Témoin	120.9	18.4	15.2
2	100 *	114.0	25.2	22.1
3	50 ***	125.9	17.9	14.3

TABEAU 6. PRIX DES FERTILISANTS UTILISES DANS LES ESSAIS

Engrais	Teneur en azote (%N)	Teneur en phosphore (% P ₂ O ₅)	Prix de l'engrais (Dh/kg)
Sulfate d'ammoniaque	21		1.75
Urée	46		2.5
Superphosphate triple		45	2.75

**TABLEAU 7. COUT DE FERTILISATION (DH/HA) INCLUANT LA MAIN D'ŒUVRE
SELON LES DOSES**

	Parcelle 200 **	Parcelle 100 *	Parcelle 50 (Tissila)***
Coût (Dh/ha)	1661	1160	810
Coût de fertilisation de la prairie Tissila (Dh)	10739	7294	5268

* sulfate d'ammoniaque – Urée – TSP : 100-100-100 ; ** 200-200-100 ; *** 50-50-25

**TABLEAU 8. ESTIMATION DU GAIN MONETAIRE DE LA FERTILISATION DE PRAIRIE DE
TISSILA SELON LA DOSE D'ENGRAIS DES PARCELLES**

	P- 2 - 200 **	Témo in	P- 3 - 100 *	P-3 - 100 *	Témo in	P-3 - 50 ***
Production pastorale des parcelles de la prairie de Tissila (UF/ha/an)	1504 4	6817	1163 2	1468 2	8685	1397 6
Production pastorale totale de la prairie de Tissila (UF)	9778 8	4431 1	7561 0	9543 7	5645 2	9084 5
Gain en unité fourragère par rapport au témoin (UF)	5347 6,8		3129 8,7	3898 5,1		3439 3
Estimation monétaire du gain en production pour la prairie de Tissila (Dh /parcelle)	2139 07		1251 94	1559 40		1375 72
Gain net en déduisant les charges (Dh / parcelle)	2031 68		1179 01	1486 46		1233 04
Gain net de la prairie de Tissila par hectare (Dh/ha)	3125 7		1813 9	2286 9		2035 5

* sulfate d'ammoniaque – Urée – TSP : *100-100-100 ; ** 200-200-100 ; *** 50-50-25



FIGURE 1. ALMOU DU TISSILA DURANT L'AUTOMNE

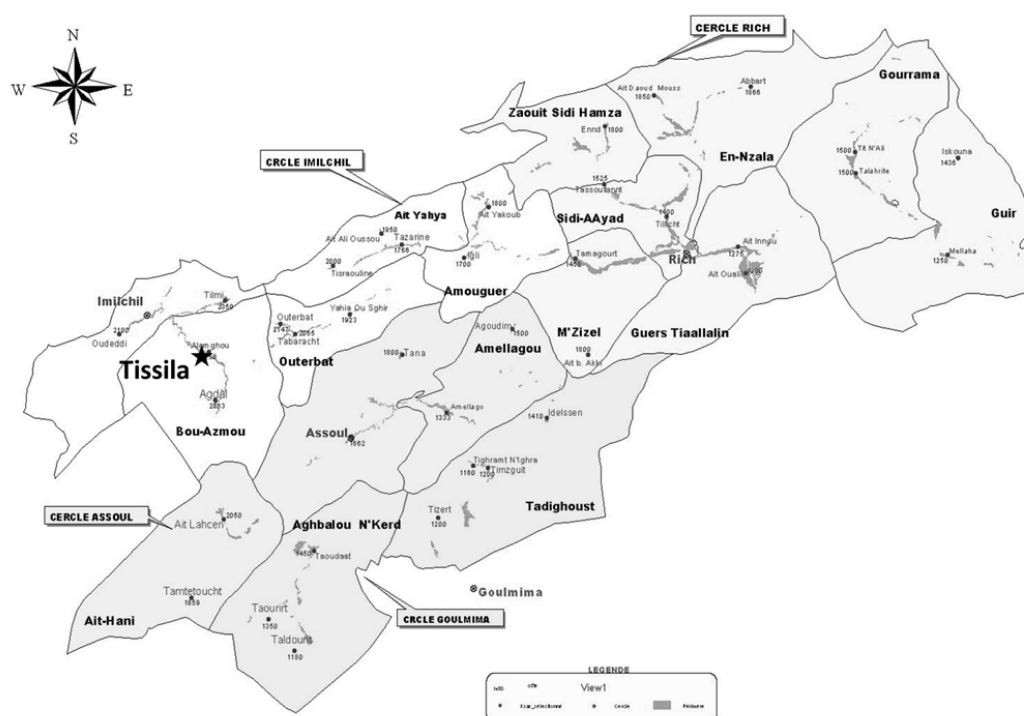


FIGURE 2. LOCALISATION DU SITE D'ETUDE (ETOILE) SOURCE : ORMVATF (2003)

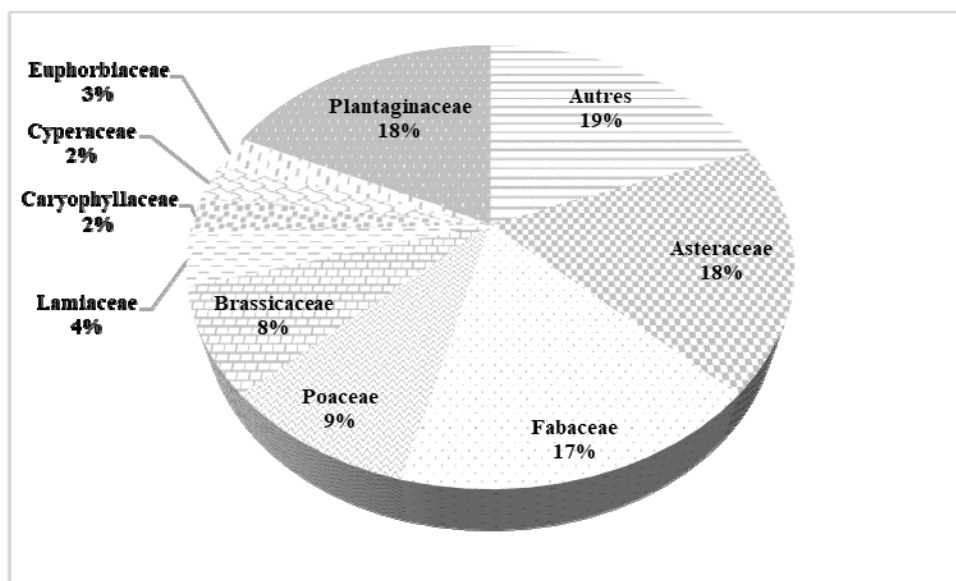


FIGURE 3. REPRESENTATIVITE DES FAMILLES DANS LE SITE DE TISSILA SELON LE NOMBRE DES ESPECES

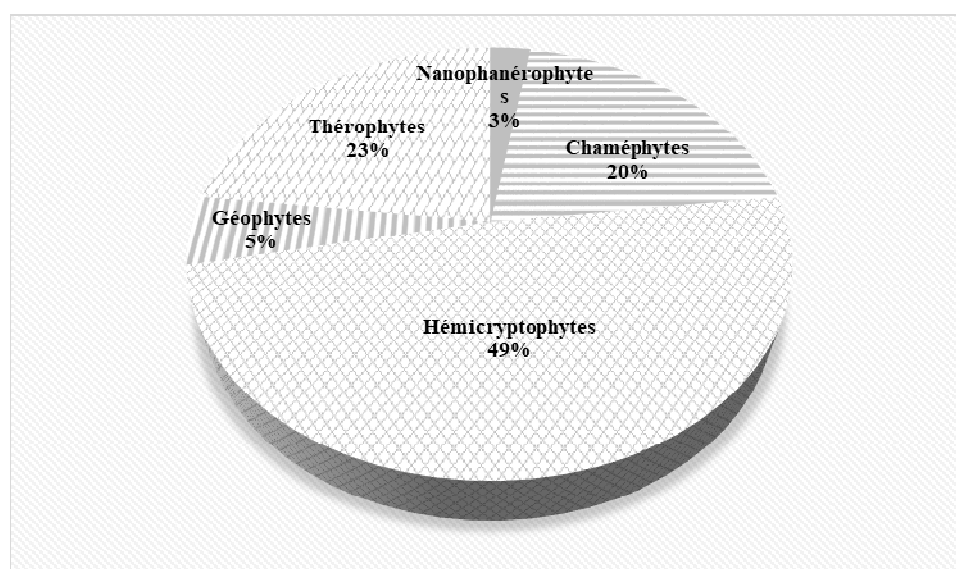


FIGURE 4. TYPES BIOLOGIQUES A TISSILA (CLASSIFICATION DE RAUNKIAER)

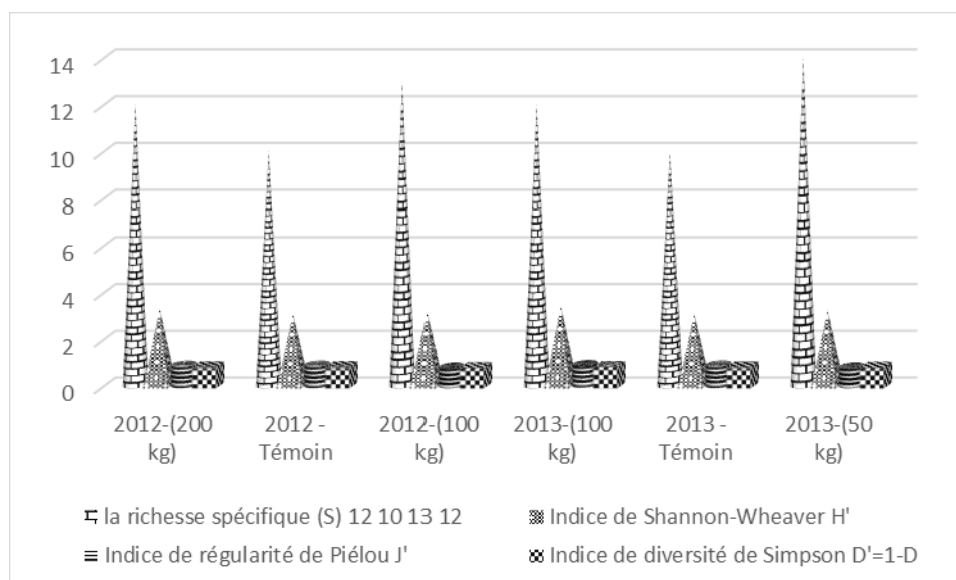


FIGURE 5. INDICES DE DIVERSITE FLORISTIQUE DE LA PELOUSE DE TISSILA SELON LES DOSES DE FERTILISATION APORTEES

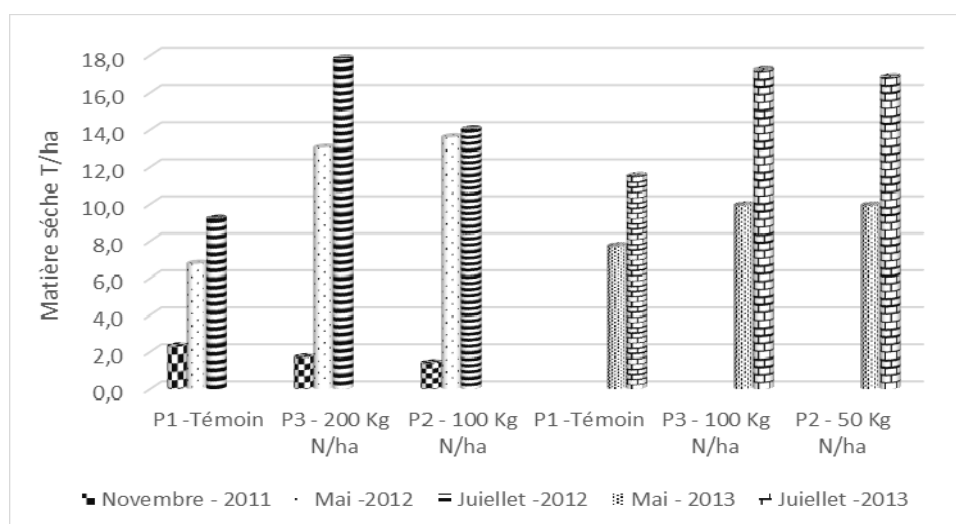


FIGURE 6. PHYTOMASSE DE LA PRAIRIE DANS LES TROIS PARCELLES D'ESSAI.

ANNEXE 1: LISTE DES ESPECES DE LA PRAIRIE DE TISSILA

Pelouse de Tissila			
Espèces	Type biologique selon Raunkiaer	Famille	Présence par rapport à la pelouse
<i>Adiantum capillus-veneris</i> L.	G	Pteridaceae	Intérieure de la pelouse
<i>Aegilops ovata</i> L.	TH	Poaceae	Bordure de la pelouse
<i>Aegilops ventricosa</i> Tausch	TH	Poaceae	Bordure de la pelouse
<i>Agrostis stolonifera</i> L.	H	Poaceae	Intérieure de la pelouse
<i>Alopecurus pratensis</i> L.	H	Poaceae	Intérieure de la pelouse
<i>Anacyclus pyrethrum</i> (L.) Link	H	Asteraceae	Bordure de la pelouse
<i>Anarrhinum fruticosum</i> Desf.	CH	Plantaginaceae	Bordure de la pelouse
<i>Anisanthae tectorum</i> (L.) Nevski	TH	Poaceae	Bordure de la pelouse
<i>Arenaria pungens</i> Clem.	CH	Caryophyllaceae	Bordure de la pelouse
<i>Artemisia atlantica</i> Maire	CH	Asteraceae	Bordure de la pelouse
<i>Astragalus ibrahimianus</i> Maire	CH	Fabaceae	Bordure de la pelouse
<i>Astragalus incanus</i> L.	H	Fabaceae	Bordure de la pelouse
<i>Avenasterilis</i> L.	TH	Poaceae	Bordure de la pelouse
<i>Bromus lanceolatus</i> Roth	TH	Poaceae	Intérieure de la pelouse
<i>Bupleurum atlanticum</i> Murb.	CH	Apiaceae	Bordure de la pelouse
<i>Campanula filicaulis</i> Durieu	H	Campanulaceae	Bordure de la pelouse
<i>Carex divisa</i> Huds.	G	Cyperaceae	Intérieure de la pelouse
<i>Carthamus pomelianus</i> (Batt.) Batt	H	Asteraceae	Bordure de la pelouse
<i>Catananche caespitosa</i> Desf.	H	Asteraceae	Bordure de la pelouse
<i>Centaurea pullata</i> L.	H	Asteraceae	Bordure de la pelouse
<i>Centaurea josiae</i> Humbert	H	Asteraceae	Bordure de la pelouse

Espèces	Type biologique selon Raunkiaer	Famille	Présence par rapport à la pelouse
<i>Cirsium pyrenaicum</i> (Jacq.) All.	H	Asteraceae	Intérieure de la pelouse
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	TH	Convolvulaceae	Intérieure de la pelouse
<i>Coronilla minima</i> subsp. <i>Lotoides</i> (W.D.J. Koch) Nyman	CH	Fabaceae	Intérieure de la pelouse
<i>Dactylorhiza elata</i> (Poir.) Soósubsp. <i>elata</i>	G	Orchidaceae	Intérieure de la pelouse
<i>Dianthus sylvestris</i> subsp. <i>Boissieri</i> (Willk.) Dobignard	H	Caryophyllaceae	Bordure de la pelouse
<i>Diploaxis</i> sp.	TH	Brassicaceae	Bordure de la pelouse
<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. & Schult.	H	Cyperaceae	Intérieure de la pelouse
<i>Erinacea anthyllis</i> Link	CH	Fabaceae	Bordure de la pelouse
<i>Erucavesicaria</i> subsp. <i>sativa</i> (Mill.) Thell.	TH	Brassicaceae	Bordure de la pelouse
<i>Euphorbia aegyptiaca</i> L.	H	Euphorbiaceae	Bordure de la pelouse
<i>Euphorbia maculata</i> L.	H	Euphorbiaceae	Bordure de la pelouse
<i>Festuca ovina</i> L.	H	Poaceae	Bordure de la pelouse
<i>Fumana ericoides</i> (Cav.) Gand.	CH	Cistaceae	Bordure de la pelouse
<i>Galium aparine</i> L.	TH	Rubiaceae	Bordure de la pelouse
<i>Genista tinctoria</i> L.	NPH	Fabaceae	Bordure de la pelouse
<i>Hordeum murinum</i> L.	TH	Poaceae	Intérieure de la pelouse
<i>Hormathophylla spinosa</i> (L.) P.Küpf	CH	Brassicaceae	Bordure de la pelouse
<i>Koeleria vallesiana</i> (Honck.) Gaudin	H	Poaceae	Bordure de la pelouse
<i>Lamium amplexicaule</i> L.	TH	Lamiaceae	Bordure de la pelouse
<i>Lepidium draba</i> L.	H	Brassicaceae	Intérieure de la pelouse
<i>Lotus corniculatus</i> L.	H	Fabaceae	Intérieure de la pelouse
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	H	Poaceae	Intérieure de la pelouse
<i>Malcolmia africana</i> (L.) R. Br	TH	Brassicaceae	Bordure de la pelouse

Espèces	Type biologique selon Raunkiaer	Famille	Présence par rapport à la pelouse
<i>Mantisalcaalmantica</i> (L.) Briq. & Cavill.	TH	Asteraceae	Bordure de la pelouse
<i>Marrubiumvulgare</i> L.	CH	Lamiaceae	Bordure de la pelouse
<i>Matthiolafruticulosa</i> (Loefl. ex L.) Maire	H	Brassicaceae	Bordure de la pelouse
<i>Medicagolupulina</i> L.	H	Fabaceae	Intérieure de la pelouse
<i>Menthapulegium</i> L.	H	Lamiaceae	Bordure de la pelouse
<i>Melicacupanii</i> Guss.	H	Poaceae	Bordure de la pelouse
<i>Onobrychis humilis</i> subsp. <i>Jahandiezii</i> (Sirj.) Greuter&Burdet	H	Fabaceae	Bordure de la pelouse
<i>Ononisangustissima</i> Lam.	CH	Fabaceae	Bordure de la pelouse
<i>Ononisspinosasubsp. antiquorum</i> (L.) Arcang.	CH	Fabaceae	Intérieure de la pelouse
<i>Papaver rhoeas</i> L.	TH	Papaveraceae	Intérieure de la pelouse
<i>Picrishiapanica</i> (Willd.) P. D. Sell.	H	Asteraceae	Bordure de la pelouse
<i>Plantagomaritima</i> L.	H	Plantaginaceae	Bordure de la pelouse
<i>Potentillareptans</i> L.	H	Rosaceae	Bordure de la pelouse
<i>Ranunculusbulbosus</i> L.	H	Ranunculaceae	Intérieure de la pelouse
<i>Resedaluteola</i> L.	TH	Resedaceae	Bordure de la pelouse
<i>Rhodanthemumcatananche</i> (Ball) Wilcox & al.	H	Asteraceae	Bordure de la pelouse
<i>Rumex crispus</i> L.	H	Polygonaceae	Intérieure de la pelouse
<i>Salixpurpurea</i> L.	PH	Salicaceae	Intérieure de la pelouse
<i>Salviaverbenaca</i> L.	H	Lamiaceae	Bordure de la pelouse
<i>Schedonorusarundinaceus</i> (Schreb.) Dumort.	H	Poaceae	Bordure de la pelouse
<i>Scorzoneraespitosa</i> Pomel	H	Asteraceae	Bordure de la pelouse

Espèces	Type biologique selon Raunkiaer	Famille	Présence par rapport à la pelouse
<i>Scorzoneroidea atlantica</i> (Ball) Holub	<i>H</i>	Asteraceae	Intérieure de la pelouse
<i>Scrophularia canina</i> L.	<i>CH</i>	Scrophulariaceae	Bordure de la pelouse
<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke subsp. <i>vulgaris</i>	<i>G</i>	Caryophyllaceae	Bordure de la pelouse
<i>Sixalix parielii</i> (Maire) Greuter & Burdet	<i>CH</i>	Dipsacaceae	Bordure de la pelouse
<i>Sonchus arvensis</i> L.	<i>TH</i>	Asteraceae	Bordure de la pelouse
<i>Taraxacum atlanticum</i> Pomel	<i>H</i>	Asteraceae	Intérieure de la pelouse
<i>Tetragonolobus maritimus</i> (L.) Roth	<i>H</i>	Fabaceae	Bordure de la pelouse
<i>Teucrium luteum</i> (Mill.) Degen	<i>CH</i>	Lamiaceae	Bordure de la pelouse
<i>Thymus wilddenowii</i> Boiss.	<i>CH</i>	Lamiaceae	Bordure de la pelouse
<i>Thymelaea virgata</i> (Desf.) Endl.	<i>NPH</i>	Thymelaeaceae	Bordure de la pelouse
<i>Tragopogon porrifolius</i> L.	<i>H</i>	Asteraceae	Bordure de la pelouse
<i>Trifolium fragiferum</i> L.	<i>H</i>	Fabaceae	Intérieure de la pelouse
<i>Trigonella monspeliaca</i> L.	<i>TH</i>	Fabaceae	Bordure de la pelouse
<i>Vella mairei</i> Humbert	<i>CH</i>	Brassicaceae	Bordure de la pelouse
<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.	<i>TH</i>	Plantaginaceae	Bordure de la pelouse
<i>Vicia sativa</i> L.	<i>TH</i>	Fabaceae	Bordure de la pelouse
<i>Xeranthemum inapertum</i> (L.) Mill	<i>TH</i>	Asteraceae	Bordure de la pelouse

ANNEXE 2 : NOMS VERNACULAIRES DES ESPECES A L'INTERIEUR DE LA PRAIRIE

Espèces	Noms vernaculaires	Noms français
<i>Adiantum capillus-veneris</i> L.	Toyguetaman	La Capillaire de Montpellier
<i>Adonis aestivalis</i> subsp. <i>squarrosa</i> (Steven) Nyman	Awzid	Adonis d'été
<i>Agrostis stolonifera</i> L.	Tassagout	Agrostis
<i>Alopecurus pratensis</i> L.	Oumtibilout	Vulpin des prés
<i>Anchusa azurea</i> Mill.		Buglosse d'Italie
<i>Anisanthadiandra</i> (Roth) Tzvelev		Brome à deux étamines
<i>Anisanthectorum</i> (L.) Nevski	Ils nougdid, Hamraia	Brome des murs
<i>Bromus lanceolatus</i> Roth		Brome à grands épillets
<i>Carex divisa</i> Huds.	Azmou	Laiche à utricules bifides
<i>Centaurea pullata</i> L.		Centauree bordée de noir
<i>Cirsium pyrenaicum</i> (Jacq.) All.	Issenane	Cirse des Pyrénées
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Tizelft	Liseron des champs
<i>Coronilla minima</i> subsp. <i>Lotoidea</i> (W.D.J. Koch) Nyman	Fessa Ablouh	Coronille naine
<i>Dactylorhiza elata</i> (Poir.) Soó subsp. <i>elata</i>	Abouloun Woday	Orchis élevé
<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. & Schult.	Azmou	Scirpe des marais
<i>Erucavescaria</i> subsp. <i>sativa</i> (Mill.) Thell.	Azakh	Roquette
<i>Galium aparine</i> L.		Gaillet gratteron
<i>Hordeum murinum</i> L.	Timzi n-ighrdayn	Orge des rats
<i>Isatis tinctoria</i> L.	Messoussa	Pastel des teinturiers
<i>Lepidium draba</i> L.	Tanakhmoucht	Cardaire drave
<i>Lotus corniculatus</i> L.	Tasfzuget	Lotier corniculé

Espèces	Noms vernaculaires	Noms français
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	Agassisse, Retba	Ray-grass d'Italie
<i>Malva neglecta</i> Wallr.	L-khoubbeyza- L-baquola	Mauve commune
<i>Medicago lupulina</i> L.	Talfessat	Luzerne lupuline
<i>Ononis spinosa</i> subsp. <i>Antiquorum</i> (L.) Arcang.	Fetrach	Bugrane épineuse
<i>Papaver rhoeas</i> L.	Bellaamane	Coquelicot
<i>Polygonum equisetiforme</i> Sibth. & Sm.		Renouée à balais
<i>Raffanaldia primuloides</i> Godron		
<i>Ranunculus bulbosus</i> L.	El Gourrouj	Renoncule bulbeuse
<i>Rumex crispus</i> L.	Tassoumoumt	Oseille crêpue
<i>Salix purpurea</i> L.	Tissmillilt	Saule pourpre
<i>Scorzonera oides atlantica</i> (Ball) Holub	Tawojtemt	Liondent atlantique
<i>Taraxacum atlanticum</i> Pomel	Awojtem	Pissenlit atlantique
<i>Tetragonolobus maritimus</i> (L.) Roth		Téragonolobe
<i>Tragopogon porrifolius</i> L.		salsifis à feuilles de poireau
<i>Trifolium fragiferum</i> L.	Talfessat	Trèfle fraise
<i>Trigonella monspeliaca</i> L.		Trigonelle de Montpellier
<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.		Véronique mouron d'eau

ANNEXE 3 : LES INDICATEURS DE LA BIODIVERSITE CALCULES AU MAXIMUM DE
VEGETATION DE LA PRAIRIE DE TISSILA

Pelouse de Tissila						
Dose	200 kg N/ha	Témoin	100 Kg N/ha	100 kg N/ha	Témoin	50 Kg N/ha
Parcelle	2	1	3	2	1	3
Période	Juillet 2012			Juillet 2013		
Nombre d'individus (N)	67	31	59	85	43	63
la richesse spécifique (S)	12	10	13	12	10	14
la diversité maximale : H'max	3,58	3,32	3,70	3,58	3,32	3,81
la diversité minimale :H' min	1,21	1,79	1,46	1,00	1,40	1,50
Indice de Shannon-Wheaver H'	3,31	3,08	3,13	3,41	3,09	3,23
Variance H	0,005	0,009	0,011	0,003	0,006	0,011
Indice de régularité de PiélouJ' orSpeciesEvenness E	0,92	0,93	0,85	0,95	0,93	0,85
Indice de simpson D= $1/(\sum f(i)*f(i))$	8,45	7,57	6,73	9,67	7,74	7,31
Indice de dominance de simpson D= $\sum N_i (N_i-1)/N(N-1)$	0,10	0,10	0,13	0,09	0,11	0,12
Indice de diversité de Simpson D'=1-D	0,90	0,90	0,87	0,91	0,89	0,88
Indice riciproque de Simpson	9,53	9,69	7,47	10,79	9,21	8,14
Dmin	0,30	0,50	0,37	0,24	0,38	0,37
Dmax	0,93	0,93	0,94	0,93	0,92	0,94
Simpsonscomplement V	0,94	0,92	0,87	0,97	0,94	0,88

ANNEXE 4: PRODUCTION PASTORALE DES UNITES FOURRAGERES UF (UF/HA/AN) DE
LA PRAIRIE DE TISSILA

Pelouse de Tissilla								
Dose	200 kg N/ha	Tém oin	100 Kg N/ha	Moy en	100 kg N/ha	Tém oin	50 Kg N/ha	Moy enn es
Parcelle	2	1	3		2	1	3	
Période	Juillet 2012				Juillet 2013			
Valeur pastorale totale (%)	84,5	74,2	83,0	80,5	85,4	75,6	83,0	
Valeur pastorale des Poaceae (%)	69,5	45,2	75,3	63,4	65,6	58,9	70,9	65,1
Valeur pastorales des Fabaceae (%)	5,6	0,0	0,3	1,9	11,1	0,1	0,6	3,9
Production au maximum de la végétation (Kg/ha/an)	1780 7,5	9189 ,3	1402 0,2	1367 2,3	1719 9,1	1148 8,7	1684 4,4	81,3
Production pastorale de pelouse par parcelle (UF/ha/an)	1504 4,3	6817 ,1	1163 2,3	1116 4,6	1468 2,7	8685 ,0	1397 6,3	1244 8,0
Potentiel pastoral (Ch (UGB.ha) = 0,02 VP)	1,7	1,5	1,7	1,6	1,7	1,5	1,7	1,6
Capacité de charge (UGB/ha)	3,4	1,6	2,7	2,5	3,4	2,0	3,2	2,8
Nombre de jours de pâturage pour 100 UGB /ha	13	6	10	9,3	12	7	12	10,4

Légende :

NPH	Nanophanérophytes	Bourgeons dormants aériens > 50 cm
CH	Chaméphytes	Bourgeons dormants aériens < 50 cm
H	Hémicryptophytes	Bourgeons dormants à la surface du sol
G	Géophytes (cryptophyte)	Bourgeons dormants sous la surface du sol
TH	Thérophytes	Plantes qui survivent au moyen de graines (annuelles, bisannuelles)
HDP	Hydrophytes	Bourgeons dormants sous l'eau, feuilles immergées (plantes aquatiques)
HLP	Hélophytes	Bourgeons dormants sous l'eau, feuilles émergées au moins en partie