

Effets de la coupe sur la croissance de la légumineuse fourragère *Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton

Omar ZENNOUHI, Mohamed EL MDERSSA, Jamal IBIJBIJEN et Laila NASSIRI*

Université Moulay Ismail, Faculté des Sciences, Laboratoire Environnement et Valorisation des Ressources
Microbiennes et Végétales, BP 50 000 Meknès, Maroc

* Correspondance, courriel : nassiri_layla@yahoo.fr

Résumé

Au Maroc, les parcours sont soumis à des contraintes multiples d'ordre climatique, technique, pastoral et social ; ce qui entraîne la régression des formations végétales, l'érosion des espèces appétibles et menace d'une pénurie en ressources fourragères et pastorales. La réhabilitation et la gestion de ces terrains sont donc impératives, notamment par l'installation de légumineuses herbacées et arbustives. L'objectif de cet article est d'étudier les effets de la coupe sur la croissance de la légumineuse fourragère *Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton. Un essai a été conduit en pots, sous serre, à la Faculté des Sciences de Meknès. A l'âge de trois mois, les plantes de *B. bituminosa* ont été coupées jusqu'à 20 cm (25 %), 40 cm (50 %), et 60 cm (75 %) par rapport à la base ; des plantes non coupées (100 %) et d'autres totalement sacrifiées (0 %) ont été utilisées comme témoins. Au bout de trois mois, la coupe finale a été effectuée ; les poids frais et sec et la teneur en azote total de la partie aérienne ont été déterminés. Pour la partie souterraine, la biomasse accumulée, le nombre et poids frais des nodosités racinaires ont été estimés. Les résultats montrent que les traitements 50 %, 75 % réduisent l'accumulation en matière fraîche aérienne de 9,6 % et 9,91 % par rapport au témoin non coupé ; seule la coupe intense (25 %) entraîne une forte réduction du poids frais et sec aériens et du poids sec racinaire de 36,67 %, 41 % et 57,04 %, respectivement. Le pourcentage d'azote total, le nombre et poids frais des nodules sont améliorés, d'autant plus que la coupe est importante. L'arbuste *Bituminaria bituminosa* reprend assez bien sa croissance surtout après une coupe modérée. Il peut garantir ainsi un aliment mobilisable pour le bétail, notamment en période de déficit fourrager. Aussi, les recherches sur cette espèce méritent d'être approfondies pour promouvoir son intégration dans les systèmes sylvo-pastoraux ou agro-sylvo-pastoraux Marocains.

Mots-clés : *Bituminaria bituminosa*, fourrage, coupe, biomasse, Maroc.

Abstract

Effects of cutting on the growth of the forage legume *Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton

In Morocco, rangelands are subject to multiple constraints of a climatic, technical, pastoral and social nature, which leads to the regression of plant formations, the erosion of appetizing species and threatens a shortage of fodder and pastoral resources. The rehabilitation and management of these lands are therefore imperative, notably through the installation of herbaceous and shrubs legumes. The objective of this paper is to study the effects of cutting on the growth of the forage legume *Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton. A trial

was conducted in pots, under greenhouse conditions, at the Faculty of Sciences of Meknes. Three months after sowing, *B. bituminosa* plants were cut to 20 cm (25 %), 40 cm (50 %), and 60 cm (75 %) from the base; the uncut (100 %) and totally sacrificed (0 %) plants were used as controls. Three months later, the final clipping was made; fresh and dry weights and total nitrogen content of the aerial part were determined. For the underground part, the accumulated biomass, the number and fresh weight of root nodules were estimated. The results show that the treatments 50 %, 75 % reduce the accumulation of fresh above-ground biomass by 9.6 % and 9.91 % compared to the uncut control; only the intense cutting (25 %) leads to a strong reduction of both the aerial fresh and dry weights, and the root dry weight, with 36.67 %, 41 % and 57.04 % respectively. The percentage of total nitrogen, the number and the fresh weight of nodules are improved, especially as the cutting is intense. The *Bituminaria bituminosa* shrub resumes its growth quite well, especially after moderate cutting. It can thus guarantee a mobilizable feed for the cattle, especially in periods of forage deficit. Also, research on this species deserves to be deepened in order to promote its integration in the Moroccan sylvo-pastoral or agro-sylvo-pastoral systems.

Keywords : *Bituminaria bituminosa*, fodder, cutting, biomass, Morocco.

1. Introduction

Au Maroc, l'élevage est une composante majeure de la stratégie « *Plan Maroc Vert* » adoptée en 2008 pour le développement de l'agriculture, principal levier de l'économie nationale [1]. Le secteur de l'élevage représente une part importante du Produit Intérieur Brut (PIB) agricole (26 à 32 % selon les années), revêt une importance capitale sur le plan économique et social pour sa contribution aux revenus des ménages et à la création d'emploi. En effet, il offre le 20 % des emplois agricoles et assure les revenus de plus de 80 % de la population rurale [2]. Pour leur part, les systèmes pastoraux et sylvopastoraux sont complexes et utilisent en complémentarité des ressources fourragères issues d'agrosystèmes, forêts et parcours ; on distingue ainsi, le système agropastoral, agrosylvopastoral et système à dominance sylvopastorale composé des steppes sahariennes et présahariennes, des forêts et des pâturages alfatiers et steppiques atlantiques [3]. Dans la région du Moyen Atlas, l'élevage sylvopastoral extensif n'est pas seulement une activité parmi d'autres, mais constitue un mode de vie [3]. C'est aussi le type le plus exercé au Maroc sur des terres collectives ou en forêts étatiques ; les parcours forestiers contribuent pour 17 % des apports du bilan fourrager national et peuvent atteindre jusqu'à 80 % du bilan fourrager en zone forestière telle que la région du haut Atlas [4]. La forêt contribue à l'affouragement régulier d'environ 40 % du cheptel national [4, 5]. Cette contribution pourrait même doubler en périodes ou années de sécheresse puisque la forêt reste le seul refuge sur lequel se rabattent les troupeaux [4]. Le pastoralisme a été longtemps considéré comme le système le plus adapté aux terres marginales et y a assuré pendant longtemps l'équilibre écologique ; cet équilibre reposait sur deux composantes principales qui sont la mobilité des hommes et des troupeaux et la diversification [6]. Cependant, les parcours forestiers souffrent de plus en plus d'un grand déséquilibre entre l'offre et la demande pastorale à cause d'une part, de l'ascension démographique dans les zones forestières et péri-forestières, la sédentarisation de plusieurs éleveurs, l'extension des labours pour les cultures et de la récurrence des sécheresses d'autre part [7, 8]. Cette situation est accentuée par les variations de température et les irrégularités des précipitations, dans le temps et dans l'espace, qui sont typiques du climat méditerranéen et expose périodiquement l'activité pastorale à d'énormes risques de déficit fourrager [9]. Ceci, d'autant plus que l'activité pastorale est très tributaire des ressources sylvopastorales gratuites, et en cas d'aléas climatiques, sécheresse ou froid, le cheptel se concentre en forêts et accentue la pression sur le capital sylvopastoral [10]. Ainsi, au Maroc, la surexploitation des ressources forestières devient une alternative pour la subsistance des populations rurales [11] ; mais,

l'utilisation abusive de ces ressources affaiblies par la sécheresse, n'est pas sans incidence écologique et socio-économique [8]. En effet, surpâturage, écimage et ébranchage de la strate arborée et arborescente, défrichement sont autant de pratiques répétées qui conduisent à l'ouverture, la dégradation, voire même, la disparition progressive de ces formations à usages multiples [11, 12]. Le cortège floristique est dominé progressivement par des espèces indicatrices de dégradation à faibles valeurs pastorales, telles *Noaea mucronata*, *Peganum harmala*, *Anabasis aphylla*, *Asphodelus microcarpus*, *Atractylis serratuloides*, etc.) [8]. Les sols, mal protégés, s'érodent et le pays perd annuellement 75 millions de m³ de la capacité de stockage en eau [11]. Tous les changements ainsi observés, couplés à la croissance démographique et aux contraintes climatiques, posent la question de durabilité des systèmes de production [13]. L'ampleur des dysfonctionnements compromet la régénération naturelle des formations sylvopastorales [14]. Par conséquent, le Haut-Commissariat aux Eaux et Forêts et Lutte Contre la Désertification a élaboré en 2016, une stratégie sylvopastorale nationale ; celle-ci vise la gestion durable des ressources naturelles via la bonne gouvernance des biens et services qu'offrent les territoires forestiers [3]. L'un des axes stratégiques consiste en le renforcement des programmes d'amélioration sylvopastorale en donnant la priorité aux arbustes fourragers et aux espèces autochtones pérennes qui permettent d'offrir des réserves fourragères mobilisables en période de déficit fourrager [3]. Par la diversité des rôles qu'ils jouent et des produits qu'ils fournissent, les arbres, arbustes et buissons sont des éléments incontournables des paysages et des exploitations agricoles et d'élevage [15]. Les espèces indigènes présentent l'avantage d'avoir des exigences écologiques et des qualités connues et leurs semences et/ou boutures sont disponibles sur place ; l'introduction de ligneux exotiques est toujours plus risquée, dans la mesure où ces espèces peuvent ne pas supporter les conditions locales et disparaître après quelques années [15].

L'objectif de ces plantations est de décongestionner les parcours, en fournissant une alimentation du bétail moins dépendante des fluctuations pluviométriques, indispensable en période de soudure ou de sécheresse [12]. Aussi, pour garantir l'autonomie fourragère dans ces exploitations, les bonnes pratiques culturales et zootechniques doivent être généralisées, d'autant que l'élevage y assure un rôle clé dans la génération de revenus, même lors des années très sèches, quand les cultures sont improductives [16]. La plupart des ligneux fourragers cultivés appartiennent à la famille des légumineuses ; *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Albizia lebbeck*, que *Faidherbia albida*, *Prosopis chinensis* etc) ont donné de bons résultats dans les pays sahéliers [17]. Les légumineuses, en plus de leur multiplication relativement facile ont une propriété essentielle, celle de fixer l'azote atmosphérique de l'air dans des nodosités situées sur les racines, grâce à des bactéries du genre *Rhizobium* [17]. De cette propriété résultent les trois grandes qualités des légumineuses fourragères : un fourrage riche en protéines, le non besoin de fertilisation azotée et la participation à l'équilibre écologique du milieu en améliorant le sol et en limitant l'érosion [17, 18]. C'est dans ce contexte que s'inscrit un ensemble de travaux [19 - 23] menés par notre équipe de recherche dans le but de valoriser *Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton, une légumineuse arbustive multi-usage en vue de promouvoir son introduction au Moyen Atlas, au niveau des terrains sylvo-pastoraux dégradés. L'objectif de ce présent travail est d'étudier les effets de la coupe sur la croissance de la légumineuse fourragère *Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton. En effet, cet arbuste est destiné essentiellement à un pâturage direct par le bétail en année climatique normale ; mais, vu qu'un parcours indirect à travers des pratiques d'écimage et d'ébranchage en période de sécheresse reste éventuel, le présent travail est une investigation quant à la résilience écologique de cette espèce.

2. Méthodologie

2-1. Conduite de l'essai

Après prégermination des graines de *B. bituminosa*, des plantules au stade 3 à 4 feuilles ont été transplantées au début du mois de novembre 2018, sous serre, dans des pots de 7 litres, remplis d'un sol sablo-limoneux (68,1 % sable ; 30,4 % limon ; 1,6 % argile ; pH 7,8 ; MO, 29 g/kg; CEC, 21,3 cmol (+)/kg; N total, 0,40 g/kg ; P-assimilable, 12.5 mg/ kg). Arrivés à l'âge de trois mois, les plantes ont été soumises à une coupe de la partie aérienne à différents niveaux par rapport au collet, respectivement, 20 cm, 40 cm, et 60 cm ; des plantes ont aussi été laissées intactes (partie aérienne maintenue à 100 %), en guise de témoins et d'autres ont été sacrifiées (T0/Sacrif) pour estimer la biomasse cumulée au moment de l'application des traitements. Par ailleurs, au moment de la coupe, la hauteur moyenne de toutes les plantes fut ramenée à 80 cm et donc les coupes à 20 cm, 40 cm, et 60 cm correspondent à une réduction de la partie aérienne au $\frac{1}{4}$ (25 %), $\frac{1}{2}$ (50 %) et $\frac{3}{4}$ (75 %) et simulent un broutage par le cheptel, intense, moyen et léger (**Figure 1**). Le dispositif expérimental était un bloc aléatoire complet avec cinq répétitions. Au mois de mai 2019, tous les pots ont été sacrifiés ; après estimation de la biomasse fraîche aérienne et racinaire, la biomasse sèche a été déterminée via étuvage à 60°C pendant 72h. Aussi, vu que les qualités de cet arbuste multi-usages sont en majeure partie dues à son aptitude à fixer symbiotiquement l'azote atmosphérique, les paramètres de nodulation, notamment, le nombre et le poids frais des nodosités ont été déterminés pour voir s'ils sont affectés par la coupe. De même, la teneur en azote total accumulé par la partie aérienne a été estimée par la méthode de Kjeldhal [24].

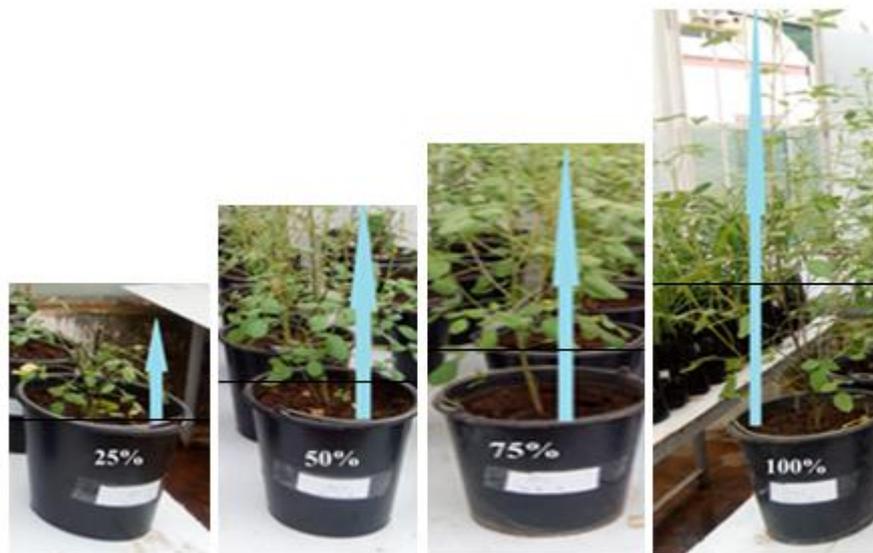


Figure 1 : Plantes de *Bituminaria bituminosa* soumises à une coupe à différents niveaux (réduction au $\frac{1}{4}$ (25 %), $\frac{1}{2}$ (50 %) et $\frac{3}{4}$ (75 %) et témoin non coupé (partie aérienne maintenue à 100 %)

2-2. Analyses statistiques

Toutes les données cumulées ont été soumises à une analyse de variance monofactorielle (ANOVA I) à l'aide du logiciel SPSS version 17, au seuil de signification de 5 %. La comparaison des moyennes a été faite via la méthode de la plus petite différence significative (LSD) ; différentes corrélations ont été investies via le test de Pearson, entre les paramètres de nodulation d'une part, puis entre ces paramètres et ceux de la croissance et l'accumulation d'azote total.

3. Résultats

3-1. Effet de la coupe sur la biomasse aérienne accumulée par *B. bituminosa*

Les données relatives à la biomasse aérienne concernent le poids frais et sec et ont été faites en deux temps. Le premier est le temps d'application de la coupe « T-coupe » où la biomasse issue des coupes à différents niveaux a été pesée avant et après étuvage ; le témoin consiste en des pots totalement sacrifiés « T₀/Sacrif. » et les résultats sont présentés dans la **Figure 2**. Quant au deuxième temps, il concerne la récolte finale à la fin de l'essai ; la biomasse obtenue au niveau de chaque pot a été ajoutée à celle récupérée à « T-coupe » ce qui constitue la biomasse totale par plante. Cette fois-ci, le témoin est constitué par les plantes qui n'ont pas subi de coupe « partie aérienne maintenue à 100 % ». Ainsi, d'après la **Figure 2**, il apparaît qu'aussi bien le poids frais que celui sec varient proportionnellement avec l'intensité de la coupe ; la différence varie significativement ($p < 0.05$) entre les différents niveaux de coupe d'une part, et par rapport au témoin totalement coupé d'autre part.

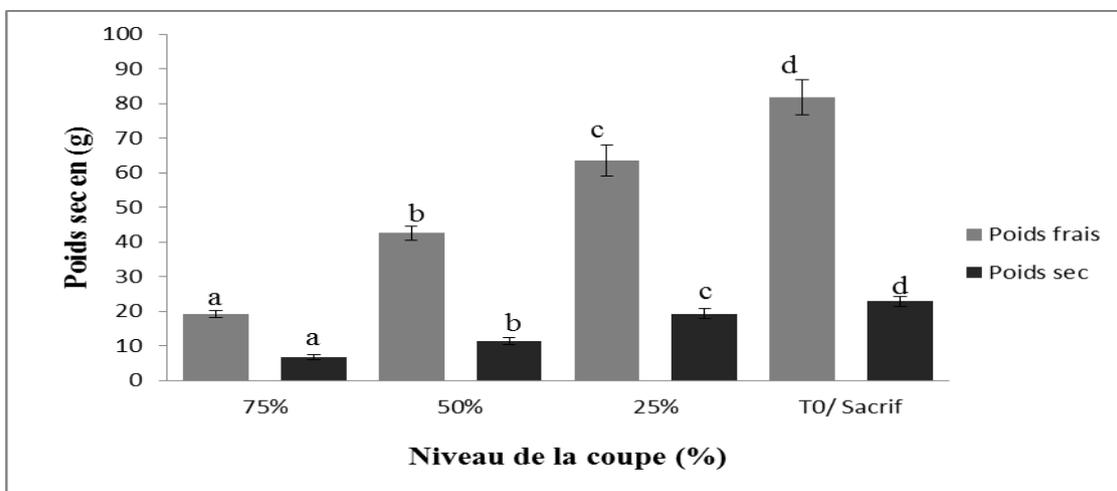


Figure 2 : Poids frais et sec de la partie aérienne de plantes de *B.bituminosa* récupérée au moment de l'application d'une coupe à différents niveaux (réduction au ¼ (25 %), ½ (50 %) et ¾ (75 %) et témoin totalement sacrifié (T0 « Sacrif »)

(Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes $p < 0,05$)

Concernant les résultats relatifs à la biomasse totale (**Figure 3**), on remarque que tant pour le poids frais que sec, l'effet de la coupe est significatif ($p < 0,05$) par rapport au témoin n'ayant subi aucune coupe jusqu'à la fin de l'essai ; il est aussi significatif entre la coupe (25 %) et les deux autres niveaux de coupe mais la différence n'est pas significative entre les traitements (50 %) et (75 %). Cette fois-ci, la biomasse totale est inversement proportionnelle au niveau de la coupe réalisée, les valeurs moyennes sont de 148,50 ; 211,99 ; 211,24 et 234,49 grammes de matière fraîche accumulée aux niveaux, 25 %, 50 %, 75 % et le témoin 100 % et les poids secs totaux respectifs sont de 57,64 ; 82,38 ; 83,46 et 97,7 grammes. L'expression des résultats en taux de réduction de la production de biomasse fraîche par rapport au témoin non coupé, donne 36,67 %, 9,6 % et 9,91 % respectivement pour les traitements 25 %, 50 %, 75 % ; pour la matière sèche, ces valeurs sont de: 41 % ; 15,68 % et 14,58 %, respectivement.

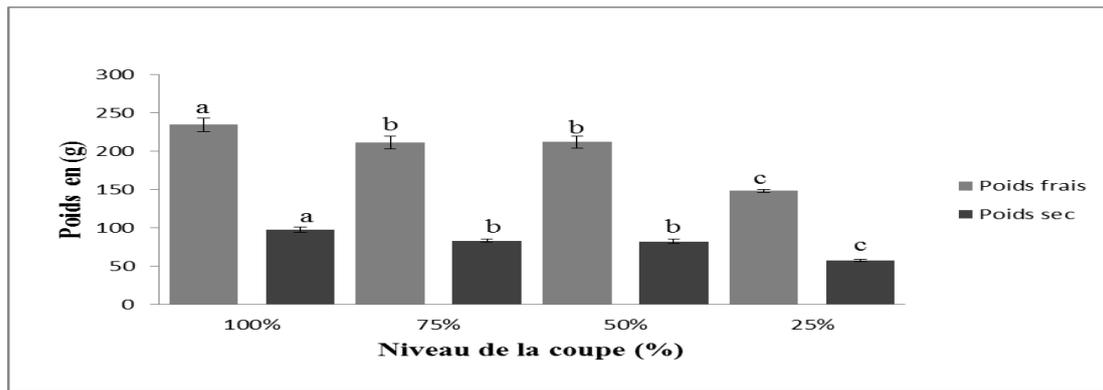


Figure 3 : Poids frais et sec totaux (biomasse récupérée au moment de la coupe additionnée de celle récoltée à la fin de l'essai) de la partie aérienne de plantes de *B. bituminosa* soumises à une coupe à différents niveaux (réduction au $\frac{1}{4}$ (25 %), $\frac{1}{2}$ (50 %) et $\frac{3}{4}$ (75 %) et témoin non coupé (partie aérienne maintenue à 100 %)

(Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes à $p < 0,05$)

3-2. Effet de la coupe sur la biomasse racinaire de *B. bituminosa*

Les résultats relatifs au poids sec racinaire sont présentés dans la **Figure 4**. Par rapport au témoin non coupé (26,77g /plante), les poids secs sont de (19,7 g), (14,28) et (11,5 g), respectivement au niveau des traitements 75 %, 50 % et 25 %, cela correspond à des taux de réduction par rapport au témoin de 26,41 %, 46,66 % et 57,04 %, respectivement. Toutefois, la différence n'est pas significative entre les traitements 50 % et 25 %, au seuil de risque 5 % (**Figure 4**).

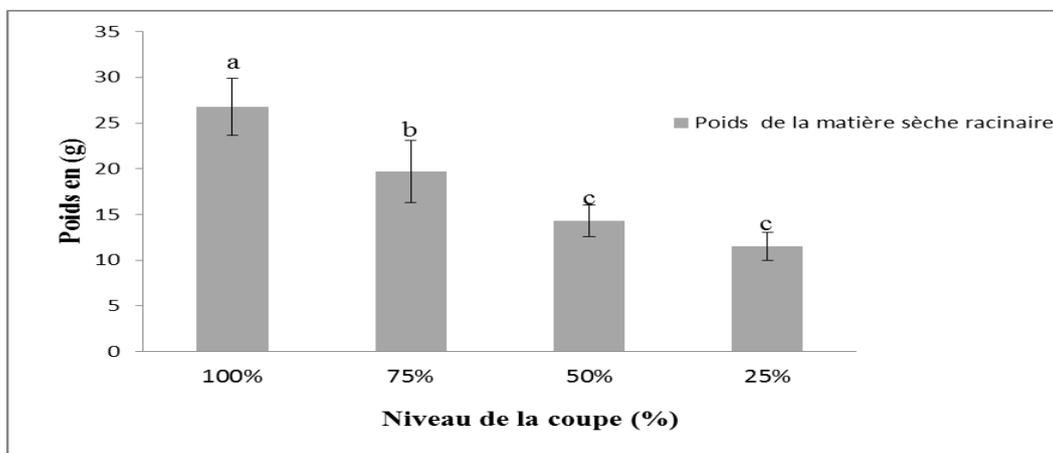


Figure 4 : Biomasse racinaire de plantes de *B. bituminosa* soumises à une coupe à différents niveaux (réduction au $\frac{1}{4}$ (25 %), $\frac{1}{2}$ (50 %) et $\frac{3}{4}$ (75 %) et témoin non coupé (partie aérienne maintenue à 100 %)

(Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes à $p < 0,05$)

3-3. Effet de la coupe sur le nombre et le poids frais des nodules chez *B. bituminosa*

La **Figure 5** présente les données relatives aux deux paramètres de nodulation retenus, à savoir le nombre et le poids frais des nodosités racinaires. L'analyse statistique a révélé un effet significatif ($p < 0,05$) du niveau de la coupe de la partie aérienne sur les nodules formés au niveau des racines. On note que le

nombre de nodules au niveau du traitement 25 % est significativement élevé par rapport au témoin (100%), au traitement 75 %, mais ne diffère pas significativement par rapport au traitement 50%, quoiqu'il soit plus élevé que lui. Entre le témoin 100 %, 75 % et 50 %, la différence n'est pas significative (**Figure 5A**) malgré la stimulation occasionnée par la coupe. Quant au poids frais des nodosités (**Figure 5B**), seule la valeur enregistrée au niveau du traitement 25 % diffère significativement (7,61 g/plant) par rapport à celles des traitements 100 %, 75 % et 50 %, égales respectivement à 4,01 ; 4,9 et 5,71 g/plant. Par ailleurs, les taux d'amélioration de la nodulation par rapport au témoin et suivant la sévérité de la coupe sont de : - 0,9 % ; 7,71 % ; 20,98 % pour le paramètre « nombre de nodules », et 22.19 %, 42.39 % et 89. 77 % pour le poids frais. En fin, le test de Pearson a montré une forte corrélation ($p < 0,01$) entre le nombre et le poids frais des nodules ($R^2 = 0,914$).

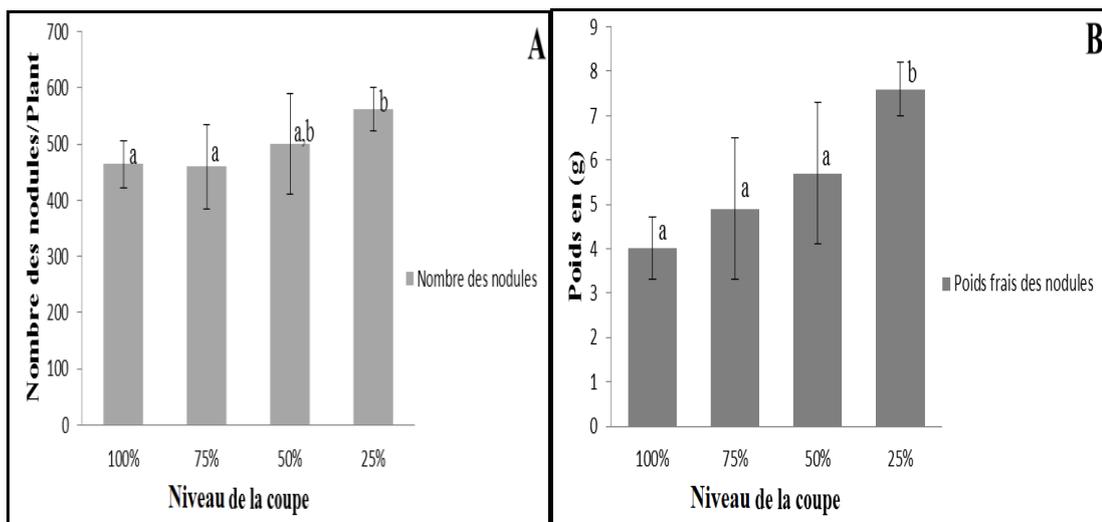


Figure 5 : (A) Nombre des nodules et (B) poids frais des nodules formés sur les racines de plantes de *B. bituminosa* soumises à une coupe à différents niveaux (réduction au ¼ (25 %), ½ (50 %) et ¾ (75 %) et témoin non coupé (partie aérienne maintenue à 100 %)

(Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes $p < 0,05$)

3-4. Teneur en azote dans la partie aérienne de *B. bituminosa*

Les résultats relatifs à l'accumulation de l'azote total dans la partie aérienne au moment de la coupe finale sont présentés dans la **Figure 6**. Exprimés en pourcentage (**Figure 6A**), ces résultats laissent voir une différence significative ($p < 0,05$) entre les différents traitements d'une part et par rapport au témoin n'ayant subi aucune coupe auparavant, d'autre part ; le pourcentage d'azote est d'autant plus élevé que le niveau de la coupe réalisée est proche du collet.

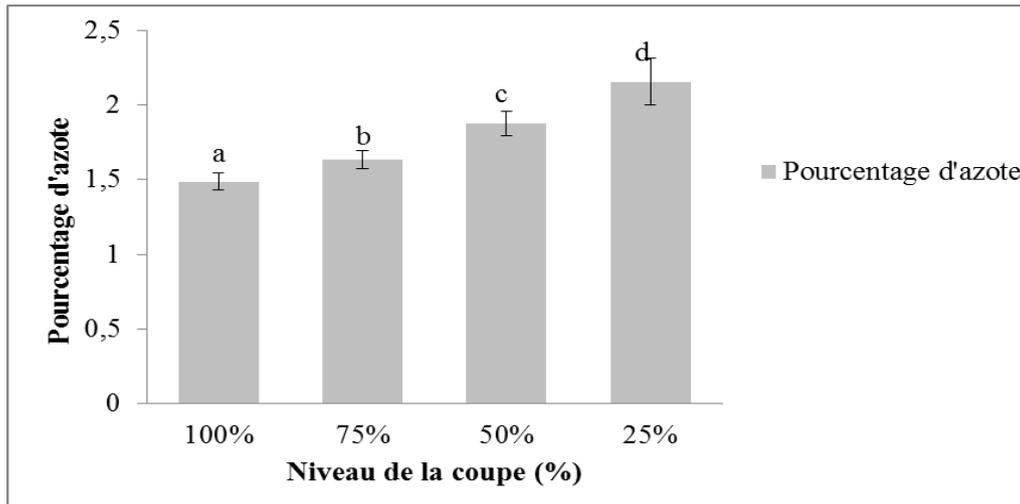


Figure 6A : *Pourcentage d'Azote au niveau de la partie aérienne des plantes de B. bituminosa soumises à une coupe à différents niveaux (réduction au $\frac{1}{4}$ (25 %), $\frac{1}{2}$ (50 %) et $\frac{3}{4}$ (75 %) et témoin non coupé (partie aérienne maintenue à 100 %)*

(Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes $p < 0,05$)

L'effet du niveau de la coupe sur la teneur en azote total en g/plante est également significatif ($p < 0,05$) (**Figure 6B**); seul le traitement (25 %) pour qui la teneur en azote total est la plus faible, diffère significativement par rapport au témoin et diffère aussi par rapport au traitement (50 %). La différence est également significative entre les traitements (50 %) et (75 %).

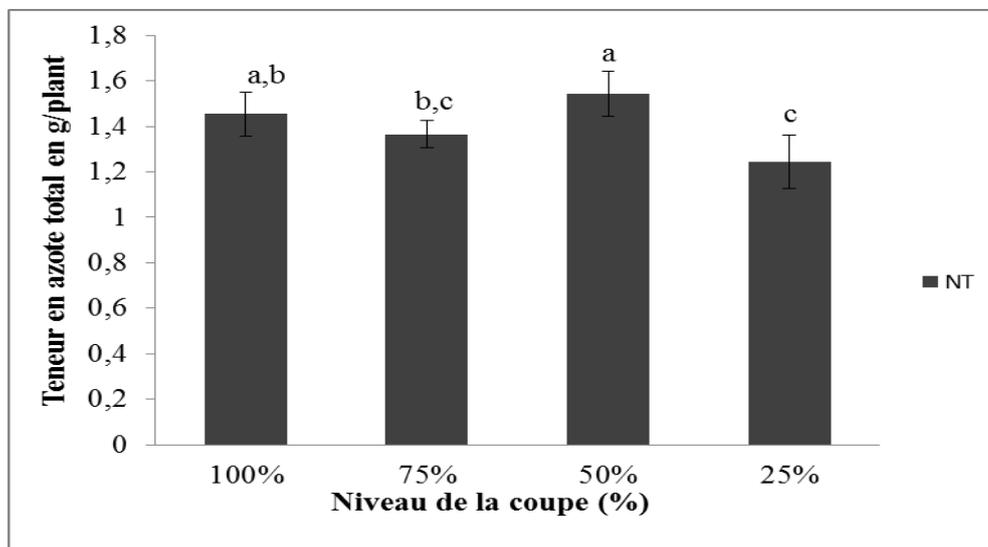


Figure 6B : *Teneur en Azote total au niveau de la partie aérienne des plantes de B.bituminosa soumises à une coupe à différents niveaux (réduction au $\frac{1}{4}$ (25 %), $\frac{1}{2}$ (50 %) et $\frac{3}{4}$ (75 %) et témoin non coupé (partie aérienne maintenue à 100 %)*

(Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes $p < 0,05$)

4. Discussion

4-1. Effet de la coupe sur la biomasse aérienne accumulée par *B. bituminosa*

L'alimentation constitue bien souvent la première contrainte dans l'élevage de ruminants [25]. La capacité de pâturage dépend non seulement de l'étendue spatiale d'un parcours, mais aussi de la qualité de la plante l'herbe ; Pour leur part, la qualité et l'état des pâturages sont directement liés à la végétation [25]. Les fourrages produits sont consommés soit directement à l'état frais ou à l'état sec, après récolte et conservation via ensilage permettant leur conservation et assurant leur disponibilité pour une plus longue durée au cours de l'année. Généralement, la biomasse est le paramètre fréquemment utilisé pour caractériser la production des espèces fourragères. Aussi, aujourd'hui, l'alimentation des ruminants ne se raisonne plus uniquement en fonction des objectifs de production animale, mais aussi vis-à-vis de son impact sur l'autonomie protéique, la santé animale, la qualité des produits et les rejets dans l'environnement. C'est ainsi que les légumineuses fourragères présentent de nombreux intérêts vis-à-vis de ces différentes dimensions et sont considérées comme l'une des clés de la conception de systèmes de production durables [26]. Pour sa part, la légumineuse *Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton est un arbuste à fortes potentialités fourragères ; il offre un aliment très nutritif pour le cheptel aussi bien grâce à son feuillage [23], qu'à ses fruits et graines [27] et est largement utilisé dans l'alimentation des ruminants pendant la saison sèche dans les systèmes agricoles extensifs du sud de l'Australie [28]. Par conséquent, il serait intéressant de l'introduire et le valoriser dans les systèmes sylvo-pastoraux ou agro-sylvo-pastoraux Marocains. Aussi, le présent essai a été mené dans le but de simuler l'effet du pâturage direct sur *Bituminaria bituminosa*, ou bien indirect par coupes répétées sur cet arbuste toujours vert. La réponse de la croissance (biomasse) au broutage simulé a été suivie en réalisant une coupe sur les plantes à trois niveaux (réduction au $\frac{1}{4}$ (25 %), $\frac{1}{2}$ (50 %) et $\frac{3}{4}$ (75 %)). Les résultats montrent que selon le niveau de coupe, la réponse des plantes est variable.

D'abord, plus le niveau de coupe est bas, plus la biomasse fournie (les résidus de coupe) à l'état frais ou sec est élevée (**Figure 2**). A la récolte, la production de biomasse totale (biomasse récoltée plus résidus de coupe) est plus élevée avec la coupe (75 %) par rapport à celles effectuées à (50 %) et (25 %) et l'effet est surtout significatif pour ce dernier traitement alors que la biomasse produite ne montre pas une différence significative entre les deux niveaux 50 %) et (75 %) (**Figure 3**). Par contre, tous les traitements diffèrent significativement par rapport au témoin non coupé ; les plantes coupées produisent moins de biomasse que les plantes témoins (**Figure 3**). Les résultats montrent un effet négatif des coupes (75 %), (50 %) et surtout (25 %) qui réduit les poids frais et sec de 36,67 % et 41 % par rapport au témoin non coupé. La faible production de la culture indique que ce niveau de coupe simule un broutage relativement sévère qui ne permet pas une régénération rapide de la biomasse. Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par [29] qui a expérimenté sur *Cajanus cajan* différentes hauteurs de coupe ; les coupes basses trop sévères entraînent rapidement la mort de l'arbuste et donc la durée de vie d'un arbuste exploité dépend de la hauteur de coupe et de l'intensité des prélèvements. Par contre, nos résultats ne sont pas similaires avec ceux rapportés par les auteurs de la référence [30] qui ont montré que la méthode des coupes répétées au même endroit, constitue un stimulus qui accroît la production. Le broutage dans les zones des parcours qui ont été protégées sur une longue période peut stimuler la couverture foliaire [31]. Habituellement, en l'absence de broutage, les feuilles des végétaux s'allongent, s'amincissent et se dressent et les grandes tiges sont moins nombreuses, ce qui réduit leur capacité de photosynthèse [32]. Le broutage peut également stimuler la croissance végétale par l'élimination de la dominance apicale, ce qui permet le développement de rameaux secondaires qui pourraient augmenter ainsi le rendement des plantes. Par ailleurs, les auteurs des références [17, 18] recommandent pour l'usage des plantes arbustives, l'émondage

au lieu de l'abattage ; la première technique consiste à couper des branches de dimension moyenne à petite et à les distribuer au bétail ; elle n'est pas destructive et la production de feuillage est peu diminuée les années suivantes. Par contre, la deuxième technique est totalement destructive, et la plante coupée à sa base ne repousse plus ou repousse lentement [17, 18]. Toutefois, sauf pour le traitement 25 % dont l'effet sur la production est fortement dépressif, la réduction consécutive aux autres niveaux de coupe reste tolérable. Aussi, l'arbuste fourrager devrait rester en période de repos pour reconstituer son feuillage, sa biomasse et ses réserves nutritives. Faute de quoi, il s'épuise et sa production diminue [17]. Au regard de ces résultats, il ressort clairement que le broutage (simulé par les coupes) peut avoir des effets négatifs sur la production de la biomasse selon son intensité (niveau de coupe). Un broutage sévère réduit tellement l'appareil photosynthétique au point que la plante n'est plus en mesure d'assurer une bonne régénération de sa biomasse. Par contre un broutage modéré et léger a de faibles effets par rapport à des plantes non-broutées.

4-2. Effet de la coupe sur la biomasse racinaire de *B. bituminosa*

Au niveau du système racinaire, on remarque que plus la coupe aérienne est sévère, plus la biomasse racinaire accumulée est faible (**Figure 4**) ; les taux de réduction de la croissance racinaire par rapport au témoin sont respectivement de : 26,41 %, 46,66 % et 57,04 % en allant du traitement (75 %) vers (25 %). A noter qu'au moment de la coupe, 5 répétitions ont été sacrifiées et le poids sec moyen cumulé était de 5,17 g/ plante ; le témoin non coupé, avec un poids moyen de 26,77 g / plante, atteste que la plante était en pleine croissance. Les racines de *B. bituminosa* sont souterraines d'où elles ne sont pas prélevées lors de la coupe ou de la défoliation ; pourtant elles sont affectées négativement par l'intensité de la coupe. Plus le niveau de la coupe est bas, plus son effet est dépressif sur la masse racinaire. En plus d'être un organe de fixation au substrat, ces racines sont des pompes pour l'extraction des ressources du sol (eau, éléments nutritifs) et des réservoirs pour les assimilats de réserves ; ainsi, la diminution de biomasse consécutive à la coupe est probablement due à l'implication de ces réserves dans la repousse de la plante. Par ailleurs, la coupe pourrait stimuler des bourgeons adventifs dormants, ce qui permettrait la reprise de la croissance aérienne. Contrairement à nos résultats, [31] ont rapporté des effets positifs de l'élimination de la partie aérienne, par broutage cette fois, sur la croissance des racines ; selon ces auteurs, les racines bénéficient de l'augmentation de l'intensité lumineuse qui favorise leur respiration et l'assimilation des éléments nutritifs.

4-3. Effet de la coupe sur le nombre et le poids frais des nodules chez *B. bituminosa*

Vu que l'intérêt porté à *Bituminaria bituminosa* réside en premier lieu en son aptitude à exploiter l'azote atmosphérique via la fixation symbiotique avec des rhizobactéries, notamment du genre *Rhizobium*, nous avons essayé de voir l'effet des traitements appliqués sur les paramètres de nodulation, spécialement le nombre et le poids frais des nodules (**Figures 5A et 5B**). De façon générale, ces deux paramètres augmentent avec l'intensité de la coupe ; avec une amélioration de 20,98 % pour le nombre de nodules et 89,77 % pour le poids frais par rapport au témoin, l'effet du traitement (25 %) est le plus significatif. A noter qu'au moment de la coupe, les 5 répétitions sacrifiées ont révélé un nombre moyen de nodosités égal à 382/plante et le poids frais moyen était de 2,98 g/plante. Pour leur part, à la fin de l'essai, les plantes non coupées, ont un nombre de nodules égal à 464 avec un poids frais de 4 g/plante. Ces valeurs attestent que la plante était en croissance normale, et au fur et à mesure que des racines fines secondaires apparaissaient, l'infection par les rhizobiums avait lieu et des nodules se formaient de plus en plus. Quant au nombre de nodules d'autant plus élevé que la coupe était forte, il est en faveur d'une stimulation de la nodulation ; le poids frais augmente aussi, étant donné qu'il est fortement corrélé avec le nombre de nodules ($R^2 = 0,914$). Ainsi, grâce à la fixation biologique de l'azote, *B. Bituminosa* à l'instar des légumineuses prairiales, est capable d'être autonomes pour sa nutrition azotée [33]. La fixation symbiotique de l'azote atmosphérique a été à l'origine de la place importante des légumineuses dans les

systèmes de cultures et les pâturages ; aujourd'hui, l'intérêt pour ces plantes est renouvelé dans une perspective agroécologique qui cherche à mobiliser les processus biologiques pour une production agricole respectueuse de l'environnement et durable [33]. Les cultures fourragères sont aptes à maintenir ou restaurer la fertilité du sol, spécialement en azote [17]. En effet, Une partie de cet azote fixé revient au sol par rhizodéposition via sénescence des nodosités et des racines et exsudation, notamment d'ammonium et d'acides aminés [33]. Donc, les légumineuses présentent beaucoup d'intérêts agronomiques et zootechniques liés à la fixation symbiotique de l'azote pour leur propre nutrition, l'amélioration de la fertilité des sols et l'alimentation animale [34].

4-4. Teneur en azote dans la partie aérienne de *B. bituminosa*

L'azote total exprimé en pourcentage de matière sèche accumulée par les plantes de *B. bituminosa* augmente significativement avec l'intensité de la coupe (**Figure 6A**); la coupe de la partie aérienne a donc un effet positif sur le pourcentage d'azote. Une corrélation significative ($p < 0,05$) et hautement significative ($p < 0,01$) est obtenue entre le pourcentage d'azote dans la partie aérienne d'une part et respectivement le nombre de nodules et le poids frais nodulaire d'autre part. Donc, l'augmentation du pourcentage d'azote est due à la fixation symbiotique d'azote ; les **Figures 5A et 5B** montrent que le nombre et le poids frais des nodosités sont plus élevés chez les plantes coupées par rapport aux plantes témoins non coupées. Quant à l'azote total (**Figure 6B**), il varie de la même manière que la matière sèche et diminue donc avec l'intensité de la coupe ; l'effet négatif est surtout significatif au niveau du traitement de (25 %). D'autres chercheurs ont montré que la coupe à des niveaux importants augmentait la teneur en énergie, en protéines et la qualité nutritionnelle du fourrage par rapport à ceux coupés à des niveaux moindres [35]. Ces résultats sont importants car, si la biomasse est un élément déterminant en production fourragère, la teneur en azote, combinée avec le critère d'énergie (UFL) constituent les indicateurs majeurs de la qualité fourragère. Vu leur richesse azotée, la digestibilité des légumineuses diminue moins vite que celle des graminées au cours d'un cycle de végétation et leur valeur alimentaire est donc plus stable dans le temps [33, 34]. Elles sont aussi plus ingestibles que les graminées grâce à la digestion plus rapide de leurs parois cellulaires [33]. Comme pour la digestibilité, la diminution de l'ingestibilité au cours d'un cycle de végétation est plus lente pour les légumineuses [34]. Par ailleurs, dans un système agropastoral ou agrosylvo-pastoral, outre l'usage fourrager de *Bituminaria bituminosa*, les résidus de coupes ou de tailles peuvent être incorporés dans le sol en tant qu'amendement organique pour améliorer la structure ou comme engrais vert pour restaurer et/ou maintenir la fertilité de ces sols. En effet, les légumineuses apportent au sol en moyenne 50 à 200 kg d'azote par ha et par an [17]. Aussi, l'azote est-il un élément majeur des enjeux environnementaux [33].

5. Conclusion

Chez les espèces fourragères, la biomasse est le paramètre le plus souvent utilisé pour caractériser la production. Ainsi, l'opération de coupe menée sur les plantes de *Bituminaria bituminosa* cultivées dans des pots a donné des résultats différents selon le niveau de coupe (25 %, 50 % et 75 %) ; les coupes ont diminué la production de biomasse, et la faible production des plantes réduites à un niveau proche du sol (25 %) indique que ce niveau de coupe simule un broutage relativement sévère qui ne permet pas une régénération rapide de la biomasse. Toutefois, la coupe peut avoir des effets positifs sur le nombre et poids frais des nodules et le pourcentage d'azote total de ces plantes. A la lumière de tous ces résultats, il ressort que l'arbuste *Bituminaria bituminosa* peut supporter un broutage léger à modéré, simulés dans cet essai par des réductions de la partie aérienne à 75 et 50 %. Ces coupes stimulent la nodulation et donc la fixation biologique de l'azote, ce qui est en faveur de la qualité fourragère de la plante grâce à l'amélioration de sa

teneur en azote et est intéressant aussi lors de l'usage de cet arbuste en tant qu'engrais vert. Ce travail mérite d'être poursuivi et approfondi, notamment sur le terrain pour l'investigation des effets de coupes répétées sur la reprise de la croissance de *Bituminaria bituminosa*, sa qualité fourragère et sa résilience écologique. En effet, face à l'évolution du milieu et à la diminution des ressources pastorales naturelles, *Bituminaria bituminosa* offre des potentialités pour être intégrée dans des systèmes sylvo-pastoraux ou agro-sylvo-pastoraux ; mais, son exploitation implique une bonne gestion pour favoriser sa bonne régénération, assurer sa durabilité, et atteindre les objectifs spécifiques de son introduction, à savoir la productivité fourragère, la restauration des parcours dégradés et le maintien de la fertilité du sol. Cela rejoint l'objectif fondamental des programmes d'amélioration sylvo-pastorale, celui de préservation du patrimoine naturel, aussi bien dans son étendue par la conservation des terrains de parcours, ses potentialités, par le maintien de la vocation pastorale de ces espaces que dans son utilité, par le renforcement de sa capacité à remplir les fonctions socio-économiques en rapport avec le développement de l'élevage extensif.

Références

- [1] - Z. BOUABID, Le plant Maroc vert, c'est quoi au juste ? *Séminaires du CESEM/HEM Economia*, 07 (2009), <http://www.economia.ma/fr/numero-07/wp/le-plan-maroc-vert-c-est-quoi-au-juste> (20 Septembre 2020)
- [2] - M. QARRO, Le sylvopastoralisme et la gestion durable des écosystèmes naturels arides. Proceedings de la 14^{ème} conférence internationale de la conservation du sol, Marrakech, Maroc, (2006)
- [3] - M. NAGGAR, Stratégie sylvopastorale et renouveau des pratiques pastorales en forêt au Maroc. *Revue Forestière Française*, 05 (2018) 487 - 501
- [4] - M. NAGGAR, Le parcours en forêt et l'aléa climatique - un enjeu d'écologie social. Actes du XII^e congrès forestier mondial, Québec, (2003), <http://www.fao.org/3/XII/0012-B5.htm>
- [5] - M. BENDAHDANE, Etude prospective du secteur forestier en Afrique. Second atelier FOSA pour l'Afrique de l'Ouest, Compte rendu de l'atelier et recommandations, (2001) 01 - 22
- [6] - A. EL AICH and A. WATERHOUSE, Small ruminants in environmental conservation. *Small Ruminants Research*, 34 (3) (1999) 271 - 287
- [7] - M. EL MDERSA, H. ACHIBAN, H. BENJELLOUN, O. ZENNOUHI, L. NASSIRI and J. IBIJBIJEN, Evaluation of the contribution of forest rangelands in the forage balance in the western part of the Central Middle Atlas : Case of the forests of Azrou, Jbel Aoua South and Sidi M'guild. *International Journal of Environmental & Agriculture Research*, 04 (8) (2018) 17 - 23
- [8] - A. BECHCHARI, A. EL AICH, H. MAHYOU, B. BAGHDAD, M. BENDAOU, Etude de la dégradation des pâturages steppiques dans les communes de Maâtarka et Béni Mathar (Maroc oriental). *J. Mater. Environ. Sci.*, 05 (S2) (2014) 2572 - 2583
- [9] - O. M'HIRIT and M. ET-TOBI, Les écosystèmes forestiers face au changement climatique : situation et perspectives d'adaptation au Maroc. Rapport dans le cadre du programme d'études « changement climatiques : impacts sur le Maroc et options d'adaptation globales », Institut Royal des Etudes Stratégiques (*JRES*), (2010) 001 - 260
- [10] - M. NAGGAR, Stratégie sylvopastorale et renouveau des pratiques pastorales en forêt au Maroc, *Revue Forestière Française*, Ed. Agro Paris Tech, 05 (2018) 487 - 501
- [11] - N. BENSALAH, Pour une gestion durable des forêts marocaines : cas d'une étude de recherche sur les indicateurs de ruissellement et d'érosion dans le bassin versant de Bouregreg. *Forêts et humains-une communauté de destins*, Ed. Chaire en éco-conseil de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC), Québec, (2012) 27 - 28
- [12] - M. NAGGAR, Eléments de base d'une stratégie de sylvopastoralisme en Afrique du Nord. *Options Méditerranéennes, Série A*, 39 (2000) 191 - 202

- [13] - M. SGHAÏER, M. FETOUI, A. TBIB, Contribution à l'analyse des évolutions des systèmes « population-exploitation des ressources naturelles » dans l'Observatoire de Menzel Habib (Sud-Est tunisien). *Sécheresse*, 18 (4) (2007) 321 - 327
- [14] - E. K. AL-KARABLIEH, Effects of socioeconomic factors on rangeland institutional options on the semi-arid regions in Jordan. *J. Agric. Sci.*, 06 (2010) 387 - 410
- [15] - H. D. KLEIN, G. RIPPSTEIN, J. HUGUENIN, B. TOUTAIN, H. GUERIN and D. LOUPPE, *Les cultures fourragères*, Ed. Quæ, CTA, Presses agronomiques de Gembloux, (2014) 267 p.
- [16] - M. T. SRAÏRI, Le développement de l'élevage au Maroc : succès relatifs et dépendance alimentaire. *Courrier de l'environnement de l'INRA*, 60 (2011) 91 - 101
- [17] - J. CESAR, M. EHOUSOU and A. GOURO, Production fourragère en zone tropicale et conseils aux éleveurs : conseils et formation en appui à la production laitière. Document de synthèse du Programme Concerté de recherche-Développement sur l'Élevage en Afrique de l'Ouest (PROCORDEL), Eds. CIREDS (Burkina Faso), INRAB (Bénin), CIRAD (France), (2004) 48 p. <https://agritrop.cirad.fr/556496>
- [18] - J. CESAR, A. DEFLY DJEGUEMA, M. EHOUSOU, S. HAMADOU, M. KAMUANGA, A. KANWE, I. SALISOU, *Cultures fourragères*. Rapport final PROCORDEL 2000-2005 Convention N6157 REG., (2005) 105 - 112, <https://agritrop.cirad.fr/530045>
- [19] - O. ZENNOUHI, A. RFAKI, M. EL MDERSSA, E. BOUIAMRINE, J. IBIJBIJEN and L. NASSIRI, Effect of salinity and temperature on the seed germination of *Bituminaria bituminosa* Var *Bituminosa*. *International journal of Current Research*, 10 (8) (2018) 72610 - 72613
- [20] - O. ZENNOUHI, L. BACHIRI, M. EL MDERSSA, J. IBIJBIJEN and L. NASSIRI, Vers la découverte d'une nouvelle espèce de *Bituminaria* dans le Haut Atlas marocain. *International journal of advanced research*, 07 (6) (2019) 759 - 767
- [21] - O. ZENNOUHI, M. EL MDERSSA, J. IBIJBIJEN, E. BOUIAMRINE and L. NASSIRI, The Use of *Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton and Microbial Biotechnologies for Restoration of Degraded Pastoral Lands : The Case of the Middle Atlas of Morocco. *International Journal of Research in Environmental Science*, 05 (2) (2019) 01 - 06
- [22] - M. BAMMOU, E. D. T. BOUHLALI, K. SELLAM, J. IBIJBIJEN, L. EL RHAFARI and L. NASSIRI, Evaluation des activités antioxydante et antibactérienne des extraits aqueux des feuilles et des fleurs de *Bituminaria bituminosa*. *Phytothérapie*, (2020) 01 - 08
- [23] - O. ZENNOUHI, M. EL MDERSSA, J. IBIJBIJEN, M. DIOURI and L. NASSIRI, Evaluation de la biomasse ingestible et de la valeur fourragère de deux arbustes : *Bituminaria bituminosa* (L. 1981) et *Bituminaria todghaniensis* (sp. 2017). *Fourrages*, (243) (2020) 71 - 76
- [24] - J. KJELDAHL, Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. *Zeitschrift für analytische Chemie*, 22 (1883) 366 - 382
- [25] - I. ALI, F. CAWKWELL, E. DWYER, B. BARRETT and S. GREEN, Satellite remote sensing of grasslands : from observation to management. *Journal of Plant Ecology*, 09 (6) (2016) 649 - 671
- [26] - A. LÜSCHER, I. MUELLER-HARVEY, J. F. SOUSSANA, R. M. EES and J. L. PEYRAUD, Potential of legume-based grassland—livestock systems in Europe : a review. *Grass and Forage Sci.*, 69 (2014) 206 - 228
- [27] - M. GUTMAN, A. PEREVOLOTSKY and M. STERNBERG, Grazing effects on a perennial legume, *Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton, in a Mediterranean rangeland, *Options Méditerranéennes, Séries Cahiers*, 45 (2000) 299 - 303
- [28] - D. REAL, C. M. OLDHAM, A. E. VAN BURGEL and J. DOBBEAND HARDY, Tederá proves its value as a summer and autumn feed for sheep in Mediterranean-like climates. *Animal Production Science*, 58 (12) (2017) 2269 - 2279

- [29] - N. C. BODJI, Influence de la hauteur et du rythme de coupe sur la pérennité et la production fourragère de *Cajanus cajan* CIAT 18700. *Bulletin du réseau Africain d'Alimentation du Bétail*, 05 (3) (1995) 08 - 11
- [30] - R. TELLAP, M. OARRO and M. BARBERO, Productivité herbacée des périmètres améliorés du Sahel marocain : Effet des conditions stationnelles, climatiques et du rythme de coupe. *Fourrages*, 158 (1999) 149 - 156
- [31] - D. D. BRISKE and J. H. RICHARDS, Plant Responses to Defoliation : a Physiological, Morphological and Demographic Evaluation. *Wildl and Plants: Physiological Ecology and Developmental Morphology*, Ed. Soc. for Range Management, Denver, CO., (1995) 635 - 710
- [32] - C. A. POPOLIZIO, C. A. H. GOETZ and P. L. CHAPMAN, Short-term Response of Riparian Vegetation to 4 Grazing Treatments. *J. Range Management*, 47 (1994) 48 - 53
- [33] - A. SCHNEIDER and C. HUYGHE, Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables, Ed. Quæ, Versailles, (2015) 474 p.
- [34] - R. BAUMONT, D. BASTIEN, A. FERARD, G. MAXIN and V. NIDERKORN, Les intérêts multiples des légumineuses fourragères pour l'alimentation des ruminants. *Fourrages*, 227 (2016) 171 - 180
- [35] - D. REAL and D. KIDD, Forage production of the drought tolerant Mediterranean forage legume tederia (*Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata*) in the medium rainfall zone of south Western Australia as affected by plant density and cutting frequency. *CIHEAM Options Méditerranéennes, Série A*, 102 (2012) 387 - 390