

Morphological characterization of tufts of alfa (*stipa tenacissima* L.) from different populations in the Kasserine region of Tunisia

Caractérisation morphologique des touffes d'alfa (*stipa tenacissima* L.) de différentes populations dans la région de Kasserine en Tunisie

I. RHIMI NASRI^{1,2}, A. ABDESSAMAD*¹, M. KSONTINI¹, A. FERCHICHI²

¹Laboratory of Forest Ecology, National Institute for Research in Rural Engineering, Water and Forests (INRGREF), University of Carthage, Tunis, Tunisia

²National Agronomic Institute of Tunisia (INAT), University of Carthage, Tunis, Tunisia

*Corresponding author : abdou.slouma@yahoo.fr

Abstract – Our study focused on the morphological characteristics of the alfa tufts of different populations in the region of Kasserine: the morphological study of the alfa tufts is based on the measurement of the height, the diameter and the density of the tufts of alfa of different alfactory layers. Our results showed that:

The highest heights are recorded in the mountain tablecloths at the semi arid lower bioclimatic stage of the Dj. Esselloum compared to the state of the aquifer, the height is higher in the sparse (82.1cm) and the clumps of the mountain slopes of the North Slope (84.5 cm) and of the South (83.7 cm). The highest diameters are recorded in the northern mountain slope at the semi arid lower bioclimatic stage of the Dj. Esselloum (85.5 cm) compared to the state of the aquifer, the diameter is more important in the dense sheets (81,80 cm). The values obtained from the density of alfa tufts of Khsham El Kalb glacis at the semi-arid-lower bioclimatic stage are highest in dense aquifers (9750 tufts / ha) compared to the state of the aquifer.

Keywords : Alfa, tablecloths, tufts, morphology, height, diameter, density.

Résumé – Notre étude s'est intéressée d'une part à la détermination des caractéristiques morphologiques des touffes d'alfa de différentes populations de la région de Kasserine : l'étude morphologique des touffes d'alfa est basée sur la mesure de la hauteur, le diamètre et la densité des touffes d'alfa de différentes nappes alfatières.

Nos résultats ont montré que :

Les hauteurs les plus élevées sont enregistrées dans les nappes de montagne à l'étage bioclimatique semi aride inférieur du Dj. Esselloum comparé à l'état de la nappe, la hauteur est plus importante chez les nappes clairsemées (82,1cm) et pour les touffes des nappes de montagne de versant nord (84,5 cm) et du sud (83,7 cm). Les diamètres les plus élevées sont enregistrées dans le versant nord de montagne à l'étage bioclimatique semi aride - inférieur du Dj. Esselloum (85,5 cm) comparé à l'état de la nappe, le diamètre est plus important chez les nappes denses (81,80 cm). Les valeurs obtenues de la densité des touffes d'Alfa de glacis de Khsham El Kalb à l'étage bioclimatique semi aride - inférieur, sont maximales chez les nappes denses (9750 touffes/ha) comparé à l'état de la nappe.

Mots clés : Nappes d'alfa, touffes, morphologie, hauteur, diamètre, densité.

1. Introduction

L'alfa « *Stipa Tenacissima* L » est une plante, herbacée, vivace monocotylédone appartenant à la famille des poaceae. C'est une plante qui pousse essentiellement sur les plateaux des steppes, elle est typiquement méditerranéenne localisée spécialement dans la partie occidentale de la région de la



Méditerranée : Sud Est de l'Espagne, au Maroc oriental, en Algérie, en Tunisie et en Libye (Boudy, 1952). Elle se développe dans une gamme climatique très étendue et subit toutes les irrégularités du milieu essentiellement aride (Rejeb, 1977).

En Tunisie, les nappes alfatières productrices sont situées sur les hauts plateaux et les basses steppes de la Tunisie Centrale (Moktar, 2002).

L'alfa « *Stipa Tenacissima* » joue un rôle éco-socio-économique important puisqu'il constitue une source intéressante d'emploi, il constitue la principale matière première pour l'industrie papetière dans la SNCPA (Société Nationale de Cellulose et de Papier d'Alfa à Kasserine) et vu l'importance de cette espèce et leurs usages multiples surtout son rôle éco-socio-économique et industriel (La SNCPA), il apparaît nécessaire de conserver ces nappes en traitant diverses possibilités d'aménagement de ces superficies productrices. De ce fait, la détermination des caractéristiques morphologiques des touffes d'alfa de diverses populations des nappes alfatières en tenant compte des caractéristiques édaphiques s'avère une étape dynamique et déterministe des différentes provenances de l'alfa et sa qualité.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Matériel végétal

Notre étude a porté sur des touffes d'alfa « *Stipa tenacissima* » de différentes populations des nappes alfatières (d'El Guira - El Ksar, El Guira Essontage à Hassi El Frid et El Ghchiwa et El fekka à Majel Bel Abbes).

2.2. Méthodes

- **Choix des sites** : Le choix est basé sur les critères : Bioclimat (aride, semi aride...), Reliefs (montagne, versant, glacis, plateau et plaine) et état des nappes alfatières (dense, claire et clairsemée). Tout en fixant des stations expérimentales pour chaque site.

La classification des nappes alfatières est basée sur deux critères importants permettant de définir les potentialités existantes et les possibilités d'amélioration. Ces critères concernent les paramètres de caractérisation de la situation orographique ou de relief et la densité de recouvrement.

: Le choix de la nappe alfatière se présente selon les unités phytomorphiques suivantes :

Plaine, Montagne, versant, Glacis et Plateau ; alors que la densité des touffes distingue 3 classes : -

- **Dense** : recouvrement entre 50% et 75%.

- **Clair** : recouvrement entre 25% et 50%.

- **Clairsemée** : recouvrement inférieur à 25%.

De ces deux paramètres, découle la combinaison "relief- recouvrement" qui permet de dégager les classes suivantes : - Classe 1 : nappe de montagne dense ; Classe 2 : nappe de montagne claire ; Classe 3 : nappe de montagne clairsemée ; Classe 4 : nappe de glacis dense ; Classe 5 : nappe de glacis clair ; Classe 6 : nappe de glacis clairsemé ; Classe 7 : nappe de plateau dense ; Classe 8 : nappe de plateau clair ; Classe 9 : nappe de plateau clairsemé ; Classe 10 : nappe de plaine dense ; Classe 11 : nappe de plaine claire ; Classe 12 : nappe de plaine clairsemée.

- **Choix des populations** : L'expérimentation a été effectuée dans cinq sites d'étude localisés dans la région de Kasserine (Centre-Ouest de la Tunisie) sur quatre populations représentatives par site : d'El Guira - El Ksar, El Guira Essontage à Hassi El Frid et El Ghchiwa et El fekka à Majel Bel Abbes.

- **Mesure des paramètres morphologiques des touffes d'alfa** :

- **Hauteur des touffes d'alfa** : La hauteur et le diamètre sont considérés parmi les facteurs morphologiques qui peuvent prédire la performance des plants d'alfa et les diverses provenances des feuilles d'alfa. Ces deux paramètres sont mesurés pour évaluer la vigueur des touffes d'alfa.

- **Hauteur** : La hauteur a été mesurée, à partir du sol jusqu'à la pointe des feuilles, la mesure est effectuée à l'aide d'une règle plate exprimée en (m).

- **Diamètre** : Le diamètre a été mesuré à la base de la touffe, en prenant la moyenne du petit et gros diamètre de la touffe si la touffe est uniforme et la moyenne des diamètres perpendiculaires si la touffe est presque circulaire exprimée en (m). Ces mesures permettent de déterminer l'accroissement saisonnier et annuel ainsi que le volume aérien par touffe d'alfa pendant une année.

- **Densité** : La densité est définie comme étant le nombre d'individus par unité de surface. Elle exprimée en touffes par m² ou par ha. Ce paramètre est utile dans l'étude de la dynamique de la végétation en fait la densité de la végétation est un indicateur très intéressant dans la croissance des populations puisqu'il est lié au nombre des touffes présentes dans la nappe : En fait, la progression d'un individu ou sa disparition nous indique le pourcentage et la fréquence de présence d'une espèce donnée dans un lieu

bien défini. D'où la notion de l'évolution : l'évolution progressive ou régressive témoigne bien une régénération ou une disparition des individus. Pour la mesure de **la densité**, on procède à un comptage de chaque individu présent à l'intérieur du quadrat choisi : le quadrat est une placette circulaire avec un rayon de 5,6 m ce qui correspond à une superficie de 100 m².

Chambers et Brown, 1983 cité par Ouled Belgacem, (1999) affirment que les plantes dont les racines se trouvent à l'intérieur de la placette seront comptées aussi, celles dont les racines sont à l'extérieur ne seront pas prises en considération.

En premier lieu, on délimite aléatoirement 3 placettes distantes de quelques centaines de mètres dont la superficie est de 100 m² dans la station expérimentale et on fait le comptage des touffes existantes sur le terrain de la nappe puis on fait la moyenne pour avoir la densité moyenne des touffes de chaque placette.

2.3. Traitements statistiques

L'analyse statistique de l'expérimentation a été effectuée sur les variables étudiées. Il grâce au logiciel SAS. L'ensemble des mesures a fait l'objet d'une analyse de la variance à deux facteurs par le test F de Fisher pour vérifier l'hypothèse d'égalité des moyennes au seuil de risque de 5%. Elle est complétée par des comparaisons multiples des moyennes par le test de Newman et Keuls quand l'hypothèse d'égalité des moyennes est rejetée, (Steel Robert et Torie, 1980 et Dagnélie, 1986). Les représentations graphiques ont été réalisées avec le logiciel Excel XP.

2.4. Détermination des tannins condensés

En présence d'acide sulfurique concentré, les tanins condensés se dépolymérisent et par réaction avec la vanilline se transforment en anthocyanidols de couleur rouge spécifique dont l'intensité mesurée par spectrophotométrie est 500 nm (Sun et al. 1998). Une prise de 50µl de l'extrait convenablement dilué est mélangée avec 3 ml de vanilline (4%), puis additionnées de 1.5 ml de HCl concentré. Après 15 min de repos, l'absorbance est mesurée à 500 nm. La gamme étalon est préparée avec de la catéchine à des concentrations allant de 50 à 600 mg.l⁻¹. Les teneurs en tanins condensés sont exprimées comme pour les flavonoïdes en mg d'équivalent catéchine par gramme de matière sèche (mg EC.g⁻¹ MS).

3. Résultats et discussion

3.1. Etude de la hauteur des touffes d'alfa des différentes nappes alfatières

3.1.1. Nappes alfatières de l'étage bioclimatique aride - inférieur (AI)

- Touffes d'Alfa de plaines denses

Les valeurs obtenues de la hauteur moyenne des touffes d'alfa sont de l'ordre de 62,7, 63,2 et 63,3, 60,1 cm respectivement dans les nappes d'El Guira - El Ksar, El Guira Essontage à Hassi El Frid et El Ghchiwa et El fekka à Majel Bel Abbes(Fig.1).

L'analyse statistique montre une différence hautement significative entre toutes les populations de nappes alfatières à Kasserine de groupe A (El Guira Essontage et El fekka), et de groupe B (d'El Guira-El KsarEl Ghchiwa) pour la hauteur des touffes d'alfa au seuil 5%.

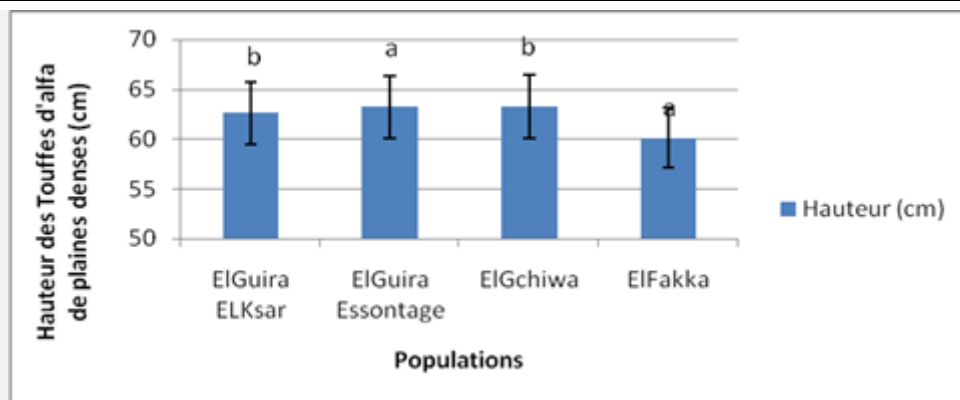


Figure 1 : La Hauteur (cm) des touffes d'alfa (*Stipa Tenacissima*) de plaines denses des différentes populations de nappes alfatières à Kasserine les nappes d'El Guira - El Ksar, El Guira Essontage à Hassi El Frid et El Ghchiwa et El fekka à Majel Bel Abbas

- Touffes d'Alfa de plaines claires

Les valeurs enregistrées de La hauteur moyenne des touffes d'alfa sont de l'ordre de 56,8, 53,2 cm respectivement dans les nappes d'El Guira - El Ksar à Hassi El Frid, El Ghchiwa à Majel Bel Abbas.

- Touffes d'Alfa de plaines clairsemées

Les valeurs enregistrées de La hauteur moyenne des touffes d'alfa sont de l'ordre de 37, 45 cm respectivement dans les nappes d'El Guira - El Mohguen à Hassi El Frid et El Ghchiwa à Majel Bel Abbas.

3.1.2. Nappes alfatières de l'étage bioclimatique semi aride - inférieur (SAI)

- Touffes d'Alfa de montagne

Les valeurs obtenues de La hauteur moyenne des touffes d'alfa sont de l'ordre de 71,2 ; 55,4 et 82,1cm respectivement dans une nappe dense, claire et clairsemée du Dj. Esselloum (Fig.2). L'analyse statistique montre une différence hautement significative entre toutes les nappes alfatières du Dj. Esselloum de groupe A (nappe claire), et de groupe B (nappe dense - nappe clairsemée) pour la hauteur des touffes d'alfa au seuil 5%.

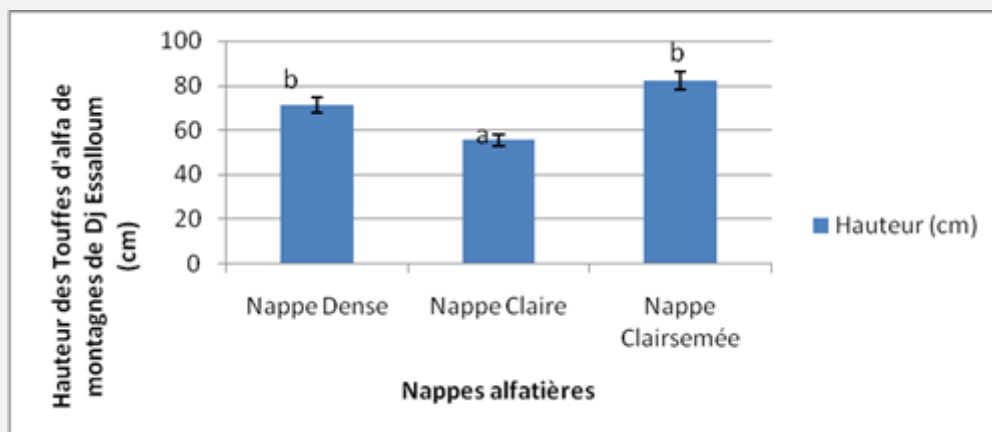


Figure 2. Hauteurs (cm) des touffes d'alfa (*Stipa Tenacissima*) des différentes nappes alfatières de montagne dense, claire et clairsemée de Dj Essalloum à Kasserine

- Touffes d'Alfa de versant

La hauteur moyenne des touffes d'alfa est de l'ordre de 84,5 et 83,7 cm respectivement dans les versants nord et sud du Dj Esselloum.

- Touffes d'Alfa de glacis

Les valeurs obtenues de la hauteur moyenne sont de l'ordre de 68,2 ; 59,4 et 57,3 cm respectivement dans une nappe dense, claire et clairsemée du glacis de Khsham El Kalb (Fig.3). L'analyse statistique montre une différence hautement significative entre toutes les nappes alfatières du Khsham El Kalb de groupe A (nappe claire), et de groupe B (nappe dense - nappe clairsemée) pour la hauteur des touffes d'alfa au seuil 5%.

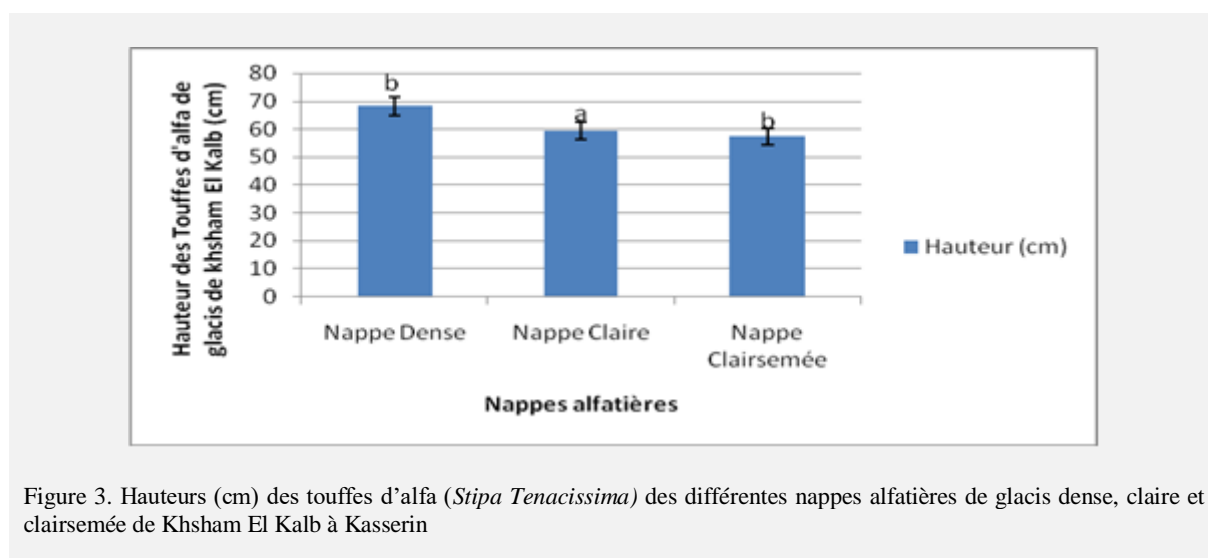


Figure 3. Hauteurs (cm) des touffes d'alfa (*Stipa Tenacissima*) des différentes nappes alfatières de glacis dense, claire et clairsemée de Khsham El Kalb à Kasserin

3.1.3. Nappes alfatières de l'étage bioclimatique semi aride – supérieur (SAS)

- Touffes d'Alfa de plaine

La hauteur moyenne des touffes d'alfa est de l'ordre de 51cm dans la plaine de Zelfane El bnenna à Théla.

3.1.4. Nappes alfatières de l'étage bioclimatique aride (A)

- Touffes d'Alfa de plaine

La hauteur moyenne des touffes d'alfa est de l'ordre de 65cm dans la plaine de Jelma à Sidi Bouzid.

Concernant les nappes alfatières de l'étage bioclimatique aride - inférieur (AI), les résultats enregistrés de la hauteur des touffes d'alfa pour tous les peuplements des plaines denses, sont similaires d'une moyenne de 62,32 cm. De même Pour les peuplements des plaines claires, d'une moyenne de 50,32 cm. Tandis que pour les plaines clairsemées, une différence est enregistrée entre les hauteurs avec un maximum à El Gchiwa (45 cm) et un minimum à El Guira-El Mohguen (37cm).

Concernant les nappes alfatières de l'étage bioclimatique semi aride - inférieur (SAI), les résultats obtenus pour les hauteurs des touffes d'Alfa de montagne sont importants chez les nappes clairsemées (82,1cm) à degré moindre chez les nappes denses (71,2) et minimales chez les nappes claires (55,4 cm) du Dj. Esselloum. Tandis que pour les nappes de montagne des versants nord et sud du Dj Esselloum elles sont de l'ordre de 84cm. Par contre les valeurs obtenues de la hauteur des touffes d'Alfa de glacis sont maximales chez les nappes denses de l'ordre de 68,2 et moyennement amoindris pour les nappes claires (59,4) et clairsemées (57,3 cm) du glacis de Khsham El Kalb.

Concernant les nappes alfatières de l'étage bioclimatique semi aride – supérieur (SAS), la hauteur moyenne des touffes d'alfa de plaine est de l'ordre de 51cm dans la plaine de Zelfane El bnenna à Théla.

Concernant les nappes alfatières de l'étage bioclimatique aride (A), Les valeurs obtenues de la hauteur des touffes d'Alfa de plaine sont de l'ordre de 65 cm dans la plaine de Jelma à Sidi Bouzid.

Des questions pourraient être posées : est ce que la hauteur de cette espèce est tributaire de ces paramètres utilisés tels que le bioclimat, le relief ou l'état du peuplement sur l'accroissement ? Nos résultats montrent que les hauteurs les plus élevées sont enregistrées dans les nappes de montagne à l'étage bioclimatique semi aride - inférieur du Dj. Esselloum comparé à l'état de la nappe, la hauteur est plus importante chez les nappes clairsemées à degrés moindre chez les nappes denses et minimales chez les nappes claires.

La croissance de la partie aérienne des touffes d'alfa est variable suivant les sites expérimentaux et cette différence pourrait être dû à l'effet de la densité approuvé par Westboy (1980), Shmida et Burguess (1980) qui ont montré que la forte densité peut favoriser la compétition intra spécifique, se traduisant par une faible croissance des individus dans un milieu où le niveau trophique est faible et aussi avec l'amélioration des conditions climatiques et au cours des saisons les limbes s'allongent davantage avec un taux d'accroissement de plus en plus élevé (Ghrab, 1981). Tandis que dans les plaines claires, la hauteur plus élevée est enregistrée à El Guira El Ksar (56,8 cm) où les densités les plus élevées alors que celle la plus basse à El Ghchiwa (53,2 cm) dont la densité est la plus faible. De même dans les plaines clairsemées, la hauteur la plus élevée est obtenue chez les touffes d'El Gchiwa (45 cm) dont la densité est la plus élevée et la plus faible chez les touffes d'El Guira El Mohguen (37 cm) dont la densité la plus faible et aussi elle s'est montrée entre les touffes de nappe de montagne tout en enregistrant un maximum à la nappe clairsemée (82,1cm) et un minimum à la nappe claire (55,4 cm). Cette différence de hauteur est faible entre les touffes de versant nord (84,5 cm) comparées à celles du sud (83,7 cm). Cette différence de hauteur obtenue entre les différentes nappes est due principalement à l'état des nappes (Aloui, 2006).

3.2. Etude du diamètre des touffes d'alfa des différentes nappes alfatières

3.2.1. Nappes alfatières de l'étage bioclimatique aride - inférieur (AI)

- Touffes d'Alfa de plaines denses

Les valeurs obtenues du diamètre moyen des touffes d'alfa sont de l'ordre de 81,60 ; 76,73 ; 81,10 et 82cm respectivement dans les nappes d'El Guira - El Ksar, El Guira Essontage à Hassi El Frid et El Ghchiwa et El fekka à Majel Bel Abbas (Fig.4).

L'analyse statistique montre une différence hautement significative entre toutes les populations de nappes alfatières en Tunisie de groupe A (El Guira Essontage et El fekka), et de groupe B (d'El Guira - El Ksar, El Ghchiwa) pour le diamètre des touffes d'alfa au seuil 5%.

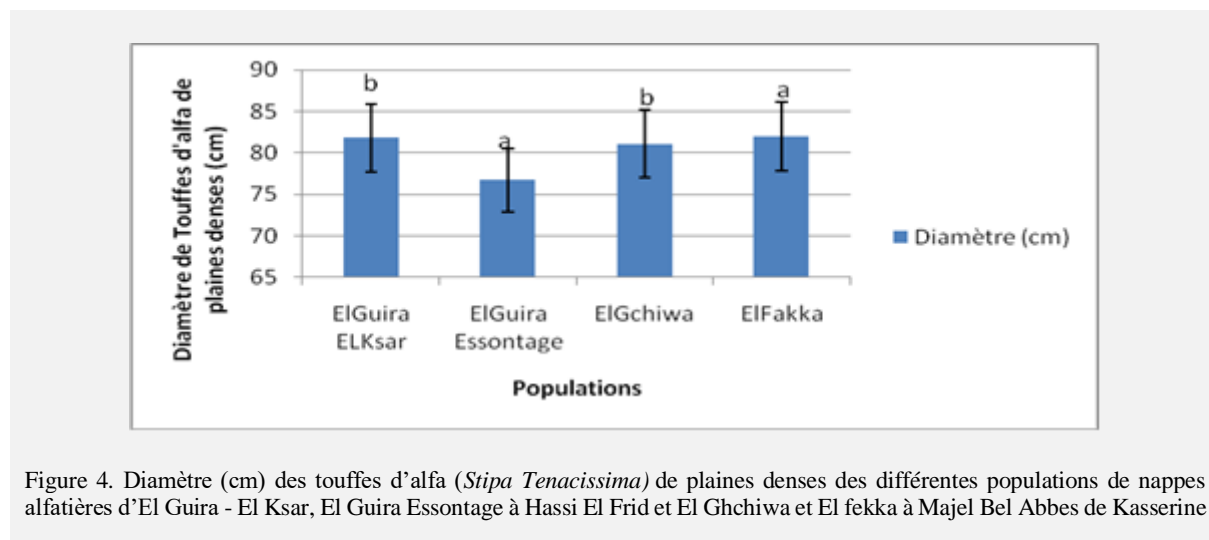


Figure 4. Diamètre (cm) des touffes d'alfa (*Stipa Tenacissima*) de plaines denses des différentes populations de nappes alfatières d'El Guira - El Ksar, El Guira Essontage à Hassi El Frid et El Ghchiwa et El fekka à Majel Bel Abbas de Kasserine

- Touffes d'Alfa de plaines claires

Les valeurs enregistrées du diamètre moyen des touffes d'alfa sont de l'ordre de 70,53 et 72,65 cm respectivement dans les nappes d'El Guira - El Ksar à Hassi El Frid, El Ghchiwa à Majel Bel Abbas.

- Touffes d'Alfa de plaines clairsemées

Les valeurs enregistrées du diamètre moyen des touffes d'alfa sont de l'ordre de 52,10 et 61,54 cm respectivement dans les nappes d'El Guira - El Mohguen à Hassi El Frid et El Ghchiwa à Majel Bel Abbas.

3.2.2. Nappes alfatières de l'étage bioclimatique semi aride - inférieur (SAI)

- Touffes d'Alfa de montagne

Les valeurs obtenues de diamètre moyen des touffes d'alfa sont de l'ordre de 78,74 ; 73,16 et 71,56 cm respectivement dans une nappe dense, claire et clairsemée du Dj. Essalloum (Fig.5).

L'analyse statistique montre une différence hautement significative entre toutes les nappes alfatières du Dj. Esselloum de groupe A (nappe claire et nappe clairsemée), et de groupe B (nappe dense) pour le diamètre des touffes d'alfa au seuil 5%.

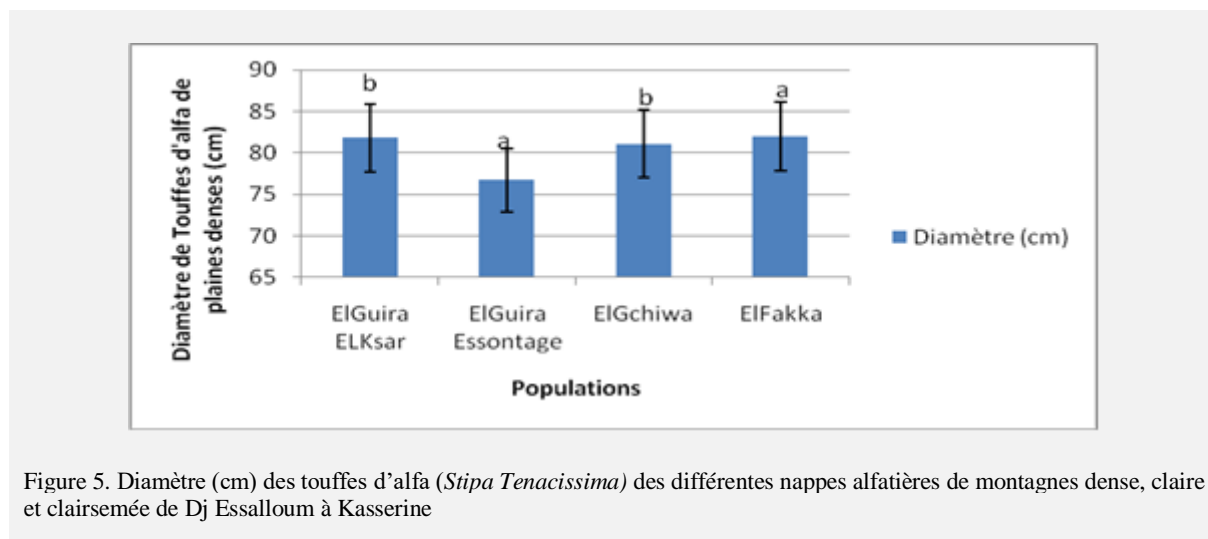


Figure 5. Diamètre (cm) des touffes d'alfa (*Stipa Tenacissima*) des différentes nappes alfatières de montagnes dense, claire et clairsemée de Dj Essalloum à Kasserine

- Touffes d'Alfa de versant

Le diamètre moyen des touffes d'alfa est de l'ordre de 85,5 et 72,05 cm respectivement dans les versants nord et sud du Dj Essalloum.

- Touffes d'Alfa de glacis

Les valeurs obtenues du diamètre moyen sont de l'ordre de 81,80 ; 65,70 et 67,20 cm respectivement dans une nappe dense, claire et clairsemée du glacis de Khsham El Kalb (Fig.6).

L'analyse statistique montre une différence hautement significative entre toutes les nappes alfatières du Khsham El Kalb de groupe A (nappe claire et nappe clairsemée), et de groupe B (nappe dense) pour le diamètre des touffes d'alfa au seuil 5%.

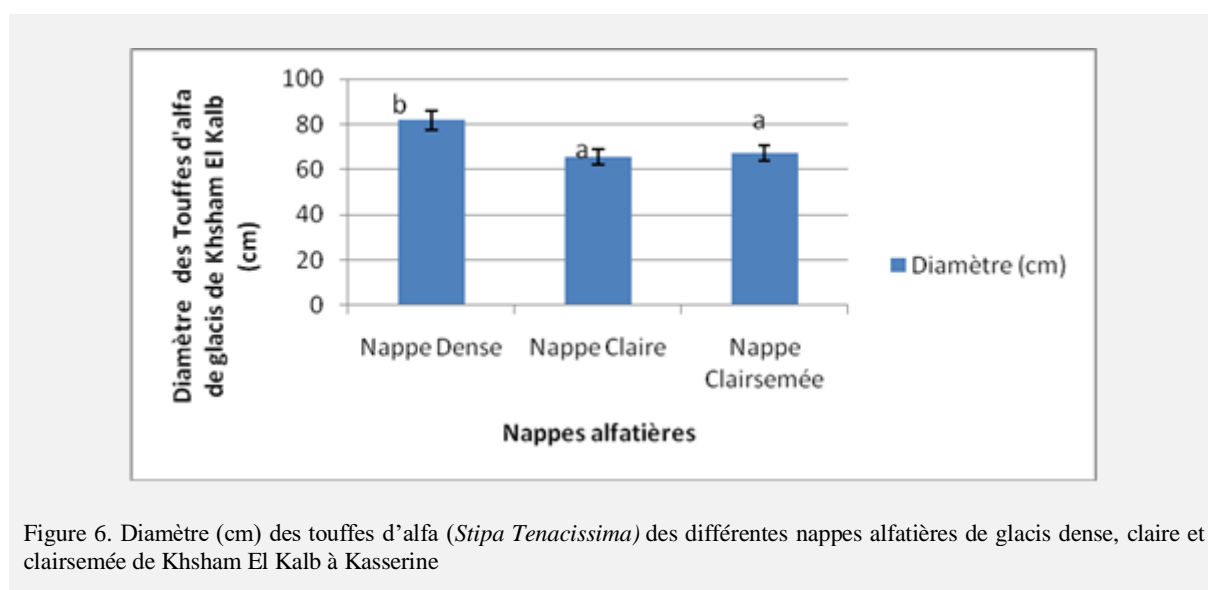


Figure 6. Diamètre (cm) des touffes d'alfa (*Stipa Tenacissima*) des différentes nappes alfatières de glacis dense, claire et clairsemée de Khsham El Kalb à Kasserine

3.2.3. Nappes alfatières de l'étage bioclimatique semi aride – supérieur (SAS)

- Touffes d'Alfa de plaine

Les valeurs enregistrées du diamètre moyen des touffes d'alfa sont de l'ordre de 62 cm dans la plaine de Zelfane El bnenna à Théla.

3.2.4. Nappes alfatières de l'étage bioclimatique aride (A)

- Touffes d'Alfa de plaine

Les valeurs obtenues du diamètre moyen des touffes d'alfa sont de l'ordre de 65cm dans la plaine de Jelma à Sidi Bouzid.

Concernant les nappes alfatières de l'étage bioclimatique aride - inférieur (AI), les résultats enregistrés du diamètre des touffes d'alfa pour tous les peuplements des plaines denses, sont similaires d'une moyenne de 80,35 cm. De même Pour les peuplements des plaines claires, sont similaires d'une moyenne de 71,59 cm. Tandis que pour les plaines clairsemées, une différence est enregistrée entre les hauteurs avec un maximum à El Guira-El Mohguen (52,10 cm) et un minimum à El Gchiwa (61,54cm). Concernant les nappes alfatières de l'étage bioclimatique semi aride - inférieur (SAI), les résultats obtenus pour les diamètres des touffes d'Alfa de montagne sont importants chez les nappes denses (78,74cm) à degrés moindre chez les nappes claires (73,16cm) et minimales chez les nappes clairsemées (71,56 cm) du Dj. Esselloum. Tandis que pour les nappes de montagne, les résultats obtenus pour les diamètres des touffes d'Alfa des versants nord sont importants (85,5cm) et minimales chez le versant sud du Dj Esselloum (72,05 cm). Par contre les valeurs obtenues des diamètres des touffes d'Alfa de glacis sont maximales chez les nappes denses de l'ordre de 81,80 cm et moyennement amoindris pour les nappes clairsemées (67,20 cm) et claires (65,70 cm) du glacis de Khsham El Kalb.

Concernant les nappes alfatières de l'étage bioclimatique semi aride – supérieur (SAS), Le diamètre des touffes d'alfa de plaine est de l'ordre de 62 cm dans la plaine de Zelfane El bnenna à Théla.

Concernant les nappes alfatières de l'étage bioclimatique aride (A), Les valeurs obtenues du diamètre des touffes d'Alfa de plaine sont de l'ordre de 65 cm dans la plaine de Jelma à Sidi Bouzid.

Nos résultats montrent que les diamètres les plus élevées sont enregistrées dans le versant nord de montagne à l'étage bioclimatique semi aride - inférieur du Dj. Esselloum comparé à l'état de la nappe, le diamètre est plus important chez les nappes denses à degrés moindre chez les nappes claires et minimales chez les nappes clairsemées.

Chez les touffes des plaines denses, le plus grand diamètre (82cm) est obtenu chez les touffes de la nappe d'El Ghchiwa et le plus faible diamètre (76,73 cm) est enregistré chez les touffes de la nappe d'El Guira Essontage. De même, pour les touffes des nappes de plaines claires là où le diamètre le plus élevé (72,65 cm) est obtenu chez les touffes de la nappe d'El Ghchiwa et le plus faible (70,53 cm) chez les touffes des nappes d'El Guira El Ksar. Un tel comportement a été mentionné par Aloui (2006).

Chez les touffes des nappes de plaines clairsemées, le diamètre est plus élevé chez les touffes de la nappe d'El Ghchiwa (61,54 cm) et dont la densité est la plus faible et plus faible chez les touffes de la nappe d'EL Guira El Mohguen (52,10cm) et dont la densité est la plus élevée.

Les résultats du diamètre moyen des touffes de la montagne d'Essalloum montrent que le diamètre le plus important est obtenu dans les nappes denses (78,74cm) alors que le minimum est atteint dans les nappes clairsemées (71,56cm).

Tandis que, une différence remarquable existe qu'entre le versant nord (85,5 cm) comparé avec celui du sud (72,05cm) à la montagne de Dj. Esselloum ça pourrait être expliqué par l'effet de l'exposition ainsi que la fertilité des sols (Floret et Pontanier, 1982) (le taux de la matière organique de l'ordre de 4,2% dans la nappe du versant nord alors qu'il est de l'ordre de 2,19% dans la nappe du versant sud).). Ainsi que pour les touffes de la nappe dense (81,80 cm) de glacis comparé à celle claire (65,70 cm) et clairsemée (67,20 cm).

Le diamètre moyen est minimal pour la plaine de Zelfane, elle est de l'ordre de 62 cm par contre à Jelma il est de l'ordre de 65 cm.

Le diamètre de la touffe d'alfa s'avère un paramètre important qui nous renseigne sur la vigueur des touffes des différentes nappes alfatières. Cette variation inter-régionale de ce paramètre est basée sur la relation Homme-Sol et plante (Alfa) : action anthropozoïques (arrachage), fertilité du sol et exigences de la plante avec son état végétatif et ceci rejoint les résultats de la hauteur enregistrée. La diminution du diamètre s'accroît en période de pleine végétation (automne et printemps). En effet, les jeunes racines n'ayant pas encore acquis leur maturité, se détachent facilement au cours de l'arrachage (Kheriji, 2005) ce qui explique ainsi la différence du diamètre au niveau des sites et au cours des saisons.

Nos résultats ont montré, aussi, que la croissance en hauteur et en diamètre des touffes d'alfa est minimale au mois de juillet ; avec un diamètre plus important (85,5 cm) et une hauteur plus élevée pour le versant nord de la montagne d'Essalloum (84,5 cm). Cette baisse de croissance pourrait être due à une diminution de l'extension cellulaire qui représente l'une des premières réponses à la sécheresse (Durand et al.1995 ; Freitas, 1997 in Ben Sehil, 2007).

Ghrab, (1981) montre que chez l'alfa, tout un déséquilibre physiologique se produit et il est plus accentué essentiellement chez les touffes les plus âgées. De même, l'arrêt de la multiplication caulinaire cause le dépérissement complet de la touffe, cette réponse négative peut être aussi obtenu suite à une attaque parasitaire d'où réside l'action de la faune sauvage tel l'exemple des mammifères sauvages des oiseaux, des insectes, des parasites, des champignons et des microorganismes du sol qui agissent au niveau des jeunes pousses, des limbes, des racines et même les graines (Rejeb,1977), ce qui influent négativement sur la hauteur et le diamètre de la touffe d'alfa.

Trabut (1889) in Ghrab (1981) a souligné que, se sont les larves de céphus qui dépérissent la touffe et rend les feuilles de mauvaises qualités. Les pucerons peuvent entraîner un arrêt de croissance, et l'existence de grands foyers d'escargots qui envahissent totalement les touffes d'alfa se trouvant au niveau des cours d'eau peut aussi engendrer une action nocive sur la croissance d'alfa.

En effet, la croissance des touffes d'alfa en hauteur et en diamètre est tributaire de plusieurs facteurs d'une part des facteurs intrinsèques lié à la plante xérophYTE elle-même « *Stipa tenacissima* » : ses caractéristiques physico-chimiques et son adaptation au climat sévère et des facteurs extrinsèques liés au climat et au sol principalement la température, l'humidité et la luminosité (Ghrab, 1981). Elle est ainsi variable d'une région à une autre et entre les saisons (Kheriji, 2005). Cette variation inter-régionale de la hauteur correspond à une diversité écologique des nappes alfatières et une variation de la fertilité du sol ainsi que la variation de la répartition des pluies (Errebei, 2004 et Kheriji, 2005).

Le cycle végétatif de l'alfa se caractérise par deux périodes ; une période de vie active au printemps et en automne mais plus intense au printemps et une période de vie ralentie en été et en hiver : La diminution de l'extension cellulaire qui représente l'une des premières réponses à la sécheresse (Durand et al.1995 ; Freitas, 1997 in Ben Sehil 2007) et étant donné que la composition foliaire de *Stipa tenacissima* L. en lipides totaux et en acides gras à l'été est représenté par un ensemble d'acides gras saturés (acide laurique, acide myristique, acide palmitique et acide stéarique) caractéristiques des états de résistance à la sécheresse (Mehdadi et al. 2006) intervient dans la baisse de la croissance en hauteur des touffes d'alfa et malgré les réserves hydriques du sol pendant la saison hivernale, l'alfa présente un ralentissement de sa croissance végétative. Il manifeste une importante sensibilité vis-à-vis des basses températures qui sont défavorables à la poursuite de son processus photosynthétique (Ehleringer et Bjorkman, 1977 ; Ehleringer, 1978 ; Acevedo et al. 1985).

On peut parler de même de l'état de la nappe et des exigences de la plante elle-même pour accomplir son cycle végétatif ses phases photosynthétiques (eau, éléments nutritifs, ensoleillement, température, froid...) et c'est ce qui est constaté par Floret et Pontanier (1981) dans les bas fonds alluviaux au sud tunisien qu'un tel comportement relativement fertiles et régulièrement approvisionnés en eau par ruissellement, présentent toujours une productivité supérieure aux autres milieux ; alors les milieux très carencés en éléments nutritifs et malgré un régime hydrique intéressant, reste, quelle que soit la pluviosité, un des milieux les moins productifs.

Ghrab (1981) a signalé que les conditions de l'étage bioclimatique semi aride inférieur sont favorables au développement de l'alfa d'où la différence de pluviosité d'un étage à un autre explique la différence d'accroissement de la hauteur d'une saison à une autre indépendamment du relief.

3.3. Etude de la densité des touffes d'alfa

3.3.1. Nappes alfatières de l'étage bioclimatique aride - inférieur (AI)

- Touffes d'Alfa de plaines denses

Les valeurs obtenues de la densité des touffes d'alfa sont de l'ordre de 91,25 ; 96,25 ; 83,50 et 92,50 touffes /ha, respectivement dans les nappes d'El Guira - El Ksar, El Guira Essontage à Hassi El Frid , El Ghchiwa et El fekka à Majel Bel Abbes (Fig.7).

L'analyse statistique montre qu'il n'y a pas de différence significative entre toutes les populations de nappes alfatières à Kasserine pour la densité des touffes d'alfa au seuil 5%.

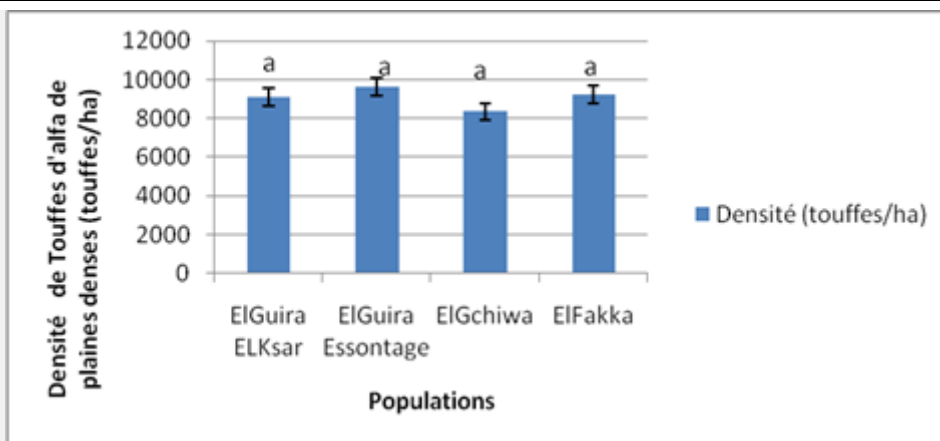


Figure 7. Densité (touffes/ha) des touffes d'alfa (*Stipa Tenacissima*) de plaines denses (cm) des différentes populations de nappes alfatières les nappes d'El Guira - El Ksar, El Guira Essontage à Hassi El Frid, El Ghchiwa et El fekka à Majel Bel Abbes à Kasserine

- Touffes d'Alfa de plaines claires

Les valeurs enregistrées de la densité des touffes d'alfa sont de l'ordre de 5625 et 4300 touffes/ha respectivement dans les nappes d'El Guira - El Ksar à Hassi El Frid, El Ghchiwa à Majel Bel Abbes.

- Touffes d'Alfa de plaines clairsemées

Les valeurs enregistrées de la densité des touffes d'alfa sont de l'ordre de 2800 et 1875 touffes /ha respectivement dans les nappes d'El Guira - El Mohguen à Hassi El Frid et El Ghchiwa à Majel Bel Abbes.

3.3.2. Nappes alfatières de l'étage bioclimatique semi aride - inférieur (SAI)

- Touffes d'Alfa de montagne

Les valeurs obtenues de la densité moyenne des touffes d'alfa sont de l'ordre de 96,50 ; 51,25 et 22,50 touffes /ha, et respectivement dans une nappe dense, claire et clairsemée du Dj. Esselloum (Fig.8).

L'analyse statistique montre une différence hautement significative entre toutes les nappes alfatières du Dj. Esselloum de groupe A (nappe clairsemée) et de groupe B (nappe claire) et C (nappe dense) pour la densité des touffes d'alfa au seuil 5%.

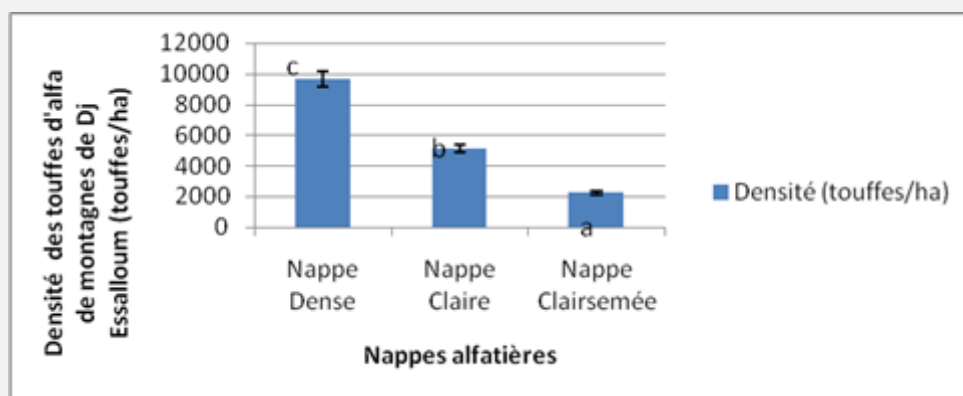


Figure 8 : Densité (touffes/ha) des touffes d'alfa (*Stipa Tenacissima*) des différentes nappes alfatières de montagnes dense, claire et clairsemée de Dj Essalloum à Kasserine

- Touffes d'Alfa de versant

La densité moyenne des touffes d'alfa est de l'ordre de 93,75 et 36,25 touffes/ha respectivement dans les versants nord et sud du Dj Esselloum.

- Touffes d'Alfa de glacis

Les valeurs obtenues de la densité moyenne sont de l'ordre de 97,50; 58,75 et 18,75 touffes/ha et respectivement dans une nappe dense, claire et clairsemée du glacis de Khsham El Kalb (Fig.9).

L'analyse statistique montre une différence hautement significative entre toutes les nappes alfatières du Khsham El Kalb de groupe A (nappe clairsemée), et de groupe B (nappe claire) et C (nappe dense) pour la densité des touffes d'alfa au seuil 5%.

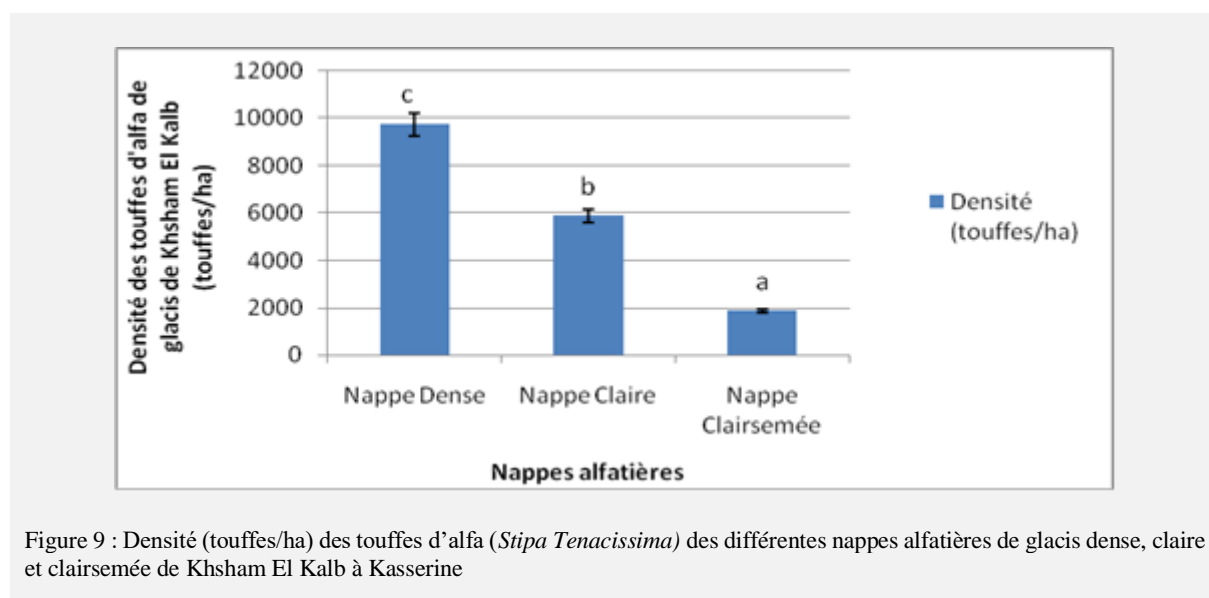


Figure 9 : Densité (touffes/ha) des touffes d'alfa (*Stipa Tenacissima*) des différentes nappes alfatières de glacis dense, claire et clairsemée de Khsham El Kalb à Kasserine

3.3.3. Nappes alfatières de l'étage bioclimatique semi aride – supérieur (SAS)

- Touffes d'Alfa de plaine

Les résultats enregistrés de la densité moyenne des touffes d'alfa sont de l'ordre de 8975 touffes/ha dans la plaine de Zelfane El bnenna à Théla.

3.3.4. Nappes alfatières de l'étage bioclimatique aride (A)

- Touffes d'Alfa de plaine

Les valeurs obtenues de la densité moyenne des touffes d'alfa est de l'ordre de 4550 touffes/ ha dans la plaine de Jelma à Sidi Bouzid.

Concernant les nappes alfatières de l'étage bioclimatique aride - inférieur (AI), Les résultats enregistrés de la densité des touffes d'alfa pour tous les peuplements des plaines denses, sont similaires d'une moyenne de 9087,5 touffes/ ha. De même Pour les peuplements des plaines claires, sont similaires d'une moyenne de 4962,5 touffes/ ha. Tandis que pour les plaines clairsemées, une différence est enregistrée entre les hauteurs avec un maximum à El Guira-El Mohguen (2800 touffes/ ha) et un minimum à El Gchiwa (1875 touffes/ ha).

Concernant les nappes alfatières de l'étage bioclimatique semi aride - inférieur (SAI), les résultats obtenus pour les densités des touffes d'Alfa de montagne sont importants chez les nappes denses (9650 touffes/ ha) à degrés moindre chez les nappes claires (5125 touffes/ ha) et minimales chez les nappes clairsemées (2250 touffes/ ha) du Dj. Esselloum. Tandis que les résultats obtenus pour les densités des touffes d'Alfa de montagne sont importants chez les nappes de montagne des versants nord (9375 touffes/ ha) et minimales pour le versant sud du Dj Esselloum (3625 touffes/ ha). Par contre les valeurs obtenues de la densité des touffes d'Alfa de glacis sont maximales chez les nappes denses de l'ordre de 9750 touffes/ ha et moyennement amoindris pour les nappes claires (5875 touffes/ ha) et minimales pour les nappes clairsemées (1875 touffes/ ha) du glacis de Khsham El Kalb.

Concernant les nappes alfatières de l'étage bioclimatique semi aride – supérieur (SAS), la densité moyenne des touffes d'alfa de plaine est de l'ordre de 8975 touffes/ha dans la plaine de Zelfane El bnenna à Théla.

Concernant les nappes alfatières de l'étage bioclimatique aride (A), Les valeurs obtenues de la densité des touffes d'Alfa de plaine sont de l'ordre de 4550 touffes/ ha dans la plaine de Jelma à Sidi Bouzid. Nos résultats montrent que les densités les plus élevées sont enregistrées dans les nappes du glacis de Khsham El Kalb à l'étage bioclimatique semi aride - inférieur comparé à l'état de la nappe, la densité est plus importante chez les nappes denses à degrés moindre chez les nappes claires et minimales chez les nappes claire semées.

Nos résultats ont montré que la densité des touffes d'alfa pour les plaines denses est importante de (9625 touffes/ha) à El Guira Essontage et à degré moindre à El fekka (9250 touffes/ha) et un minimum à El Ghchiwa (8350 touffes/ha).

Tandis que dans les plaines claires, la densité la plus élevée est enregistrée à El Guira - El Ksar (5625 touffes/ha) et à degré moindre à El Ghchiwa (4300 touffes/ha). De même dans les plaines clairsemées, la densité la plus élevée est obtenue chez les touffes d'El Guira - El Mohguen (2800 touffes/ha). Pour les touffes de nappe de montagne tout en enregistrant un maximum à la nappe dense (9650 touffes/ha) et un minimum à la nappe clairsemée (2250 touffes/ha). Cette différence de la densité est aussi enregistrée entre les touffes de versant nord (9375 touffes/ha) comparées à celles du sud (3625 touffes/ha). Cette différence de hauteur obtenue entre les différentes nappes est due principalement à l'état des nappes et l'état du relief aussi.

La variation de la densité peut être expliquée par la diversité des facteurs anthropozoogènes, des données climatiques et édaphiques : l'action du sol et sa nature sur le développement des nappes alfatières puisque l'apparition de l'alfa suit plutôt les substratums de nature calcaire ou gréseuse : il ne pousse pas dans les terrains argileux ou gypseux. Boudy (1950) affirme que cette espèce pousse sur le sable et le calcaire.

En fait, les sols steppiques sont des sols sableux et pauvres en matière organique, en azote, en phosphore et en potassium (Rejeb, 1977). D'autre part l'alfa peut se développer sur marne et sur croûtes gypseuses et évite les sols salés et les sols hydromorphes (Rejeb, 1977), donc la distribution des touffes d'alfa est tributaire de la fertilité des sols.

Le Houérou (1969) affirme que la destruction des plantes vivaces est souvent remplacée par de espèces messicoles sans aucun intérêt pastoral et/ou agronomique et qui sont incapables de retenir le sol. La diminution de la fertilité du sol et la dénudation des espaces alfatières résulte de la dégradation d'espèces vivaces ajoutée à la forte pulvérisation du sol qui favorise de même et sans aucun doute une érosion hydrique et éolienne dont le résultat est la diminution des touffes d'alfa et sa variation.

De même, d'après Otto (1998), l'espèce alfa peut être considérée comme étant un facteur endogène homotypique exprimé par l'effet de la compétition intra spécifique (alfa-alfa) sensible à la concurrence et à l'effet compétitif vis-à-vis du niveau trophique chez d'autres espèces et l'action du relief n'intervient pas.

Dans les nappes alfatières en forte dégradation on note la présence du *Peganum harmala*, *Hammada scoparium*, *Thymelia hirsuta*, *Atractylis sp*, *Arthrophytum scoparium* etc (Chaâbani, 1991), ce qui diminue la densité d'une part c'est à dire que la régression est due à la diminution de la fréquence spécifique de présence des espèces annuelles parallèlement à une évolution faible à négligeable chez les espèces pérennes, traduite par une interaction nette entre l'alfa et les autres espèces pérennes et affirme d'autre part sa variation d'une parcelle alfatière à une autre .

4. Conclusion

L'alfa (*Stipa tenacissima L.*) est une espèce vivace qui se développe dans une gamme climatique très étendue. En effet les nappes alfatières présentent des ressources importantes de revenus et jouent un rôle socio- économique primordial. Ecologiquement, elle participe au maintien de l'équilibre de l'écosystème local et à la lutte contre la désertification dans les zones arides et présahariennes. Economiquement, elle constitue une source principale de matière première pour la fabrication de la pâte à papier pour l'usine de cellulose en Tunisie.

Remerciements

Ce travail a été soutenu par des subventions du ministère tunisien de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique et Ministère de l'Agriculture et de l'Environnement.

5. Références

- Aloui K (2006)** Etude des techniques de régénération de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.). Diplôme de Mastère. Institut Nationale Agronomique de Tunisie. 81 p.
- Ben Sehil S (2007)** Etude et analyse éco physiologique de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.) de différentes nappes alfatières. Diplôme de Mastère. Faculté de Sciences Tunisie .93 p.
- Boudy P (1950)** Economie forestière Nord Africaine. Tome II. Fax 2. Livre III monographie et traitement de l'alfa, pp 773 – 818.
- Boudy P (1952)** Guide du forestier en Afrique du nord. La maison rustique ed Paris.
- Châabani M (1992)** Les nappes alfatières dans le gouvernorat de Kasserine. Situation actuelle et perspective. Rapport annuel. 14 p.
- Errebei L (2004)** Contribution à la typologie des nappes alfatières dans la région de Kasserine et essais de multiplication. Projet de fin d'études. Institut National Agronomique de Tunisie. 67 p.
- Floret C, Pontanier R (1982)** L'aridité en Tunisie présaharienne : Climat, sol, végétation et aménagement. Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M, n° 150. Paris. 544 p.
- Ghrab S (1981)** Etude de la variabilité éco-phénologique de l'alfa en Tunisie centrale. Application en vue de la sauvegarde et l'amélioration des nappes alfatières. Thèse doctorat. Fac. Sci. Et Tech. St Jerome. 135 p.
- Kheriji M (2005)** Etude écophysiological et analyse cellulosique de l'alfa de différentes stations de la nappe alfatière de Kasserine. Diplôme d'études approfondies de physiologie. Fac. Sci. Tunis. 72p.
- Le Houérou HN (1969)** La végétation de la Tunisie steppique. Ann. Inst. Nature. Rech. Agro. Tunis. Vol.42 fasc. 5.
- Mehdadi Z et al (2006)** Evolution saisonnière de la composition foliaire de *Stipa tenacissima* L. en lipides totaux et en acides gras. Science et changement planétaires, Sécheresse. Vol 17, N°4, 493-8, Octobre, Novembre, Décembre 2006.
- Mokhtar A (2002)** Etude sur les indicateurs de gestion durable des formations forestières et steppiques. Projet suivi-évaluation du PAN-LCD en Tunisie, pp 65-66.
- Otto HJ (1998)** Ecologie forestière, IDF. 395 p ; pp : 266 - 370.
- Ouled Belgacem A (1999)** Aperçu sur l'effet de la mise en défens sur la dynamique de la végétation en zone saharienne de Tunisie. Mém. D.E.A, F.S.S (Tunisie) ; 72 p..
- Rejeb MN (1977)** Contribution à l'étude écophysiological de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.). D.E.A. Biol. Physiol. Vég. Fac. Sci. Tunis, 36 p.
- Trabut L (1989)** Etude de l'alfa, Algérie. Librairie Adolphe Tourdan.