

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA

N° d'ordre :

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE

N° série :

ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE



Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de
MAGISTER

Spécialité : Ecologie Saharienne et Environnement

Par : Amina HANNANI

**Essais de caractérisation de quelques propriétés morphologiques,
anatomiques et chimiques de l'*Acacia raddiana* au milieu
saharien.**

Soutenu publiquement le : 15 / 05 / 2011

Devant le jury

| | | | | |
|------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------|--------------|
| M ^r . | CHELOUFI Hamid | Maître de Conférences (A) | U.K.M .Ouargla ; | Président |
| M ^r . | CHEHMA AbdelMadjid | Professeur | U.K.M .Ouargla ; | Encadreur |
| M ^{me} | BISSATI-BOUAFIA Samia | Maître de Conférences (A) | U.K.M .Ouargla ; | Examinatrice |
| M ^{me} | OULD EL-HADJ-KHELIL Aminata | Maître de Conférences (A) | U.K.M .Ouargla ; | Examinatrice |

A la mémoire de mon père, je dédie ce travail.

Remerciements

*Ce travail a été réalisé aux Laboratoire de Bio ressources sahariennes :Préservation et valorisation et le laboratoire pédagogique de la Faculté des sciences de la nature et de la vie, et sciences de la terre et de l'univers, département des sciences de la nature et de la vie à l'université de Ouargla, ainsi qu'au laboratoire des travaux publics du sud, sous la direction de Monsieur **Abdelmadjid CHEHMA**, Professeur à l'université de Ouargla, à qui j'adresse ma profonde gratitude pour les encouragements qu'il n'a cessé d'exprimer, tout au long de ce travail.*

*J'exprime ma profonde reconnaissance à Monsieur **Hamid CHELOUFI**, Maître de conférences à l'université de Ouargla, qui m'a honorer de présider le jury.*

*Mes sincères remerciements vont à Madame **Samia BISSATI**, Maître de conférences et Doyenne de la faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers à l'université de Ouargla, qui m'a fait un grand honneur en acceptant d'être membre de ce jury.*

*J'adresse également mes chaleureux remerciements à Madame **Aminata OULD EL-HADJ-KHELIL**, Maître de conférences à l'université de Ouargla pour m'avoir fait l'honneur de juger ce travail.*

Je tiens à remercier le personnel du laboratoire des travaux publics du sud, unité de Ouargla pour m'avoir accueilli dans le but de réaliser les analyses physico-chimiques.

Mes respectueuses reconnaissances vont aux laborantines et laborantins de bio-ressources Sahariennes ; Préservation et valorisation, ainsi qu'à ceux et celles du laboratoire Pédagogique, sans oublier les enseignants et collègues au Laboratoire de préservation des écosystèmes arides et semi-arides à l'université de Ouargla.

Mes vifs remerciements vont aussi à M^r. Raouf KOURICHI, Maitre assistant à l'université de Ouargla.

Avec beaucoup de plaisir, j'exprime ma reconnaissance à M^r Ahmed CHAABENA chargé de cours à l'université de Ouargla pour son aide dans le traitement statistique des données.

Mes remerciements vont à tous les enseignants à Ouargla, tous les étudiants de ma promo. post-graduation de l'année 2008/2009.

A Tous ceux et celles qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail, qu'ils trouvent ici l'expression de ma haute considération.

Introduction

Les écosystèmes des zones arides couvrent plus de 40 % du globe et affectent près de 20 % de la population mondiale (CALEM, 2003). Faisant partie de cette aire, l'Algérie est constituée d'environ 87% de Sahara (FAO, 2005), représentant le plus grand mais également le plus sévère désert du globe. Cette occupation territoriale aride exige une forme très particulière de la vie qui la peuple.

Cet écosystème éremien est défini par des conditions physiques très difficiles. A cet effet, il est caractérisé par ; des ressources hydriques se composant surtout par des eaux en captivité et des précipitations rares et irrégulières; des grandes amplitudes thermiques ; ainsi qu'une évaporation élevée amplifiée par des vents soufflant presque toute l'année (DUBIEF, 1963), (KASBADJI, 1999).

En revanche, ces facteurs climatiques sévères combinés n'ont pas empêché le maintien en place d'une flore adaptée, voire endémique, à ces contraintes.

Dans ce contexte, on rencontre très rarement des formations d'arbre se développant naturellement dans le Sahara septentrional (CHOPRA et *al.*, 1960). Parmi ceux là, L'espèce *Acacia raddiana*, réputée pour ; son caractère phréatophyte typique (WARD, 2009),(DOMMERGUES et *al.*, 1999), (WARD, 2009) qui lui permet de faire face au déficit hydrique en exploitant l'eau de la nappe phréatique malgré les profondeurs importantes de celle-ci, en plus de son pouvoir de fixation d'azote atmosphérique (DOMMERGUES et *al.*, 1999),(CAMPA et *al.*, 2000). En outre elle est réputée pour son efficacité dans la fixation biologique des formations éoliennes (MANZO et *al.*, 2009). En Algérie, cette essence, objet d'étude, a une aire de répartition s'étalant sur les régions du Sahara occidental (Touat et Saoura) et central (Tidikelt et Hoggar).

Pour bien connaître le comportement de cette espèce, il est nécessaire d'étudier les principaux paramètres d'adaptation qui lui ont permis de faire face à l'hostilité du milieu saharien. Dans ce sens, le présent travail cible les objectifs suivants :

- Caractériser les paramètres morphologiques de cet arbre,
- Caractériser ses paramètres anatomiques,
- Etudier sa composition minérale au niveau de ses différents organes,
- Etudier sa teneur en chlorophylle,

- Etudier la composition minérale des sols, où vit cet arbre,

Pour ainsi dire, nous allons présenter dans cette étude :

Dans le chapitre 1, une description systématique et floristique de l'espèce en se basant sur un aperçu bibliographique.

Le chapitre 2, sera consacré à décrire la démarche expérimentale et la méthodologie instaurée.

La présentation des résultats obtenus ainsi que leurs interprétations seront rapportées dans le chapitre 3.

Chapitre 1 : Présentation de l'espèce végétale

1.1. Description systématique de l'espèce végétale

1.1.1. La famille des Fabacées

La famille des Fabacées regroupe des plantes dicotylédones à intérêt économique mondiale. Elle compte des espèces alimentaires, fourragères et ornementales. Le caractère commun entre les espèces appartenant à ce groupe est la présence de fruit ou gousse bivalve. Anciennement connu sous l'appellation de légumineuses, ce groupe est considéré -après les Astéracées- comme étant la seconde famille des Eudicots. OLLET (1992), affirme que les espèces de Fabacées sont cosmopolites et que la famille a des représentants dans tous les types biologiques. Dans d'autres citations, la notion de superfamille est remplacée par celle d'« ordre », par conséquent l'ordre de légumineuses se répartit en trois familles : les Mimosacées, les Césalpiniacées et les Fabacées, dont la plupart sont des espèces fixatrices d'azote et qui ont une importance sur le plan économique (HOPKINS, 2003). D'autre part, GUIGNARD et DUPONT (2004) signalent que les fabacées forment une super famille, divisée à son tour en trois familles ; les Faboidées, les Césalpiniacées et les Mimosacées.

Les Faboidées ou Papilionacées sont nommés ainsi à cause de la forme de leurs corolles, les fleurs sont zygomorphes et les espèces sont généralement herbacées. Par contre, les Césalpiniacées et les Mimosacées ont un port globalement arboré ou lignifié. On retrouve au niveau des racines des Fabacées, des microorganismes symbiotiques qui interviennent dans leurs nutrition, dont les bactéries appartenant au genre *Rhizobium*, formant des excroissances racinaires appelé communément nodosités ou nodules, ainsi que des champignons endomycorhiziens à vésicules et arbuscules (MVA) développant des structures intra et extra racinaires (CORNET et DIEM, 1982). Prés de 90% des espèces de Papilionacées et de Mimosacées et plus de 30% des Césalpiniacées sont pourvues de nodosités, ceci montre que la fixation de l'azote est un phénomène fréquent, mais non obligatoire, de la nutrition des plantes de cette super famille (BA, 2008). En revanche, Il faut noter que dans la nature, d'une façon générale, il est difficile d'observer les nodules sur les racines des arbres (DE LAJUDIE et *al.*, 1996). Cette super famille est caractérisée par un ovaire formé d'un seul carpelle qui se transforme en un fruit d'un type particulier, appelé gousse. C'est un fruit sec, déhiscent par deux fentes longitudinales dont l'une suit le bord

ventral et l'autre la nervure dorsale (OZENDA, 1977). Cependant, Les caractères floraux représentent le principal élément distinctif entre les 3 groupes.

1.1.2. La sous famille des Mimosacées

Les caractères floraux forment le principal élément distinctif entre les 3 groupes, ainsi les Mimosacées ont une corolle régulière, formée de 4-5 pétales et de très nombreuses étamines. Les fleurs sont actinomorphes (régulières), possédant plusieurs plans de symétrie. Les genres les plus importants, du point de vue représentativité, sont ceux des *Acacias* et *Mimosas*. Cependant les *Cassias* représentent un genre important de la sous famille des Césalpiniacées à fleurs zygomorphes (OZENDA, 2000).

1.1.3. Le genre *Acacia*

Le genre comprend environ un millier d'espèces OZENDA (2000). Ce sont des espèces tropicales et subtropicales. Une seule espèce *Acacia raddiana* vit au Sahara septentrional alors qu'*Acacia raddiana* et *Acacia ehrenbergian* peuplent le Sahara central caractérisant ainsi la « savane à Acacia-Panicum ». Le nombre d'espèces, selon VASSAL (1993), varie de 1300 à 1400 et sont pour la plupart australiennes.

Concernant les espèces Africaines, LE FLOC'H et GROUZIS (2003) signalent l'existence de 155 taxons spontanés du genre *Acacia*, reconnus par LOCK (1989) en Afrique. Elles sont essentiellement adaptées aux conditions de l'environnement aride et semi-aride, spécialement le déficit hydrique (CAMPA et al., 2000).

1.1.4. L'espèce *raddiana*

De son vrai nom *Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne *ssp. raddiana* (Savi) Brenan, fait parti des Mimosacées, ayant comme synonyme *Acacia raddiana* Savi, *Acacia fasciculata*, (ARBONNIER, 2002), dont Forsk est l'abréviation de Forskal. Avant d'être classée comme espèce indépendant, l'*Acacia raddiana* était considérée comme variété ou sous- espèce de l'*Acacia tortilis* appelée « ombrella tree » à cause de la forme de sa couronne, avec la distinction des sous espèces correspondant à des zones écologique différentes :

- subsp. *tortilis*, Sahel, Moyen Orient,
- subsp. *raddiana* (Savi) Brenan var. *pubescens*, Soudan, Moyen-Orient, Sahel,
- subsp. *spirocarpa* (Hochst.) Brenan var. *spirocarpa*, Afrique de l'Est, Soudan,

- subsp. *spirocarpa* (Hochst.) Brenan var. *crinita*,
- subsp. *heterocantha* (Burch.) Brenan : Afrique du Sud.

Selon DOMMERGUES et *al.* (1999), le nom de l'arbre *Acacia raddiana* a pris son origine du nom du botaniste Florentin Giuseppe Radd (1770-1829). L'*Acacia raddiana* se différencie des autres *Acacias* par l'existence des épines stipulaires brunes mesurant 1.5 - 2 cm. L'espèce *raddiana* forme des peuplements caractéristiques des zones arides et semi arides associée à *Pistacia atlantica*, constituant ainsi une formation caducifoliée de type pré-désertique ou pré-steppique (QUEZEL et MEDAIL, 2003).

1.1.5. L'écologie de l'*Acacia raddiana*

Le taxon *Acacia raddiana* est présent de l'Arabie méridionale à l'Afrique orientale allant jusqu'au Sénégal (BATANOUNY et BAESHIN, 1982). Il est réputé pour son caractère xérophyte supportant des milieux déficitaires en eau avec une pluviométrie de l'ordre de 50 mm, il exprime aussi une résistance aux importantes différences de températures (VASSAL, 1996).

D'après LE FLOC'H et GROUZIS (2003), ce taxon, de très large répartition, est présent à la fois sous bioclimat tropical sec et aride du Sahel et du Sahara, mais également sous bioclimat méditerranéen aride et semi-aride. Le taxon présente une plasticité envers l'altitude, allant de 0 (le niveau de la mer au Sénégal), jusqu'à 2100 m dans l'Ahaggar malgré qu'à cette altitude les sujets deviennent chétifs. Dans les notes de MAIRE, l'espèce a été rencontrée fréquemment, lors de la mission de l'auteur en 1933, dans les lits sablonneux-limoneux et pierreux des Oueds et les zones d'épandage, montant aussi dans le massif du Hoggar, où il est appelé « Abser », juste vers 1800-1900 m, et exceptionnellement, par pieds isolés et buissonnants, jusqu'à 2100 m.

Par ailleurs, le taxon est absent, de façon quasi absolue, de la zone «extrêmement aride », où elle n'occupe que les lits d'oueds et quelques dépressions. En effet, *Acacia tortilis* subsp. *raddiana* ne fait donc défaut que dans les zones hyperarides et dans les grands ergs du Sahara septentrional du Sud algérien et Sud tunisien (fig. 1). Sa limite vers le nord se situe, exception faite du peuplement de Bled Talah, en Tunisie aride sur le revers septentrional du Tademaït et de la Hammada de Tihert (LE FLOC'H et GROUZIS, 2003).

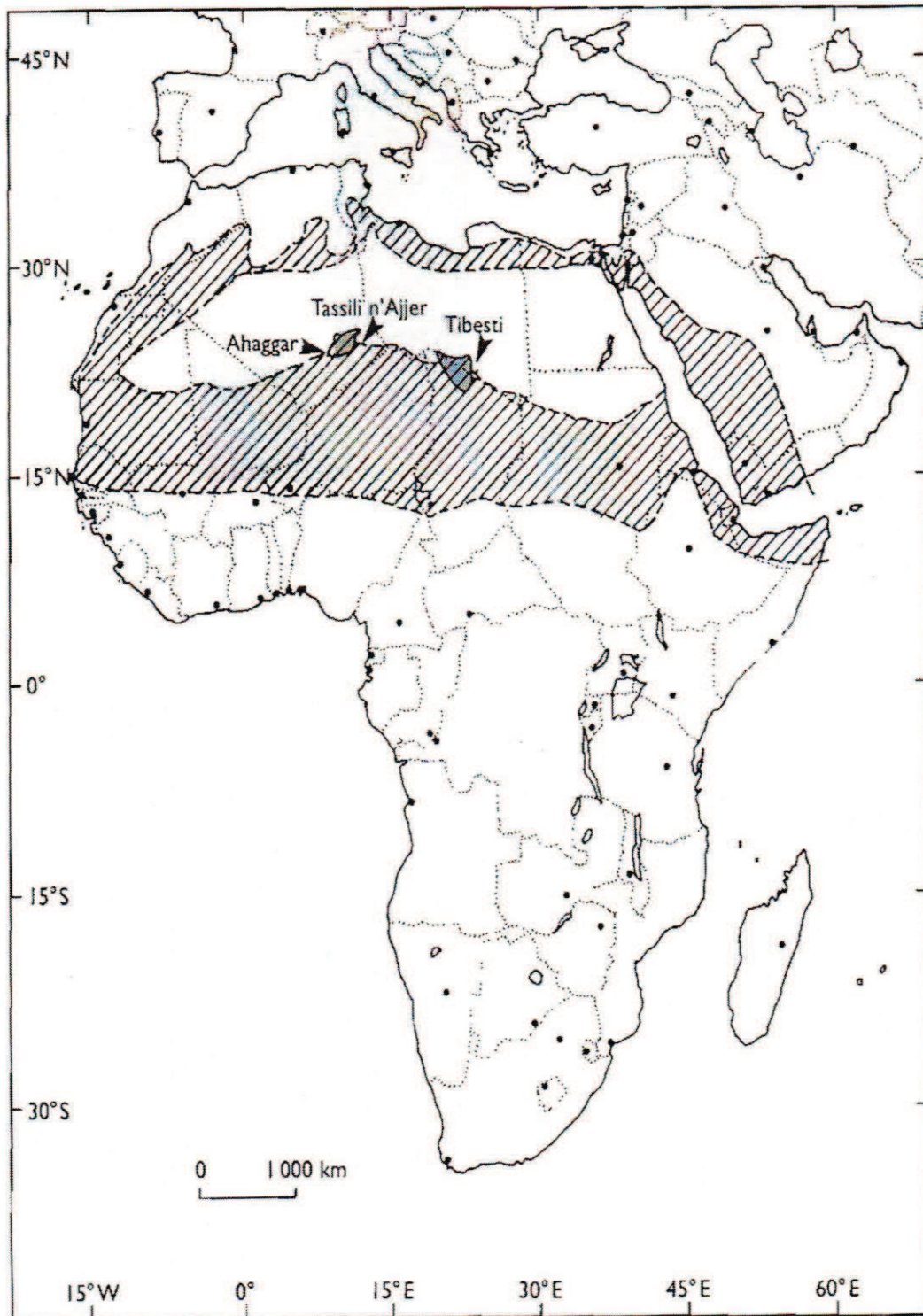


Figure1 : Aire de répartition d'*Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne subsp. *raddiana* (Savi) Brenan (LE FLOC'H et GROUZIS, 2003).

Par conséquent, l'espèce est classé dans :

- Règne : *Plante*
- Embranchement : *Spermatophytes*
- Sous-embranchement : *Angiospermes*
- Classe : *Dicotylédones*
- Sous classe : *Résidées*
- Ordre : *Rosales*
- Famille : *Fabaceae*
- Sous famille : *Mimosaceae*
- Genre : *Acacia*
- Espèce : *tortilis* (Forsk.) *Hayne*
- Subsp : *raddiana* (Savi) *Brenan*

Dans le présent document, l'espèce sera désignée par la nomenclature d'*Acacia raddiana*.

1.2. Description floristique de l'espèce

1.2.1. Les feuilles

Les *Acacias* ont des feuilles bipennées (deux fois divisées) : la "nervure" centrale porte d'autres paires de nervures latérales appelées pennes portant des paires de folioles. La phyllotaxie des feuilles est de type alterne (OZENDA, 1991). Le stade phénologique de l'espèce *Acacia raddiana* a fait l'objet d'une recherche réalisée par DIOUF et ZAAFOURI (2003), où ils ont suivi les phases de la feuillaison, floraison et fructification. Les observations ont été réalisées pendant les périodes respectives de juin 1993 à juillet 1994 pour les sites tunisiens (Nord du Sahara) et de juin 1993 à octobre 1994 pour les stations sénégalaises (Sud du Sahara). Ces deux zones représentent - respectivement- les limites Nord et Sud de l'aire de répartition du taxon. Il est intéressant de noter que plusieurs facteurs endogènes et exogènes déterminent et contrôlent ces phénoplastes entre autres l'état hydrique interne de la plante influant à son tour la tension de la sève et sa circulation. La dynamique de la réserve hydrique du sol donc les facteurs édaphiques ainsi que les variations climatiques ont présenté des corrélations avec les facteurs génotypiques.

1.2.2. Les fleurs et inflorescences

Elles sont regroupées en capitules denses, de 1 à 2 cm de diamètre et sont portées par des pédoncules (fig. 2). Elles sont presque glabres (BARKOUDAH et VAN DER SAR, 1982).

1.2.3. Les fruits

Les fruits sont des gousses spiralées renfermant les graines. Chaque fruit contient jusqu'à 10 graines brunes, ovales. Le fruit est issu d'un ovaire monocarpellé. Etant donné que le fruit sec est déhiscent, la déhiscence se fait par la ligne de suture du carpelle et la nervure dorsale.

La graine est caractérisée par une dormance (inhibition) tégumentaire (DANTHU et al., 2003), (JOUADI et al., 2010). C'est-à-dire que si l'embryon possède une aptitude à germer, il suffira d'une fissuration ou scarification ponctuelle, pratiquée chimiquement ou physiquement, sur le tégument - qui est très dur - pour déclencher une germination épigée.

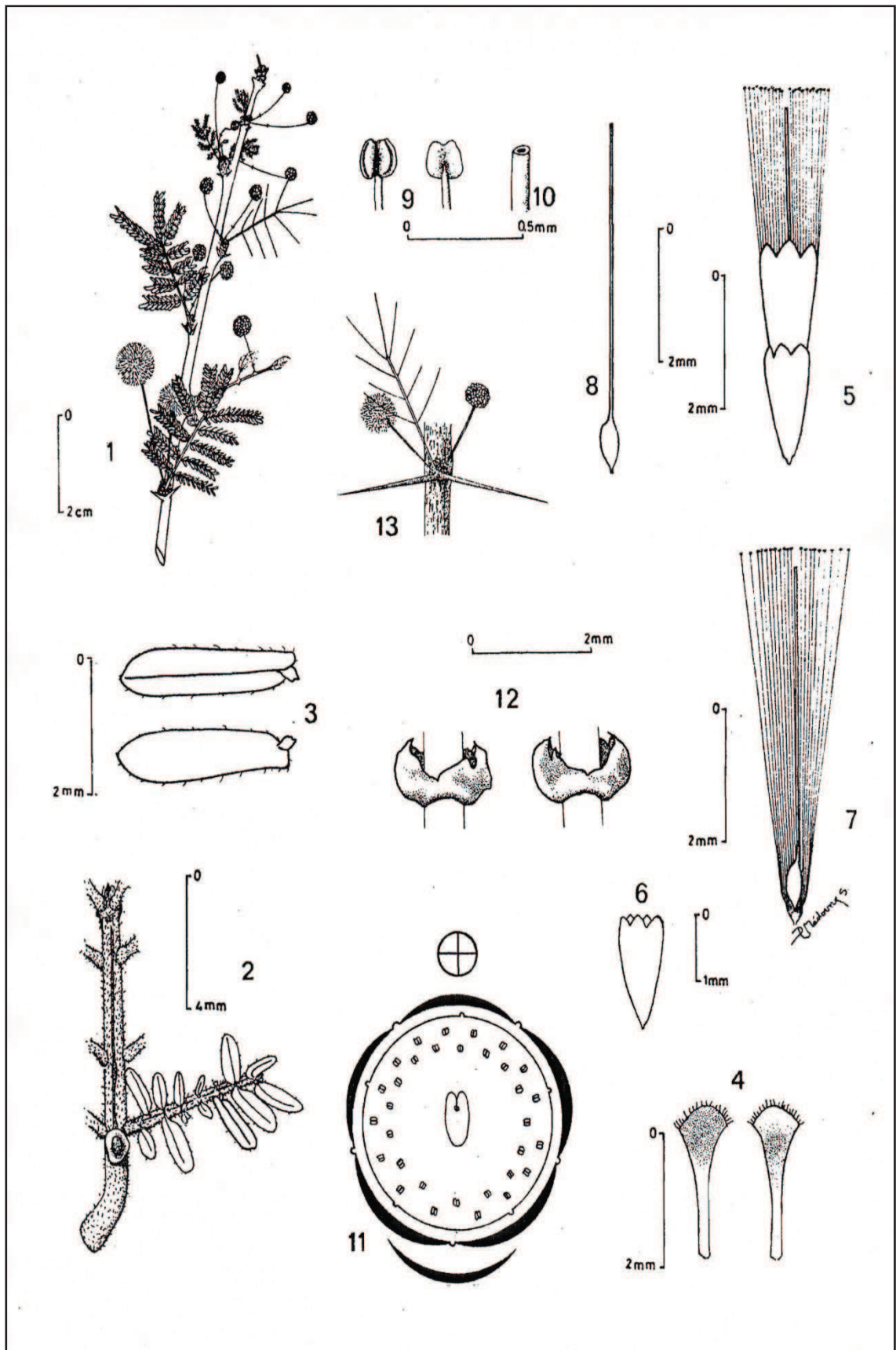


Figure 2 : Planche descriptive d'un rameau feuillé florifère d'*Acacia tortilis* (Forsk.)

Hayne subsp. *raddiana* (Savi) Brenan. (NONGONIERMA, 1978).

Le rameau feuillé florifère est récolté au nord du Sénégal, le 12 avril 1973: - 1) Rameau feuillé florifère.- 2) Détail d'une feuille montrant les morphologies du pétiole et de sa glande, du rachis principal et de ses quatre paires de pennes et des foliolules vue de dessous et de dessus.- 3) Morphologie d'une foliolule vue de dessous et de dessus.- 4) Morphologie d'une bractée florale vue de dessous et de dessus.- 5) Fleur épanouie.- 6) Calice.- 7) Androcée et gynécée.- 8) Gynécée.- 9) Etamine : anthère et filet vus de face et de dos.- 10) Extrémité du style et stigmaté.- 11) Diagramme floral. - 12) Morphologie de la bractée du glomérule inflorescentiel sur son axe, vue de dos et de face.- 13) Portion de rameau florifère montrant les dispositions respectives des deux épines stipulaires, de la feuille et de deux glomérules inflorescentiels.

1.2.4. Les épines

Les épines sont de deux sortes, longues, axillaires droites blanches accompagnées d'épines non axillaires, brunâtres et courbées. C'est une espèce très épineuse, les premières peuvent atteindre plus de 10 cm, elles se disposent par paire. Le deuxième type d'épines regroupe celles stipulaires, arquées ou crochus, d'une couleur brune (OZENDA, 1991), (DOMMERGUES et *al.*, 1999). Les longues épines ont pour rôle essentiel de cacher et protéger les petites feuilles de l'espèce contre les facteurs asséchants du milieu extérieur (WARD, 2009).

1.2.5. Le tronc

Il peut être unique ou double. L'écorce est rugueuse et fissurée, elle est de couleur brune à marron foncé. L'espèce est classée parmi les arbres à moyenne hauteur. Elle est utilisée comme brise vent ou haie vive et notamment comme fixatrice de dunes (DEPOMMIER, 1991), (BENSAID, 1991), (DIAGNE, 2003). Elle est aussi une espèce à gomme (LE FLOC'H et GROUZIS, 2003).

Le tableau 1 est réalisé à partir d'une étude faite sur le développement et la longévité de l'*Acacia raddiana* dans trois régions africaines.

Tableau 1 : Le développement de la circonférence du tronc selon les précipitations dans les régions de Tanzanie, Kenya et l'Égypte (ANDERSEN et KRZYWINSKI, 2007).

| Région d'étude | Précipitations (mm/an) | Développement de la circonférence du tronc (mm/an) |
|-----------------------|------------------------|--|
| Serengiti/TANZANIA | 500 | 14 |
| Turkana/KENYA | 300 | 2 |
| Désert oriental/EGYPT | <30 | 0.2-2.4 |

La circonférence du taxon mesurée à 150 cm du sol varie selon la littérature de 50 à 100 cm. Néanmoins, dans quelques cas, et selon la disponibilité de l'eau, elle peut dépasser les 200 cm. Toutefois, LE FLOC'H et GROUZIS (2003) rapporte que Adanson, signale avoir rencontré en 1884, à proximité de Rhédir El Talha, un individu de 4 m de circonférence. Par conséquent, les bandes ou cernes utilisées, normalement dans la déduction et l'estimation de l'âge de l'arbre, ne sont pas formées régulièrement (GOURLAY et KANOWSKI, 1991). Ceci est dû à la dormance du cambium qui rend difficile le recours à cette méthode. Dans cette même étude, les auteurs, en utilisant la méthode de datation, signalent que l'âge de l'*Acacia raddiana* varie de 200 à 650 ans (tab.1).

1.2.6. Les racines

Selon BENSALD (1996), le taxon est considéré comme étant le plus xérophile des angiospermes arborescentes, essentiellement par son système racinaire pivotant et très puissant, puisant l'eau en profondeur allant au-delà de 30 mètres. Le système racinaire de l'*Acacia raddiana* joue un rôle décisif dans le contrôle du niveau d'hydratation interne de l'individu. Cette constatation est évoquée par plusieurs chercheurs qui ont signalé l'activité floristique des populations dans les zones déficitaires, notamment les sites désertiques en saisons sèches où les plantes commencent à fleurir dans ces conditions édapho-climatiques sévères engendrant des déséquilibres entre le potentiel matriciel du sol et la tension de la sève. Le taxon est caractérisé par une croissance racinaire rapide variant entre 0.15 cm par jour durant la période hivernale et 1.37 cm par jour durant l'automne (BEN SALEM et *al.*, 2008).

Ces constatations ont orienté les scientifiques à suggérer, sans pour autant délimiter, un enracinement profond de l'espèce donnant accès à une nappe phréatique dans ces sols.

En effet, une recherche sur le système racinaire d'*Acacia tortilis* au Sénégal, révèle l'existence de trois types de racine (LOGBO et *al.*, 2006). Le système racinaire de l'espèce est caractérisé par un pivot et des racines latérales (primaires et secondaires) de dimensions variables permettant de définir une unité structurale. L'état orthotrope du pivot et sa pérennité lui confèrent un rôle essentiel d'ancrage et d'exploration des horizons profonds du sol.

Les racines latérales primaires constituent des racines à direction principalement horizontale. Elles possèdent une très large extension latérale. Leur direction horizontale permet de définir leur spécialisation par rapport au pivot. Ce type de racine, par leur forme ainsi que leur direction, joue un rôle dans son édification et dans l'exploitation maximale du milieu, se retrouvant ainsi dans les différents horizons du sol.

Les racines latérales secondaires, représentées par une très faible proportion, sont portées par les racines latérales primaires. Elles contribuent également dans l'exploration du milieu et dans l'édification du système racinaire.

Cette double stratégie d'occupation du milieu permet à *Acacia tortilis* d'exploiter à la fois les horizons superficiels et profonds du sol.

Toutefois, le système peut présenter parfois des courbures et prend alors un cheminement différent qui peut être dû à des obstacles, liés à la texture du sol.

Ces chercheurs ont constaté que la réduction de l'humidité édaphique stimule la croissance racinaire, ce résultat exprime l'état du sol dans ces régions, ce même constat peut être extrapolé sur la zone saharienne.

1.3. La strate herbacée

Plusieurs espèces se sont développées au voisinage de l'arbre, dont la famille des Poacées, dominante, formant parfois des associations, *Zilla sp.* (Brassicacées)-*Stipagrostis plumosa* (Poacées)-*Reseda villosa* (Résédacées). D'autres en touffe unique et isolée *Pergularia tomentosa* (Asclépiadacées) sont présentes tout au long de l'Oued. En effet, plusieurs auteurs LE HOUEROU (1980), FLORET et LE FLOC'H (1980), GROUZIS et *al.* (1990), ALEXANDER (2002), GROUZIS et AKPO (2003), AKBO et *al.*, (2003), AKPO et GROUZIS (2004), GROUZIS et AKPO (2006), ABDALLAH et *al.* (2008) ont montré la sensibilité de la strate herbacée à l'influence de *Acacia raddiana*. Les résultats de leurs

recherches mettent en évidence le cortège floristique des phytocénoses et sa richesse. Il y apparaît que l'arbre augmente significativement la richesse floristique puisque les espèces associées exclusivement au couvert ligneux représentent plus du tiers (37 %) de la flore inventoriée dans ce type de végétation. Il apparaît par ailleurs, selon les mêmes auteurs, que l'arbre a une influence positive sur la production de la strate herbacée. A cet effet, la production est environ deux fois plus élevée sous couvert ligneux. L'arbre joue donc un rôle déterminant sur les phytocénoses inféodées à la couronne et à l'extérieur des arbres. L'influence générale de l'arbre sur la strate herbacée se manifeste donc sur :

1. la structure spécifique,
2. la richesse floristique,
3. la composition chimique,
4. et sur la production de phytomasse.

1.4. L'utilisation de l'espèce et son intérêt phyto-thérapeutique

Du point de vue phytochimique, des recherches basées sur les résultats de l'étude taxonomique, ethno-pharmacologique et les tests biologiques de l'espèce ont mis en évidence des métabolites secondaires (polyphénols), (BELHADJADJI *et al.* 2008).

Les poils du dromadaire trouvés sur les branches épineuses de l'arbre, supposent que la plante est une source d'abri et de fourrage.

Les gousses et les feuilles sont utilisées, selon LE FLOC'H et GROUZIS (2003), dans l'alimentation humaine de façon occasionnelle (en cas de disette), ainsi que l'alimentation du bétail (RICHARD, 1989), (KIEMA *et al.*, 2008). Cependant, elles sont utilisées dans les soins traditionnels (S.I.FOR, 2009). En effet, Les feuilles, pilées avec du haricot, sont employées dans le traitement des dermatoses allergiques, des œdèmes et dans certaines affections de la peau. Elles sont également utilisées dans les soins des cheveux, le traitement de la teigne. Les fruits sont utilisés contre les inflammations et les maux de dents.

Traditionnellement, toutes les cordes et cordages des Touaregs nomades sont en fibre de l'écorce de l'*Acacia raddiana* (ALEXANDRE, 2002).

L'intérêt de l'arbre est beaucoup plus étendu. En effet, VASSAL (1996) révèle dans son article sur les *Acacias* au Sénégal, des propriétés, en plus de ceux cités en dessus, celles émulsifiantes, stabilisantes et épaississantes liés à la gomme exsudée suite à des blessures naturelles ou artificielles, il précise que la meilleure gomme est secrétée par un autre taxon Sahélien (*Acacia seyal*).

L'écorce de l'*Acacia raddiana* a des propriétés vermifuges et guérissent les maladies de peau, elle est utilisée efficacement pour cicatriser les plaies. Le bois est utilisé comme bois de chauffe, charbon, de service, d'œuvre, d'artisanat, tannerie, et dans la fabrication des enclos pour les animaux.

Actuellement en Algérie, à l'instar de TALHI et *al.*, (2010) ou dans le monde, des recherches s'orientent vers l'utilisation des graines d'*Acacia raddiana* pour la production du biocarburant. Ce nouveau produit peut être utilisé, selon cet axe de recherche, comme alternative dans l'industrie du fuel pour diminuer l'exploitation massive des énergies fossiles.

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

2.1. Présentation de la région d'étude

2.1.1. Situation géographique

La présente étude a pour site d'échantillonnage la région dénommée « Méguiden », située dans le Gourara au Sahara algérien. Le site est localisé sur la route nationale n°51 qui relie la Daïra d'El-Menia appelée aussi El-Goléa (wilaya de Ghardaïa) avec la Daïra de Timimoun (wilaya d'Adrar), et à 140 km au Sud Ouest d'El-Goléa (fig.3). Elle fait partie du domaine administratif de la Wilaya d'Adrar, bien que sa localité soit à proximité de celle de la Wilaya de Ghardaïa.

La région d'étude est limitée par le grand Erg occidental à l'Ouest, et le plateau de Tademaït à l'Est.



Figure 3 – Situation géographique de la région d'étude (Geographica, 2003)

2.1.2. Climat

La classification du climat ainsi que la détermination de la période sèche de l'année, sont établies à partir du diagramme ombrothermique de Gaussen ainsi que le climagramme pluviothermique d'Emberger.

2.1.2.1. Les températures

Les températures mensuelles à Timimoun durant les années 2009 et 2010 sont rapportées dans le tableau 2.

Tableau 2 - Les températures mensuelles moyennes (°C) de 2009 et 2010 à Timimoun

| Mois | | Jan. | Fév. | Mars | Avr. | Mai. | Jui. | Juit. | Aout | Sep. | Oct. | Nov. | Déc. |
|------|---------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
| 2009 | TM | 18.7 | 21.9 | 25.8 | 29.2 | 36.7 | 41.8 | 45.6 | 44.3 | 36.3 | 33.2 | 25.9 | 22.9 |
| | Tm | 6.2 | 8.2 | 12.9 | 14.5 | 20.5 | 25.4 | 28.7 | 27.3 | 22.1 | 17.8 | 10.4 | 8.2 |
| | $\frac{(TM+Tm)}{2}$ en C° | 12.1 | 15.2 | 19.6 | 22.2 | 29.4 | 34.6 | 38.1 | 36.6 | 29.2 | 25.5 | 17.8 | 15.1 |
| 2010 | TM | 22.4 | 27.5 | 30.5 | 35.1 | 35.8 | 42.4 | 45.4 | 44.1 | 38.8 | - | - | - |
| | Tm | 6.4 | 12.1 | 14.5 | 18.5 | 20.5 | 34.4 | 29.3 | 37.1 | 25.2 | - | - | - |
| | $\frac{(TM+Tm)}{2}$ en C° | 14.1 | 19.7 | 22.6 | 27.2 | 28.7 | 25 | 38.1 | 29.1 | 32.2 | - | - | - |

(www.TuTuempo.net, 2009- 2010)

Le mois le plus chaud au cours de ces deux années, est Juillet avec une température moyenne de 38.8°C. Par contre, le mois le plus froid est Janvier en enregistrant une température moyenne de 12.1 et 14.1°C ; respectivement pour l'année 2009 et 2010 (tab.2). Les plus fortes températures se manifestent durant les mois de Juin, et Août avec des maxima (TM) de 41 et 44 °C, par contre les mois les plus froids sont Janvier et Février avec des minima (Tm) variant de 6 à 12 °C.

2.1.2.2. Les précipitations

Durant l'année 2009, les précipitations ont enregistré un cumul de 23.37 mm (tab.3).

Tableau 3 - Les cumuls mensuels des précipitations (mm) de 2009 et 2010 à Timimoun

| | Jan. | Fév. | Mars | Avr. | Mai. | Jui. | Juit. | Aout | Sep. | Oct. | Nov. | Déc. |
|-------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 2009 | 3.05 | 0 | 5.08 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.02 | 14.22 | 0 | 0 | 0 |
| 2010 | 0 | 1.02 | 0 | 0.51 | 1.02 | 0 | 0 | 0 | 21.08 | - | - | - |

(www.TuTuempo.net,2009- 2010)

La répartition de cette précipitation est prédominée par la pluie d'automne, principalement au mois d'Aout et Septembre. Une sécheresse absolue est enregistrée du mois d'avril au mois de Juillet, et d'Octobre jusqu'au mois de Décembre.

2.1.2.3. Les vents

En Algérie, les valeurs de la vitesse du vent, enregistrées généralement à des hauteurs manométriques égales à 10 mètres du sol, sont comprises entre 1 et 5,5 m/s. Ces dernières passent de 1 à 7 m/s, à 25 mètres du sol. Les régions les plus ventées sont situées au sud, soit aux environs d'Adrar (KASBADJI, 1999). Dans la région de Timimoun, les vitesses enregistrées varient de moins de 1 m/s à 5.71 m/s durant les années 2009 et 2010 (tab.4), avec une manifestation beaucoup plus accentuée durant la saison printanière.

Tableau 4 : Les vitesses mensuelles du vent (m/s) dans la région de Timimoun des années 2009 et 2010.

| | Jan. | Fév. | Mars | Avr. | Mai. | Jui. | Juil. | Aout | Sep. | Oct. | Nov. | Déc. |
|-------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
| 2009 | 4.45 | 4.96 | 4.28 | 4.65 | 5.71 | 3.19 | 3.7 | 0.39 | 2.63 | 3.86 | 2.63 | 2.44 |
| 2010 | 2.07 | 3.30 | 3.89 | 4.82 | 4.82 | 3.28 | 2.86 | 3.7 | 4.48 | - | - | - |

(www.TuTuempo.net,2009- 2010)

La moyenne annuelle du vent est de 3.57 m/s durant 2009, les mesures en Octobre, Novembre et Décembre ne sont pas disponibles pour 2010.

2.1.2.4. Diagramme ombrothermique de Gaussen

Ce tracé graphique est une représentation de deux courbes sur un seul diagramme, dont les mois de l'année sont reportés sur l'axe des abscisses, la pluviométrie (P) au mm est reportée sur l'axe droit des ordonnées, par contre la température moyenne (T) exprimée au degré Celsius est représentée sur l'axe gauche, sachant que l'échelle du diagramme est calculée à partir de la formule $P = 2T$.

L'aire comprise entre les deux courbes correspond à la période sèche ou humide selon la superposition des courbes l'une par rapport à l'autre (LEBOURGEOIS et PIEDALLU, 2005).

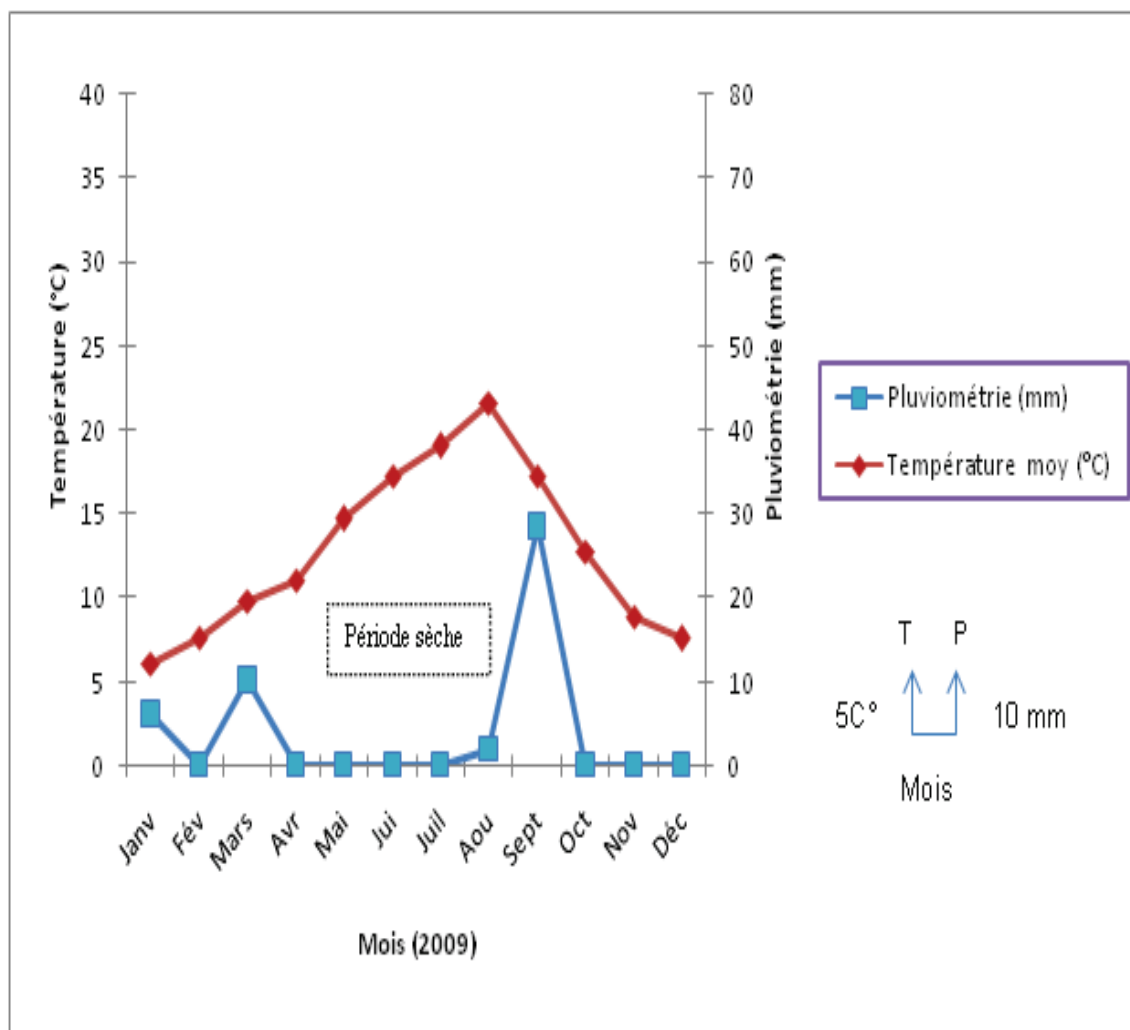


Figure 4 : Diagramme ombrothermique pour l'année 2009 de la région de Timimoun.

D'après ce diagramme, on déduit que la période sèche s'étale sur toute l'année 2009.

2.1.2.5. Climagramme pluviothermique d'Emberger

Grâce au quotient pluviothermique d'Emberger Q_2 (caractérisant le climat méditerranéen), le climagramme pluviothermique permet de situer une zone d'étude x dans un étage bioclimatique.

Sur le graphe le Q_2 figure en ordonnée et la moyenne des minima des mois le plus froid m en abscisses.

Cet indice est la combinaison des 3 principaux facteurs du climat, en effet il tient compte des précipitations et des températures maxima et minima. Il est déterminé selon la formule simplifiée suivante :

$$Q_2 = 3,43 \times P / (M - m) ; \text{ dont}$$

- Q : le quotient pluviométrique d'Emberger ;
- P : Somme des précipitations annuelle moyenne en mm ; $P = 23.37 \text{ mm}$,
- M : Moyenne maximale du mois le plus chaud en $^{\circ}\text{C}$; $M = 45.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$,
- m : Moyenne minimale du mois le plus froid en $^{\circ}\text{C}$; $m = 6.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ où $(5 < m < 7)$.

De ce fait, la valeur du quotient de la région est égale à 2.03, ce qui permet de classer la région de Timimoun dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux (fig.5).

D'après LE HOUEROU (1989), les zones à hivers doux, dont la moyenne minimale du mois le plus froid est comprise entre 5 et 7 $^{\circ}\text{C}$, sont caractérisées par un nombre de jours de gel sous abri variant de 5 à 15, et le repos hivernal de végétation dure 10 à 30 jours. Par conséquent, l'isotherme de $m = 5$ constitue pour la végétation spontanée la limite thermique inférieure d'un grand nombre d'espèces d'affinité tropicale comme l'*Acacia raddiana*.

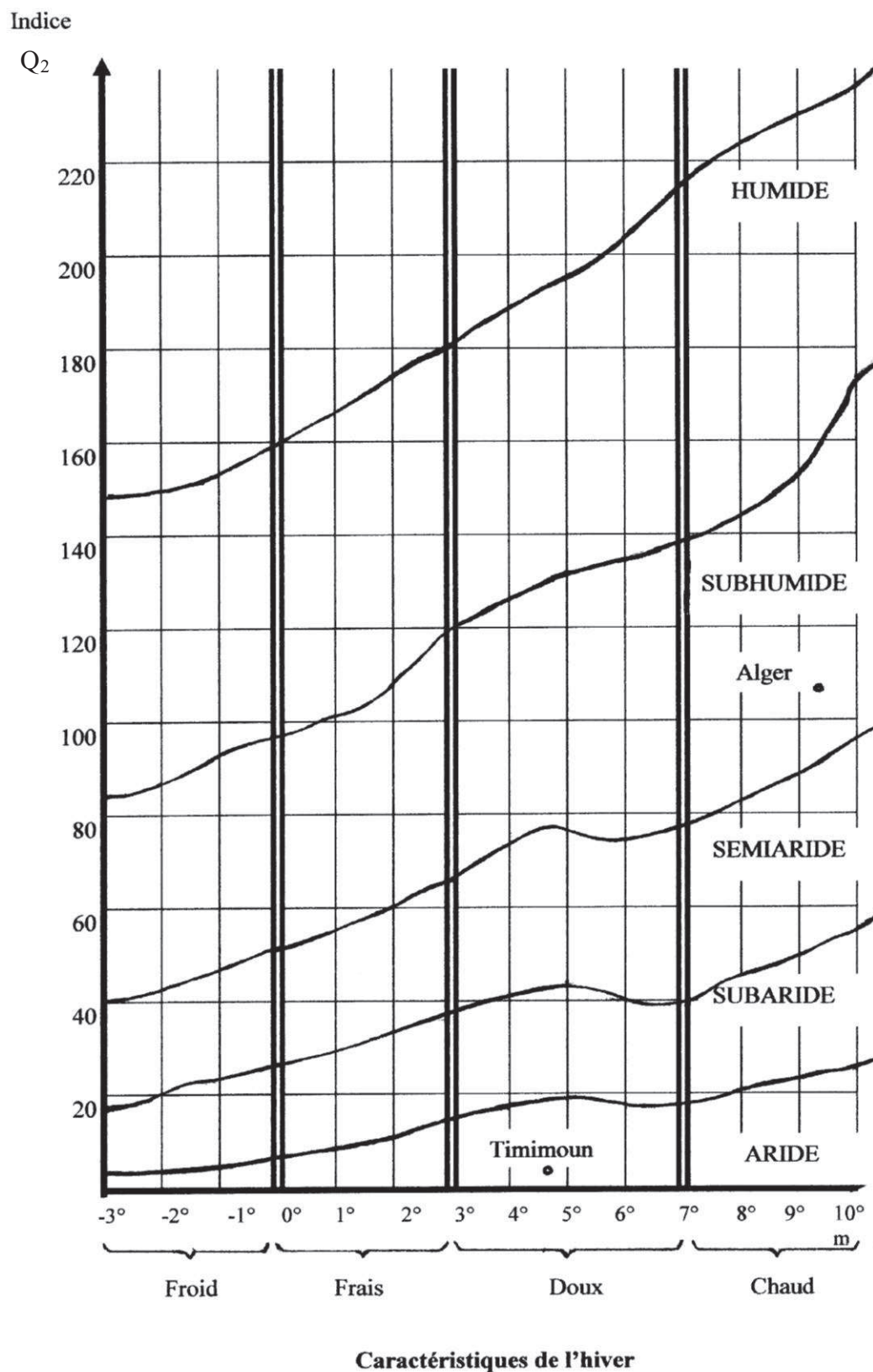


Figure 5 : Climagramme pluviothermique d'Emberger de la région de Timimoun

2.2. Choix de la station d'étude et échantillonnage

Le choix de la station d'étude est du type raisonné, dictée par des critères de fiabilité pour l'établissement des prélèvements. Ceci est conforme aux critères de choix de stations d'étude énoncés par FRANKIE *et al.*, (1974) in GROUZIS (1991), à cet effet ;

- elle doit être suffisamment écartée de la route nationale pour éliminer le facteur perturbation,
- elle doit être représentative des classes d'âge de l'espèce,
- elle doit renfermer une certaine abondance des individus.

A partir de cela, notre station d'étude se situe après le 120^{ème} km au Sud-Ouest d'El-Goléa et est situé entre le 2^{ème} degré longitude Est et le 29^{ème} degré latitude Nord et à une altitude moyenne de 390 m.

2.3. Echantillonnage et prélèvements

2.3.1. Echantillonnage

Afin de répondre aux objectifs tracés, on a choisi de travailler sur trois classes d'âge (jeune, moyen et âgé). Pour chaque classe, on a échantillonné suivant le mode raisonné (subjectif) trois individus.

Les caractéristiques des échantillons étudiés sont résumées dans le tableau 5.

Tableau 5: Les caractéristiques des échantillons étudiés

| Classe d'âge | Symboles des individus | Port | Description | | | Mesures et estimations | Parties prélevées |
|--------------|------------------------|---------|-------------|-----------------|----------------------|--|---|
| | | | Tronc | Houppier | Racine | | |
| Jeune | J1 J2 J3 | Touffe | étroit | En touffe | Pas de ramifications | Circonférence, hauteur, diamètres. | Toute la plante |
| Moyen | M1 M2 M3 | Buisson | réduit | Buissonnant | Ramifiée | Circonférence hauteur, diamètres. | Rameaux feuillus, racines. |
| Adulte | A1 A2 A3 | Arboré | unique | Étalé et ouvert | Mixte | Circonférence à 1m30cm du sol, hauteur, diamètres. | Branches feuillues, fleuries et fructifiées. Racines. |

2.3.2. Prélèvements

Les prélèvements ont été fait sur la totalité des individus échantillonnés, suivants les 4 saisons (tab 6). Les prélèvements temporels ont été répété sur les mêmes individus, reconnus grâce à leurs positions géodésiques (tab. 7).

Il faut noter que pour les plantes de la classe jeune, et du fait qu'elles ne présentent pas de ramifications racinaires, le prélèvement est destructif. Les prélèvements temporels qui suivent sont faits sur d'autres individus obéissant aux mêmes critères de classe d'âge et se situant le plus proche possible de la position géodésiques des premiers.

Tableau 6: Les périodes et dates d'échantillonnage

| Echantillonnage | Saison | Date |
|-----------------|-----------|------------|
| 01 | Automne | 25/10/2009 |
| 02 | Hiver | 23/01/2010 |
| 03 | Printemps | 24/04/2010 |
| 04 | Été | 27/06/2010 |

Les coordonnées géographiques des échantillons ont été déterminé à l'aide d'un GPS 60, et rapportés dans le tableau 7.

Tableau 7: Les coordonnées des échantillons d'*Acacia raddiana* en 2009/2010

| Classe d'âge et sujet | | Coordonnées | |
|-----------------------|---|-------------|-------------|
| | | Nord | Est |
| Jeunes | 1 | 29°58.513' | 002°19.181' |
| | 2 | 29°58.509' | 002°19.199' |
| | 3 | 29°58.510' | 002°19.181' |
| Moyens | 1 | 29°58.513' | 002°19.185' |
| | 2 | 29°58.530' | 002°19.185' |
| | 3 | 29°58.462' | 002°19.220' |
| Adultes | 1 | 29°58.462' | 002°19.105' |
| | 2 | 29°58.463' | 002°18.122' |
| | 3 | 29°58.512' | 002°19.170' |

L'étape suivante est la préparation des échantillons des feuilles -pour l'observation microscopique des stomates- les rameaux ainsi que les racines en les conservant dans l'alcool chirurgical 70° (Alcool éthylique 70%).

Parce que les folioles sont d'une taille très réduite (de moins de 5 mm), les feuilles sont souvent récoltées avec des impuretés (cristaux, membrane d'insectes,..), pour les échantillons destinés au dosage de la chlorophylle ; il faut veiller à éliminer les feuilles sèches et chlorosées dans la prise d'essai.

2.4. Méthodes et analyses

2.4.1. Matériel végétal

2.4.1.1. Mesures des paramètres dendrométriques des individus

Les mesures sur terrain concernent la circonférence, mesurée à 1 m 30 du sol sur un plan plat pour les sujets adultes. Cependant, il convient d'observer que la hauteur de 1,30 m est matériellement une hauteur satisfaisante puisqu'elle correspond à la meilleure partie, étant située en dehors de la zone d'empatement où les anomalies de structure, pourraient conduire à des résultats aberrants (BOURA et De FRANCESCHI, 2008). La hauteur est estimée à l'aide d'un équerre de menuisier en aluminium, ou en se référant à un témoin (une tarière par exemple). Les longueurs des rameaux et branches, des feuilles ainsi que les épines sont prises à l'aide d'un pied à coulisse et répertoriés au fur et à mesure (ALEXANDRE, 2002).

La détermination de l'âge des arbres à partir des cernes dans les zones tropicales s'avère une opération délicate et moins sûre (MARIAUX, 1975), (POUPON, 1977).

La circonférence du tronc de l'arbre nous guide à déterminer, à l'aide d'une formule, l'âge de la plante pour enfin assembler les individus dans des classes d'âge. C'est le critère qui a été utilisé par BARKOUDAH et VAN DER SAR (1982) pour déterminer l'âge des individus du peuplement d'*Acacia raddiana* de la région de Béni-Abbès. Le principe de la méthode, consistait à élaborer dans un premier temps une relation entre la croissance de la circonférence du tronc et le nombre de cicatrices annuelles sur les branches apicales, ensuite dans le deuxième volet introduire une donnée climatique (ici les précipitations). Etant donné que dans la nature, une averse de 13-14 mm suffirait à faire couler un Oued et alimenter les *Acacias*, les auteurs ont suggéré que la fréquence de la croissance apicale des branches d'*Acacia* sera identique à celle de l'averse supérieure à 13 mm. A Béni-Abbès, où l'étude était déroulée, le pourcentage des jours pluvieux c'est-à-dire quand la pluviosité dépassait 0.1 mm, est de 8.4. Par conséquent, la fréquence moyenne des averse est de 0.336, soit une averse tous les 2.98 ans.

Par conséquent, chaque augmentation de la circonférence d'un tronc égale à 0.874 cm, représentera 2.98 ans soit 1 cm de circonférence pour 3.4 ans. A cet effet, la formule s'écrira ainsi ;

$$\text{L'âge de l'arbre (ans)} = \text{la circonférence du tronc (cm)} \times 3.4$$

2.4.1.2. Coupes anatomiques (transversales et longitudinales) des racines, épines et branches

Des observations sur des coupes de tiges, de feuilles de plantes à fleurs, surtout quand elles sont colorées, montrent plusieurs ensembles cellulaires facilement identifiables (HOPKINS, 2003). Ce sont des tissus constitués de cellules aux tailles assez voisines et aux parois d'épaisseur et de composition proches. Les parties prélevées sont triées et conservées dans de l'alcool chirurgical à 70° (éthylène 70%).

La coloration classique des coupes au carmino-vert se fait en plusieurs étapes :

- Vidage des cellules, par de l'eau de javel (Hypochlorite de Sodium).
- Acidification, par de l'acide acétique.
- Double coloration par le carmino-vert de méthyle.
- Lavage à l'eau distillée.

Les tissus dont la membrane n'est pas encore lignifiée sont colorés en rouge, les autres en vert (GENEVES, 1962).

2.4.1.3. Observation et comptage des stomates

Chaque stomate est formé par deux cellules de garde réniformes portant un épaissement interne. Elles délimitent l'orifice de l'ostiole. Sur la cuticule de la feuille observée sous microscope, la surface est déterminée à l'aide du logiciel Motic Images. Plus 2.0, le comptage des stomates est manuel. La densité stomatique est calculée, par la suite, à l'aide d'une formule (DENDEN *et al.*, 2008).

La densité des stomates ($\text{stomate} / \text{mm}^2$) = nombre de stomates / surface.

L'observation microscopique permet aussi de définir le type d'arrangement stomatique dans les épidermes des feuilles.

2.4.1.4. Analyses physico-chimiques

Pour faciliter le broyage des échantillons, une homogénéisation par séchage à 30-40°C pendant une nuit (16 heures) sera utile.

2.4.1.4.1. La matière sèche MS

La matière sèche est définie par perte d'eau constitutive des tissus dans des conditions de température de 105° pendant 24 heures (AFNOR, 1982).

2.4.1.4.2. La matière organique MO

Les cendres brutes sont obtenues après destruction de la matière organique par incinération au four à moufles à 550°C pendant 2 à 4 heures. (AFNOR, 1977). Le pourcentage de la matière organique par rapport à la matière sèche est obtenu par soustraction.

2.4.1.4.3. Le bilan ionique (Na^+ , Ca^{+2} et K^+)

Le bilan ionique est obtenu par la méthode de Dibendetto (1997) in BOUTMEDJET (2004), par minéralisation simple, les solutions ainsi préparées seront prêtes pour le dosage par spectrométrie par émission de flamme.

2.4.1.4.4. La Chlorophylle « a » et « b »

A partir de la formule générale de la photosynthèse, il est possible d'évaluer quantitativement la photosynthèse en mesurant un de ses trois paramètres. Le CO_2 assimilé, l'oxygène ou l'eau évaporée, cette mesure n'est possible à réaliser que dans un milieu confiné. L'utilisation de la méthode de dosage de la chlorophylle s'avère la plus satisfaisante. La concentration en chlorophylle est un indicateur quantitatif de chloroplastes donc un indice sur l'activité chlorophyllienne de la plante (HELLER et *al.*, 1998), (JONES et *al.*, 2004). Elle est définie comme étant une quantité de masse par unité de masse du matériel de la plante. De ce fait, la teneur en chlorophylle est une évaluation directe de la santé de la plante et de son niveau de nutrition azotée. Généralement pour la lecture du taux de la chlorophylle, on utilise les longueurs d'onde faibles dans le cas de haute transmission, c'est le cas pour la chlorophylle a, alors que pour la chlorophylle b, on utilise des longueurs d'onde proches du rouge (JONES et *al.*, 2004).

Les feuilles sont immédiatement enveloppées, après prélèvement, dans du papier aluminium, conservées dans du papier Kraft, le tout gardées dans des sachets en plastiques.

On a utilisé la méthode d'Ekanayake et Adeleke (1996) pour le dosage de la chlorophylle. Les longueurs d'ondes 645 et 663 sont utilisées pour doser, respectivement, la chlorophylle « a » et « b » (LAHA et *al.*, 2003). La méthode consiste à peser 2 gr de matière fraîche des feuilles, les écraser dans un mortier tout en ajoutant de l'acétone dilué à 80% (pour 100 ml de solution : on ajoute 20ml d'eau distillée à 80 ml d'acétone pure), l'extrait est filtré dans un bêcher. L'opération est répétée jusqu'à épuisement des 100 ml de la solution. On prendra ensuite 5 ml du filtrat et on ajuste avec de l'acétone à 80% à un volume de 50 ml.

On procède ensuite à la lecture grâce à un spectrophotomètre à UV ; l'absorbance du chlor « a » sera prise selon l'onde 645, alors que celle de la chlor « b » sera prise selon l'onde 663.

La teneur de la chlorophylle ; exprimée en % de la matière fraîche est calculée selon les formules :

Chlorophylle a = $(20.2 \times D_{645}) \times (50/1000) \times (100/5) \times (1/2)$,

Chlorophylle b = $(8.02 \times D_{663}) \times (50/1000) \times (100/5) \times (1/2)$, dont D = absorbance lue sous la longueur d'onde. Les formules sont simplifiées comme suit:

Chlorophylle a = $10.1 \times D_{645}$, Chlorophylle b = $4.01 \times D_{663}$.

2.4.1.4.5. La matière azotée total MAT

La teneur en matière azotée totale est déterminée par la méthode de Kjeldahl (ISO ,1997). La matière organique contenue dans l'échantillon est minéralisée par l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur. L'azote organique est réduit en ammoniac sous forme de sulfate d'ammonium. L'échantillon est distillé ensuite par neutralisation avec la soude à 40 % d'hydroxyde de sodium, récupéré dans l'acide borique et titré par l'acide sulfurique 0.1 N.

2.4.2. Analyses physicochimiques du sol

Comme pour le matériel végétal sec, pour chaque analyse, chaque échantillon a subit 02 répétitions .Tous les protocoles des analyses du sol sont élaboré selon les modes opératoires AUBERT(1978), en prenant en considération les ajustements propres aux appareils de mesures.

2.4.2.1. Test du pH

Le pH est obtenu sur un extrait de pâte saturée 1/5 en eau distillée bouillie, après l'étalonnage de l'appareil à pH 4,01 et 7,01.

2.4.2.2. Mesure de la Conductivité électrique CE

Elle est déterminée sur une solution d'extraction aqueuse. Elle est exprimée en déci-siemens/mètre (dS/m), anciennement en mmho/cm dont $1 \text{ mmhos/cm} = 1 \text{ dS/m}$.

Cette mesure étant variable avec la température, de ce fait, les résultats de mesures sont exprimés à une température de 25°C, avec des corrections apportées aux mesures effectuées.

2.4.2.3. La matière sèche MS

Les résultats d'analyse des sols étant exprimés par rapport à la terre séchée à 105°, il s'avère nécessaire de déterminer la quantité d'eau (exprimé en %) retenue par la terre séchée à l'air (eau hygroscopique), de façon à pouvoir établir des comparaisons entre les différentes valeurs obtenues. Tous les résultats peuvent ainsi être rapportés à 100 g de terre séchée à 105°.

2.4.2.4. La matière organique MO

La teneur en matière organique est obtenue par calcul de la fraction perdue par calcination ou perte au feu (AUBERT, 1978).

2.4.2.5. Le bilan ionique (Na^+ , Ca^{+2} et K^+)

Les extraits 1/5 du sol sont préparés après une agitation d'environ 2 heures, on procède par la suite au dosage de Na^+ , Ca^{+2} et K^+ par une spectrophotométrie de flamme.

2.4.2.6. La matière azotée totale MAT

Elle est déterminée par la méthode de KJELDHAL. L'acide sulfurique concentré porté à ébullition, se comporte comme un oxydant, transformant ainsi l'azote organiques en azote ammoniacale. Ce dernier est fixé immédiatement par l'acide sulfurique sous forme de sulfate d'ammonium. Les substances organiques sont décomposées, le carbone se dégage sous forme de gaz carbonique, l'hydrogène donne de l'eau, et l'azote est transformé en azote ammoniacal. Les catalyseurs accroissent l'action oxydante de l'acide sulfurique. On procède ensuite à la distillation de l'azote ammoniacal après l'avoir déplacé par une solution de soude 60%.

2.4.3. Analyses statistiques

Les résultats obtenus subiront une analyse statistique ACP.

La démarche suivie au cours de notre expérimentation se résume (fig.6) dans les étapes suivantes :

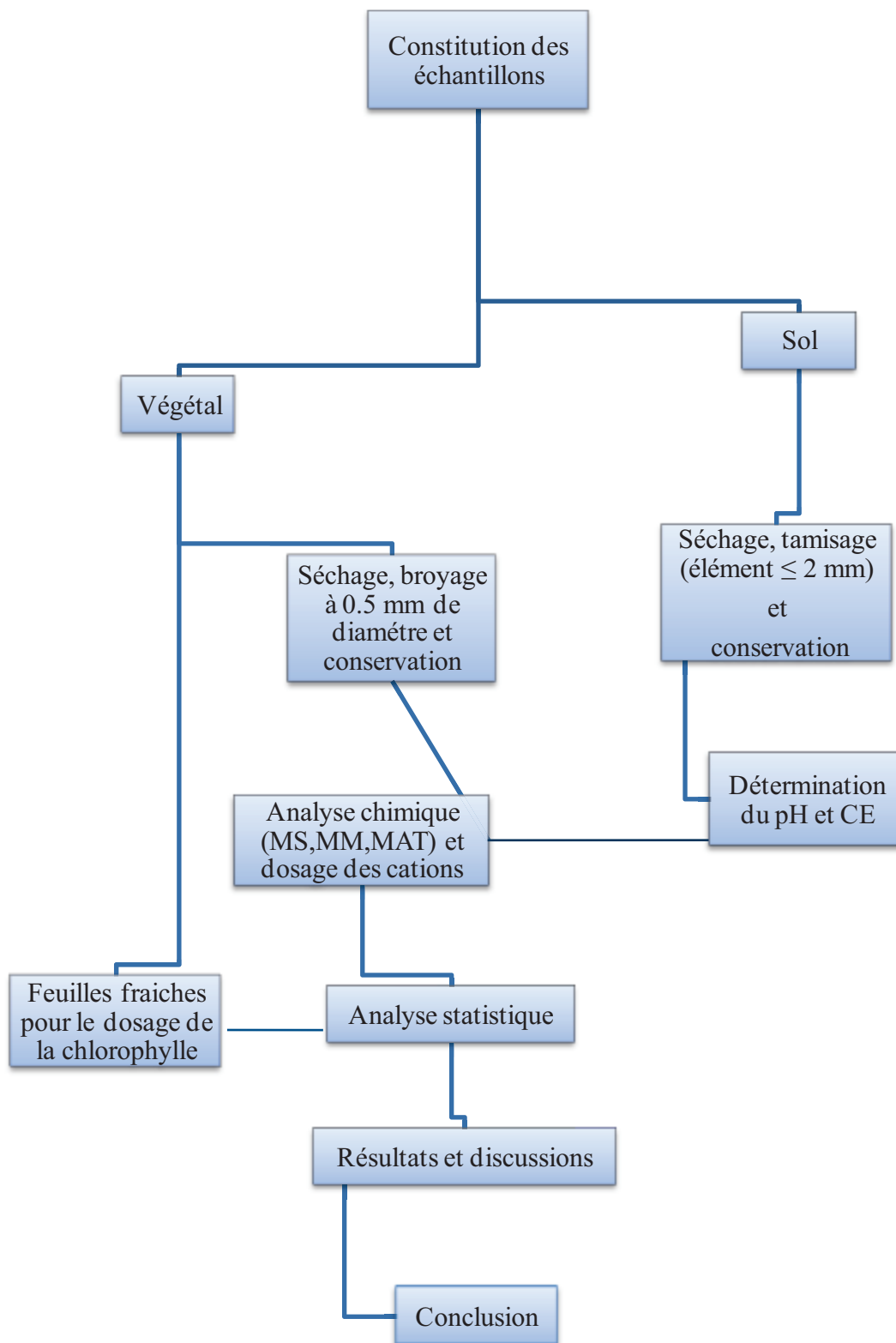


Figure 6 : Procédure expérimentale

Chapitre 3 : Résultats et discussions

3.1. Aperçu morphologique

3.1.1. Les feuilles et les épines

Les feuilles de l'espèce sont composées (photo 1), paripennées c'est-à-dire terminées par une paire de folioles opposées, comportant des rachis qui supportent des pinnules et des foliolules (photo 2). Les folioles sont obtuses, et à cause de leurs structures charnues, ne montrent pas de nervures médianes, conformément aux résultats de DOMMERGUES et *al.*, (1999) et BARKOUDAH et VAN DER SAR (1982)



Photo 1 : Feuilles bipennées d'*Acacia raddiana*

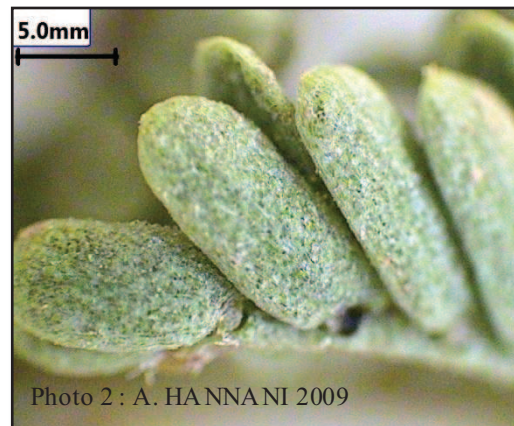


Photo 2 : Folioles d'une largeur de 3 à 7 mm (G 40)

Le mode composé de présentation des feuilles est une forme réductrice de l'espace foliaire, s'exposant aux aléas climatiques durs de la région. Les folioles ainsi que tous les organes verts de la plante sont de petites tailles, leurs épidermes sont pourvus de poils (photo 3 et 4); ceci permet une économie d'eau, ces résultats sont en accords avec ceux obtenus par DENDEN et *al.*, (2008) et SAADOUN (2005).

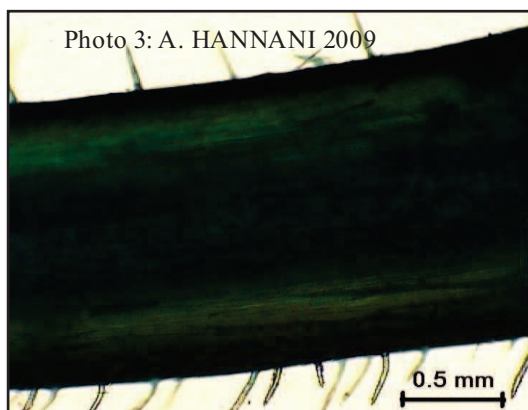


Photo 3: Poils sur épine.

Coupe longitudinale dans l'épine (G 40)



Photo 4 : Vue de surface poilue de la feuille

(G 40)

Concernant les épines, l'espèce présente des épines dès son jeune âge, elles sont longues, blanches en paire (photo 5 a,b), se disposant verticalement sur l'axe du rameau à l'instar des feuilles. Le 2^{ème} type d'épine est arqué de couleur brune, corroborant les descriptions de OZENDA (1991) et DOMMERGUES *et al.* (1999).



Photo 5a : Rameaux épineux d'*Acacia raddiana*



Photo 5b : Epines et feuilles d'*Acacia raddiana*

Elles sont de longueur variables sur la même branche, celles courtes et crochues, atteignant 5 mm de long ou longues, élancées et blanches de 1,2 à 8 voire 10 cm de long, ce qui concorde avec les mesures citées par LE FLOC'H et GROUZIS (2003), et KHAN (2006).

3.1.2. Les fleurs et inflorescences

Les fleurs sont blanches à jaunes pâles (photo 6), odorantes, groupées en glomérules sphériques (photo 8). Les fleurs sont portées par de longs pédoncules (photo 7).



Photo 6 : A. HANNANI 2009

Photo 6 : Rameaux portant des fleurs de couleur blanche (ouvertes) et jaunâtres.



Photo 7: A. HANNANI 2009

Photo 7 : Pédoncules d'inflorescences d'*Acacia raddiana*

(G 40)



Photo 8: A. HANNANI 2009

Photo 8 : Coupe longitudinale dans l'inflorescence de l'*Acacia raddiana* avec un diamètre de 2.26 cm

La fleur de l'espèce est régulière, avec une corolle à 5 pétales réduits (photo 9). Les étamines sont très nombreuses et libres entre elles (photo 10) avec des filets longs (photo 11).

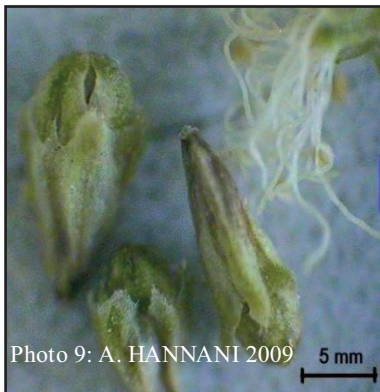


Photo 9: A. HANNANI 2009

Photo 9: Fleurs isolées (G 40)

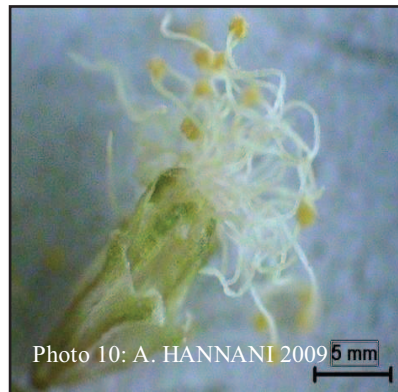


Photo 10: A. HANNANI 2009

Photo 10 : Etamines émis par une fleur d'*Acacia raddiana* (G 40)

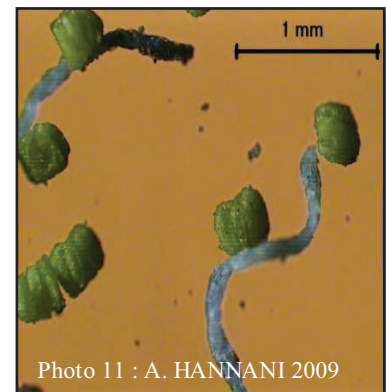


Photo 11 : A. HANNANI 2009

Photo 11 : Anthères (sacs polliniques) d'*Acacia raddiana* portés par leurs filets (G 400)

3.1.3. Les fruits et graines

Les gousses sont très allongées (photo 12a), elles sont contorsionnées ou spirales et



Photo 12a: A. HANNANI 2010

Photo 12 a



Photo 12b: A. HANNANI 2010

Photo 12 b

Photo 12 a,b : Gousses d'*Acacia raddiana* sur des rameaux feuillus

contournées sur elles mêmes (OZENDA ,1991), elles sont indéhiscentes et groupées en paquet. La largeur du fruit varie de 6-9 mm (photo 12b), (BARKOUDAH et VAN DER SAR, 1982), à 1.3 cm (LE FLOC'H et GROUZIS, 2003).

La forme de la graine est elliptique (photo 13), (AL-GOHARY et MOHAMED, 2007) et d'une couleur marron à maturité. De 0,4 à 0, 8 cm de long sur 0,3 à 0,6 cm de large. L'épaisseur est de 0, 2 à 0,3 cm - arille de 0,3 à 0,6 cm de long (LE FLOC'H et GROUZIS, 2003).

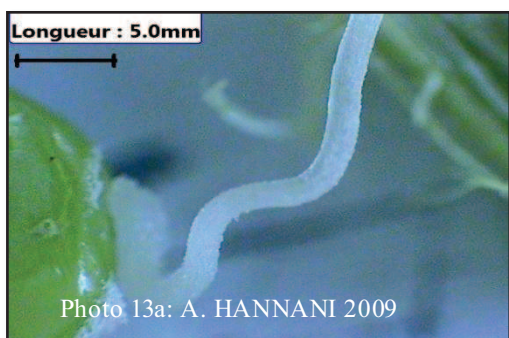


Photo 13a: A. HANNANI 2009

Photo12a : Arille d'une graine avant maturation d'*Acacia raddiana* (G 40)

Photo 13b: A. HANNANI 2009

Photo 12b : Graine mure d'*Acacia raddiana*

Les graines sont souvent attaquées par les bruches (photo 15),(DELOBEL et al.,2003),(DERBAL et al.,2007), par les insectes probablement des coléoptères du genre

Bruchidius (MUCUNGUZI, 2008),(WARD, 2009).L'arbre est sensible aux attaques des chenilles (photo 16), de coléoptères et à la rouille (DOMMERGUES *et al.*, 1999).



**Photo 14 : Gousse et graines
d'*Acacia raddiana***



Photo 15 : Graine d'*Acacia raddiana* attaquée (G 400)



**Photo 16: Larve de lépidoptère
(G 40)**

La propagation de l'*Acacia raddiana* se fait par semis de graine (ROUSSEL ,1984), (DIA, 1988), (DUCOUSSO, 1987), (DEPOMMIER, 1991), elle donne des plantes à germination épigée (photo 17).

Lorsque l'arbre est coupé, il repousse moyennement à vigoureusement. Il répond bien à la taille et à l'élagage.

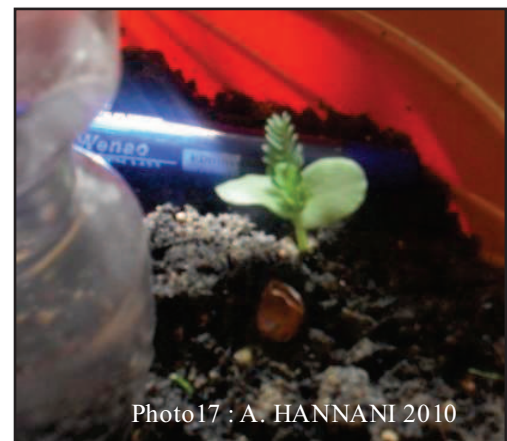


Photo17 : Graine à germination épigée

3.1.4. Le tronc

La hauteur de l'arbre dans la station d'étude peut dépasser 6 mètres, avec un tronc de 2 mètres de la région d'empatement jusqu'au début des ramifications des branches (photo 18).

L'écorce est le plus souvent rugueuse fissurée, de couleur grise ou brune rougeâtre à noirâtre (LE FLOC'H et GROUZIS, 2003).



Photo18 : *Acacia raddiana* avec un tronc de 2 m de longueur.

Il peut être unique ou double (photo 19). Il est aussi une espèce à gomme (photo 20), (LE FLOC'H et GROUZIS, 2003).



Photo 19 : Des sujets à tronc unique, et ramifié.



Photo 20 : Un tronc exudant de la gomme après une saignée naturelle.

Un tronc creux ou dépourvu d'écorce n'inhibe pas le développement de la totalité de la plante. En effet, le taxon parallèlement à d'autres espèces xérophytes présente une adaptation au déficit hydrique où chaque secteur du tronc assure l'irrigation d'une seule partie du houppier.

En s'éloignant de notre station d'étude, vers l'Ouest du lit d'Oued, des individus de grande taille existaient, parmi eux un arbre de plus de 2 m de circonférence (photo 21).



Photo 21 : Un tronc d'*Acacia raddiana* mesurant 2.4 m de circonférence

3.1.5. Les racines :

Elles sont de deux types, un de type pivotant (LOGBO et *al.*,2006), sans ramifications pour les individus de jeunes âges (BEN SALEM et *al.*, 2008) .Pour ceux de l'âge moyen le type pivotant persiste, sauf que jusqu'à une profondeur de 80 cm, les ramifications sont horizontales et de circonférences plus importantes .Les individus de la 3^{ème} classe présentent une ramification plus étendue et dans toutes les directions, la prolongation horizontale des racines secondaires en dégagant le sol a faciliter la prise des mesures de circonférence et les schématiser (fig.7).L'architecture combinée du système racinaire horizontale et verticale permet à l'arbre de coloniser le sol (LOGBO et *al.*2006), et contribuent également dans l'exploration du milieu et dans l'édification du système racinaire, ce qui donne à l'espèce son caractère phréatophyte (WARD,2009).De ce fait, un rapport très important s'établit entre la biomasse racinaire et la biomasse aérienne (DRENOU,2006).

Pour une hauteur de plante de 25 cm et une circonférence de tige de 10 cm, la racine dépassait 75cm de longueur.

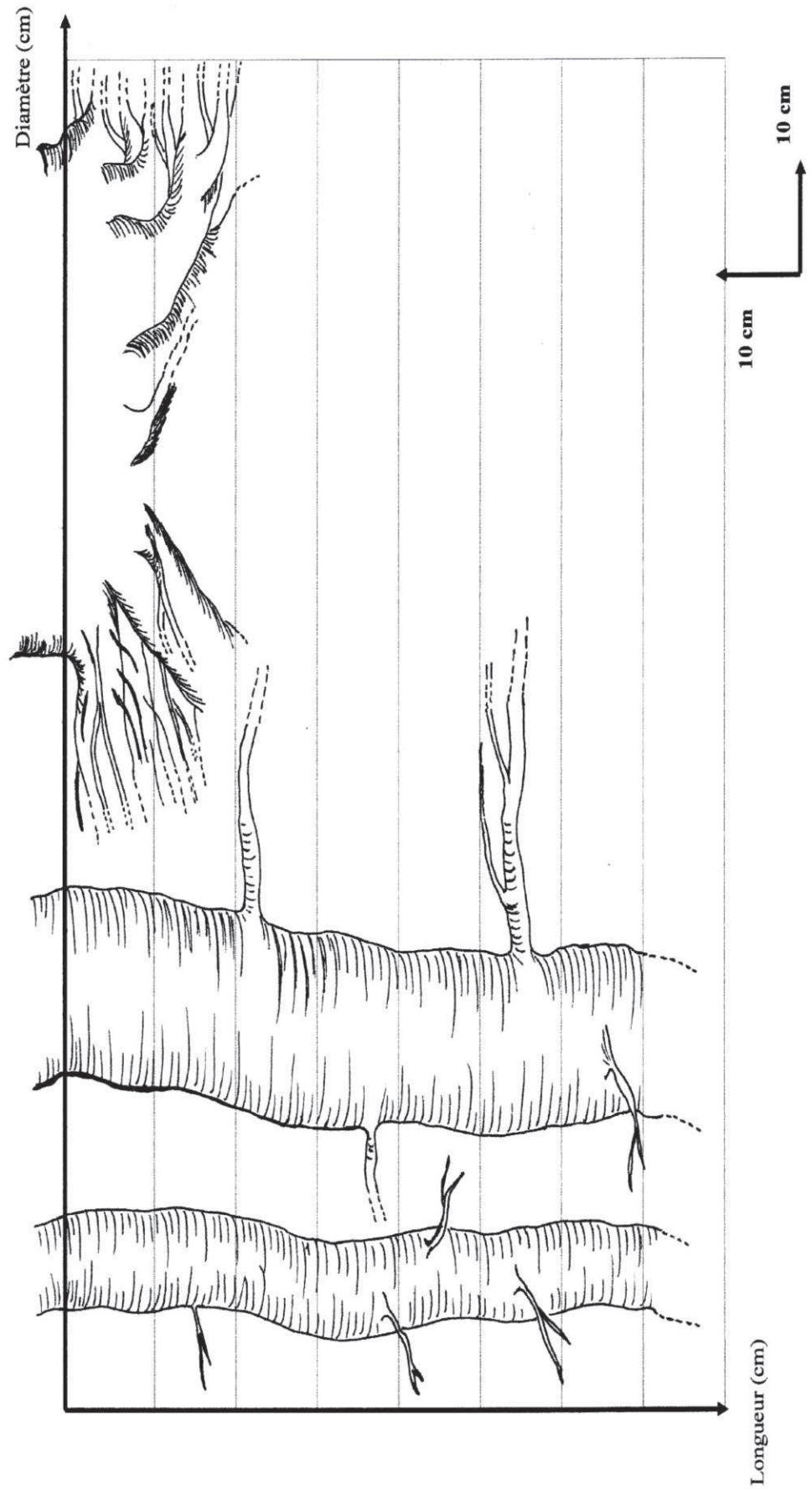


Figure 7: Profil racinaire de l'*Acacia raddiana* en fonction des 3 classes d'âge

3.2. Aperçu anatomique

3.2.1. Les feuilles

Les feuilles de l'espèce sont des feuilles amphistomatées c'est-à-dire que les stomates présents sur les deux faces (GROUZIS et *al.*, 1990). Toutefois, la face adaxiale est généralement la plus représentative de point de vue nombre.

3.2.1.1. La distribution et l'arrangement des stomates

L'accomplissement des échanges gazeux dans les plantes vasculaires ; et la régulation de l'évaporation se font au niveau des stomates. Ils sont constitués de deux cellules de garde et une ouverture anatomique appelé ostiole (fig.8), qui par ses mouvements d'ouverture et fermeture, permettent les entrées et sorties des gaz et de la vapeur d'eau. La surface moyenne des ostioles est la surface moyenne d'échange stomatique (HOPKINS, 2003).



Figure 8 : Un stomate dans un morceau d'épiderme de feuille d'*Acacia raddiana*

(G 1000)

1 : ostiole, 2 : cellules de garde, 3 : cellule épidermique, 4 : chloroplastes.

Après la réalisation des coupes, l'observation de l'organisation tissulaire sous microscope photonique nous a révélé, le type paracytique d'arrangement des cellules de garde, conformément aux descriptions de ANJUM et *al.*, (2007) basées sur les travaux de DILCHER (1974). Le type paracytique (fig. 9) ; est celui où les cellules de garde sont

accompagnées de deux cellules péristomatiques dont les axes longitudinaux sont parallèles à l'axe du stomate (ANJUM et *al.*,2007). Ces catégories d'arrangement reflètent le caractère xérophyte de l'espèce (KADI-BENNANE et *al.*,2003). Le même type d'arrangement a été signalé dans l'étude de 23 espèces d'*Acacia* australiennes par PETTIGREW et WATSON (1973).

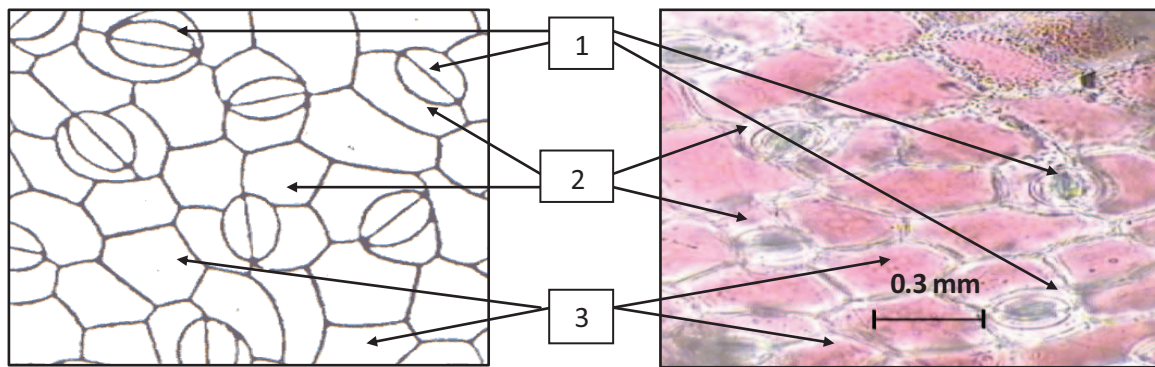


Figure 9a: Schéma du type paracytique des stomates (M.L.A, 1999)

Figure 9b : Coupe d'épiderme d'une feuille d'*Acacia raddiana* (G 400)

1 : stomates, 2 : cellules de garde, 3 : cellules épidermiques

3.2.1.2. La densité stomatique

Le calcul de la densité stomatique par mm^2 est effectué pour chaque individu. Un seul résultat est pris pour chaque feuille, car cette dernière est totalement endommagée après chaque manipulation. Les résultats de la densité stomatique sont rapportés dans le tableau 6.

La densité moyenne calculée (tab.6), varie de 3 à 3.33 stomates / mm^2 sur l'ensemble des individus et selon les âges pendant les saisons de l'année de l'échantillonnage. Cette densité est comparable à celle de *limoniastrum guyonianum* dans la région de Ouargla (SLIMANI, 2008).

Tableau 8: Les densités stomatiques (stomate/mm²), suivant les âges et les saisons .

| Echantillon | Saison | | | |
|-------------|---------|-------|-----------|-----|
| | Automne | Hiver | Printemps | Eté |
| J1 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| J2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| J3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Moyenne | 3 | 3 | 3 | 3 |
| M1 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| M2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| M3 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| Moyenne | 3 | 3.33 | 3 | 3 |
| A1 | 3 | 3 | 3 | * |
| A2 | | 3 | 3 | * |
| A3 | 3 | 3 | 3 | * |
| Moyenne | 3 | 3 | 3 | * |

(*) : Correspond au stade de défeuillaison du taxon durant la période estivale.

A titre d'exemple, la densité stomatique moyenne chez les plantes cultivées est de 131 chez le pêcher, 127 chez le poirier et 330 chez le pommier (DENDEN *et al.* 2008). Comparativement aux arbres sahariens, le nombre de stomates par unité de surface chez *Pistascia terebinthus* est de 510.8/mm² alors que chez *Pistascia atlantica*, elle est de 439.81 /mm² (ÖZEKER et MISIRLI,2001). Ainsi concernant le genre *Acacia*; ASAKAWA et HARAYAMA (1990) ont rapporté que *Acacia nilotica* présente la plus haute densité stomatique par mm² avec 284, en la comparant à celles de *Acacia albida* 280, *Acacia abyssinica* 248, *Acacia tortilis* 230, *Acacia polyacantha* 214, et *Acacia xanthophloea* 158. Ces 6 espèces d'origine Africo-tropicales ont été cultivé sous serre.

Il a été signalé que la densité stomatique est influencée par les conditions climatiques et édaphiques du biotope, ce fait est démontré avec les espèces du genre *Pistacia* où les auteurs ont trouvé une corrélation entre la densité stomatique et le degré d'aridité de la station (KADI-BENNANE *et al.* 2003). Cependant, concernant les échantillons effectués, on a

constaté que ni l'âge de la plante ni la saison n'avaient un effet sur la densité de stomates de la feuille. Il est probable que la faible densité des stomates 03 st/mm^2 est effectivement liée au biotope aride mais contrairement à ceux cités ci dessus, la plante par cette stratégie, diminue la perte en eau par évaporation, favorisée par la perte saisonnière du feuillage et par conséquent la réduction de la conductance stomatique, qui contribuent à une diminution de l'intensité transpiratoire (LE FLOCH et GROUZIS, 2003).

3.2.1.3. L'organisation tissulaire de la feuille

La figure 10 met en évidence une cuticule qui garnit les cellules épidermiques de la feuille. Les cellules palissadiques riches en chloroplastes constituent un tissu volumineux, alors que le tissu spongieux est de proportion faible.

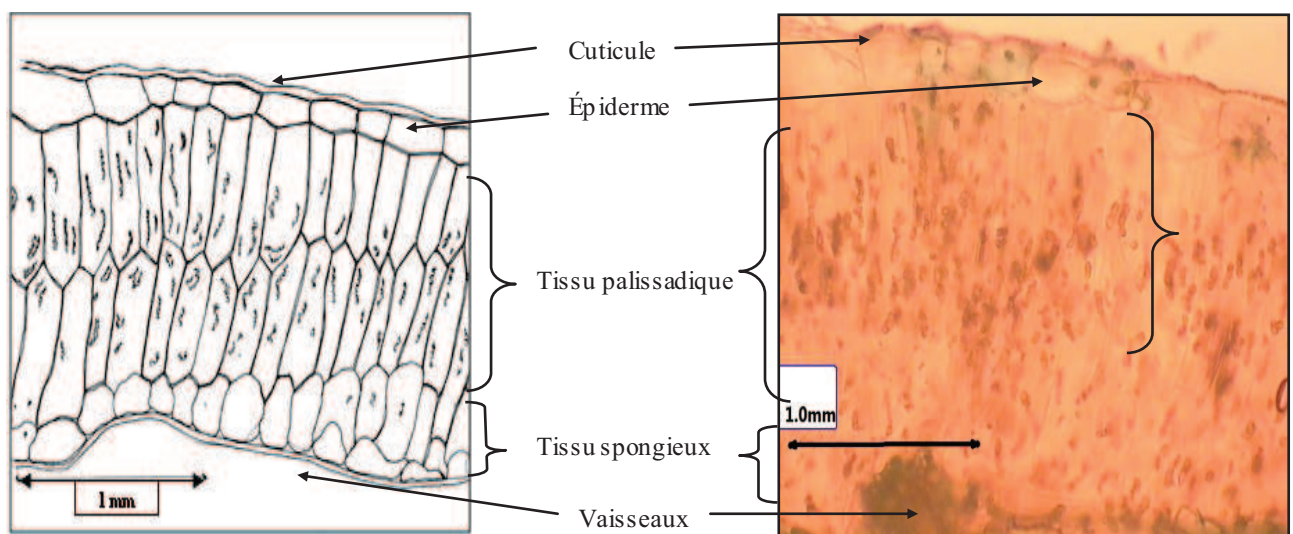


Figure 10 : Coupe transversale dans la feuille d'*Acacia raddiana*

Ce sont les caractéristiques anatomiques intermédiaires des feuilles xérophytes à voie photosynthétique C3 et C4 (ABULFATIH, 2003).

3.2.2. Les branches

Les plantes vasculaires s'alimentent en eau par le biais des éléments de vaisseaux, principales cellules conductrices de l'eau. Il est considéré que le transport de l'eau est plus efficace par les vaisseaux que par les trachéides (RAVEN et *al.*, 2000). Par conséquent le nombre et la dimension de ces éléments peuvent refléter le degré d'adaptation de l'espèce. L'anatomie du bois est une source d'information caractéristique du taxon (MILLER, 1980). Sur la figure 11 on observe clairement les cellules parenchymateuses associées aux vaisseaux, les zones sombres ont un parenchyme moins dense alors que les zones claires, ont un parenchyme abondant où les cellules sont petites et moins différenciées, ceci est conforme aux travaux de MARIAUX (1975).

Les vaisseaux du xylème secondaire ou bois de l'espèce étudiée sont du type annulaire conformément aux travaux de SPERANZA et CALZONI (2005), par conséquent on caractérise son xylème par bois à pores annulés, la répartition des vaisseaux est discontinue et fragmentaire. La richesse du bois en anneaux indique une production efficace au printemps ou en saison humide. En revanche, dans les zones à déficit hydrique, cette production est indépendante des précipitations. En effet, les coupes anatomiques de la branche au printemps et en été (fig.11), révèlent une production en cellules parenchymateuses tout au long de l'année.

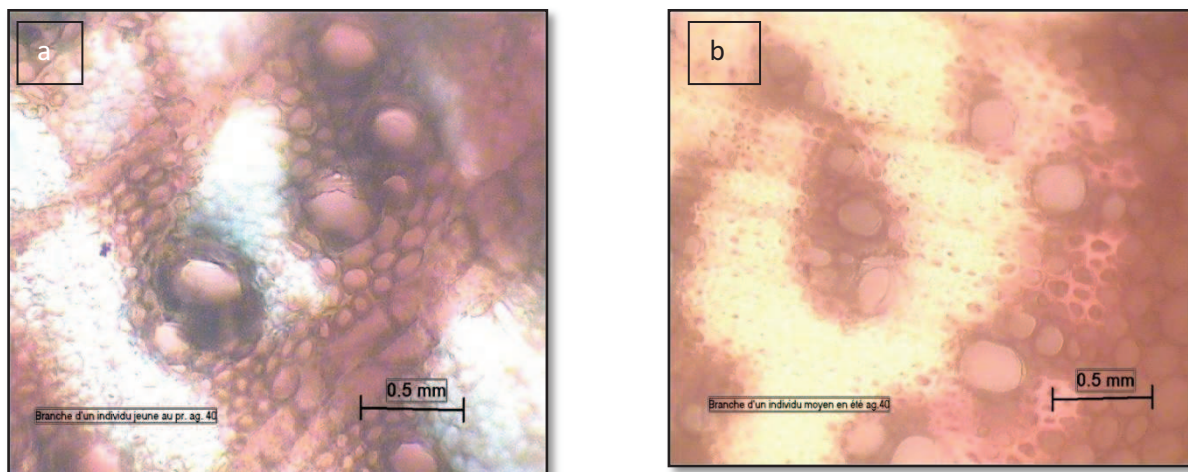


Figure 11 : Coupe transversale dans une branche d'un individu jeune au printemps (a) et en été (b)

Les épaisissements des parois varient de 20 à 34 μm (fig.12) .Les coupes transversales dans les branches (fig.13), montrent un durcissement de l'écorce ainsi que pour les vaisseaux. Le nombre des vaisseaux varie inter-individuellement allant de 2 à 8

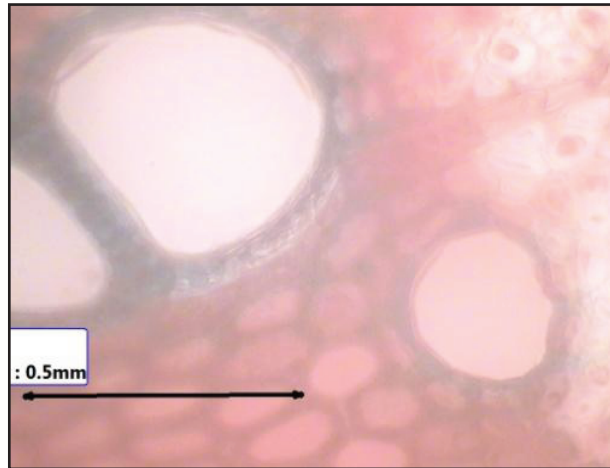
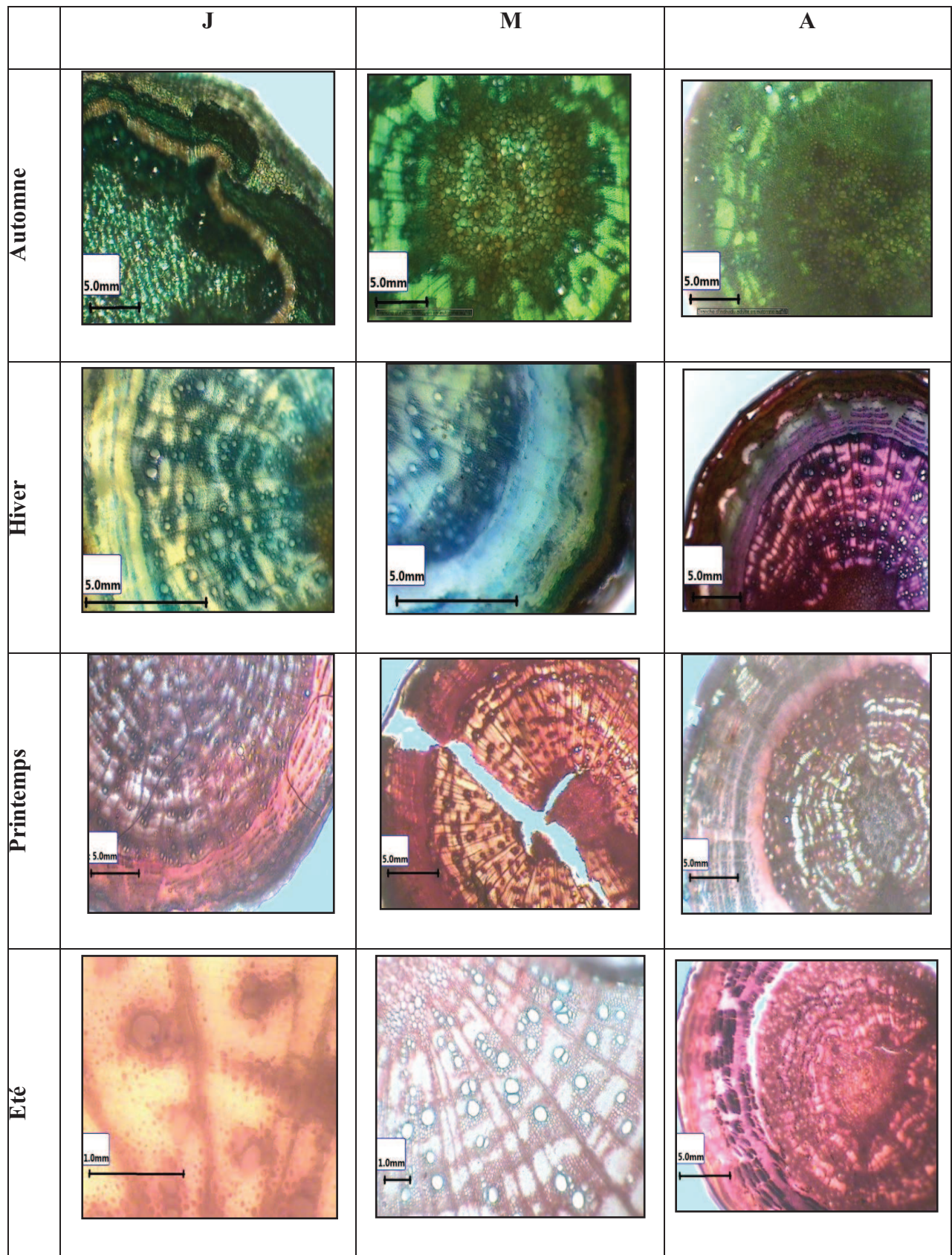


Figure 12 : La paroi d'un vaisseau dans une coupe transversale de branche d'*Acacia raddiana*

vaisseaux/ mm^2 , sachant que les travaux menés sur cette espèce indiquent que le nombre varie de 2 à 3 vaisseaux/ mm^2 , dans de très anciens fragments tissulaires (CARTWRIGHT et TAYLOR, 2008) et de 5 à 20 vaisseaux/ mm^2 concernant des fragments tissulaires d'espèces « In Vivo » (NCSU, 2010).

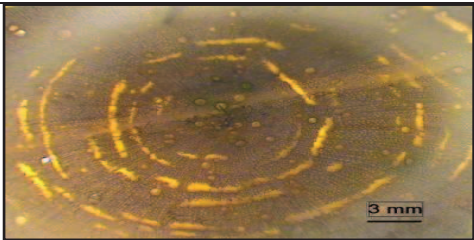
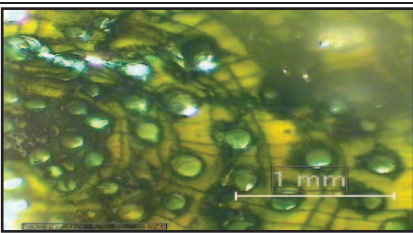
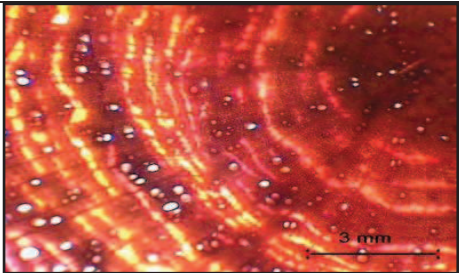
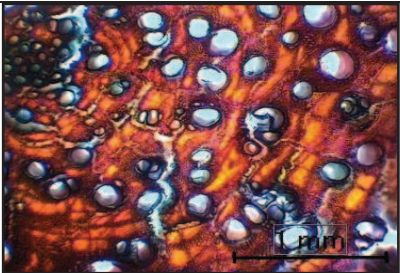
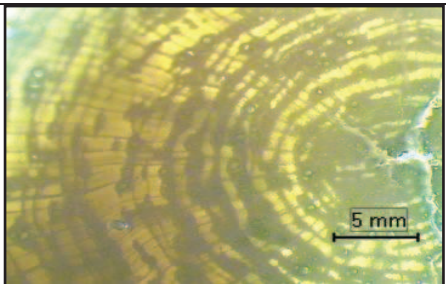
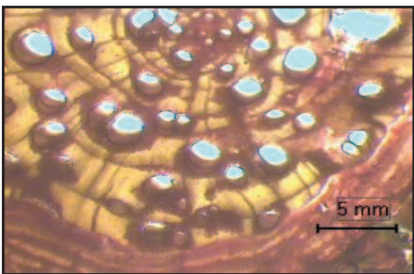
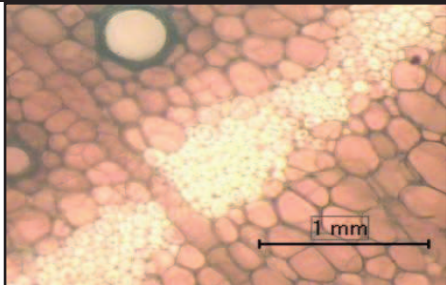
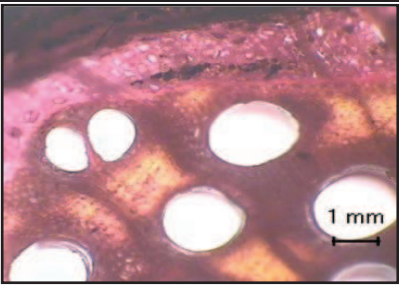
Figure 13 : Coupes transversales des tiges (branches) en fonction de l'âge de l'individu et de la saison.



3.2.3. Les racines

Les racines renferment un nombre plus important de pores (fig.14) qui sont les éléments essentiels du transit de la sève brute. Leur diamètre varie de 0.1 à 0.3 mm. Ce model de perforations permet une meilleur succion de l'eau. En effet, il est indiqué que les vaisseaux de gros diamètres sont du type parfait où les parois transversales de nature cellulosique ont disparu (GENEVES, 1962).

Figure 14 : Coupes transversales des racines selon l'âge de l'individu et la saison

| | J | A |
|-----------|---|--|
| Automne |  |  |
| Hiver |  |  |
| Printemps |  |  |
| Été |  |  |

Comme les vaisseaux, les trachéides (fig. 15) constituent les cellules conductrices du xylème, responsable de la conduite de la sève brute.

Comme pour les autres plantes vasculaires, ces épaissements entourant les parois permettent la continuité de leur fonction après leur mort. Les trachéides assurent la préservation des parois transversales.

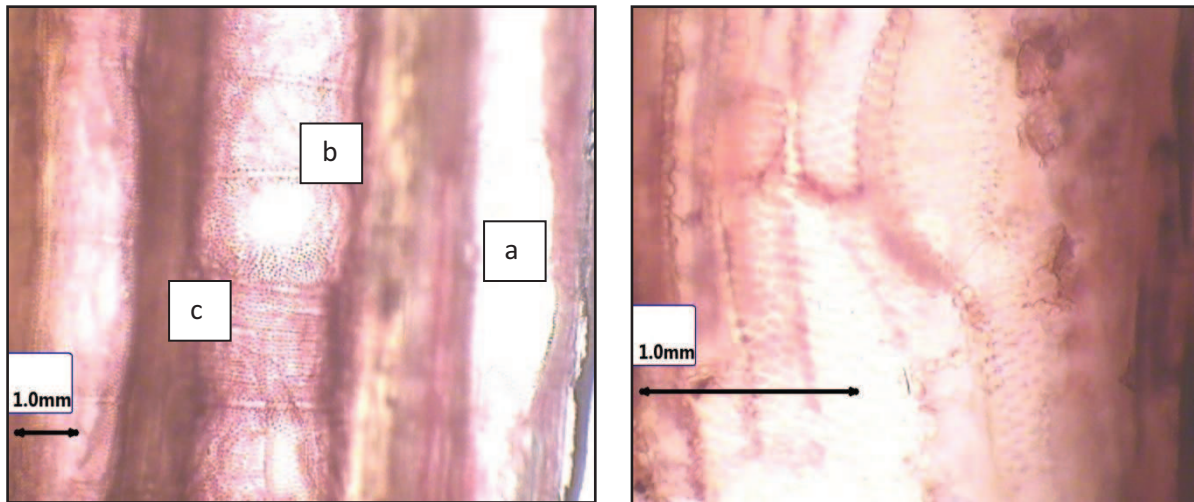


Figure 15 : Coupes longitudinales dans une racine d'*Acacia raddiana*

La coupe transversale met en évidence la structure en forme cylindrique du bois. Sur la figure à gauche, on peut distinguer la lumière du vaisseau (a) et les parois perforées (b) et le parenchyme axial (c), ce dernier assure en plus de sa fonction physique de soutien, l'infiltration en cellules vivante de la masse du bois qui est constitué de cellules mortes. Les parois des vaisseaux de la racine, comme celles des branches, sont durcies (fig. 16). Son épaisseur varie de 30 à 49 μm .

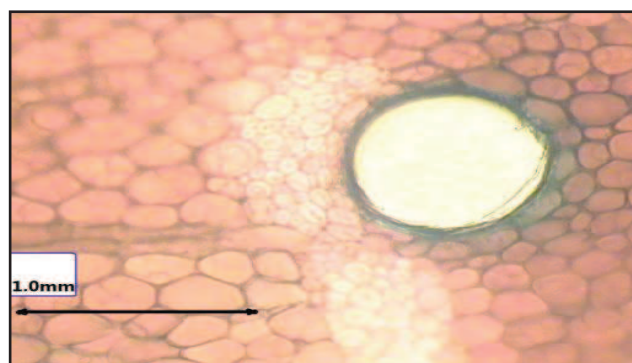


Figure 16 : La paroi d'un vaisseau dans une coupe transversale de racine d'*Acacia raddiana*

3.3. Aperçu chimique

3.3.1. Dosage de la chlorophylle « a » et « b »

Les valeurs de la chlorophylle analysées varient de 0.3 à 2.06 mg/g de MF (fig. 17). Par ailleurs, le taux peut varier de 0.7 à 1.6 mg/g de MF (LAHAI et *al.*, 2003), le taxon présente une teneur importante en chlorophylle « a » au dépend de la chlorophylle « b », ce qui peut mettre en évidence l'efficacité photosynthétique dans les conditions naturelles en valorisant le type « a ». En se référant à la présentation, la teneur en chlorophylle est légèrement plus importante durant la saison printanière et estivale chez l'ensemble des individus.

Ces valeurs ont été soumises à une analyse de composante principale pour identifier l'individu et la saison qui a caractérisé le mieux l'activité photosynthétique des échantillons.

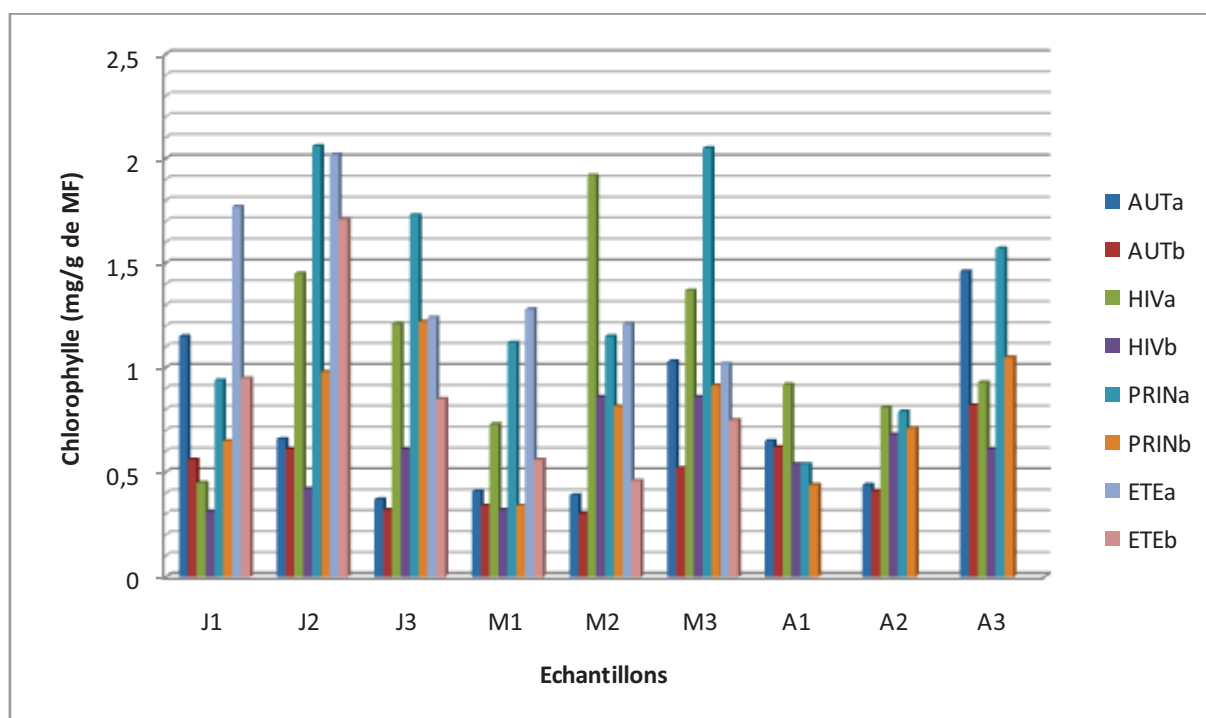


Figure 17 : Variation spatio-temporelle de la chlorophylle a et b

Les valeurs propres sont essentiellement portées par les premiers axes factoriels ; ainsi F1 et F2 absorbent 92.14% de l'inertie totale. Les variables «HIV a », « PRINT a », «PRINT b », « ETE a », « ETE b » qui sont bien corrélées à l'axe F1, donnent le maximum d'information suivies de ceux de « AUT a » et « AUT b » qui sont corrélées à l'axe F2, par contre la plus faible des informations est fournie par « HIV b » (fig.18).

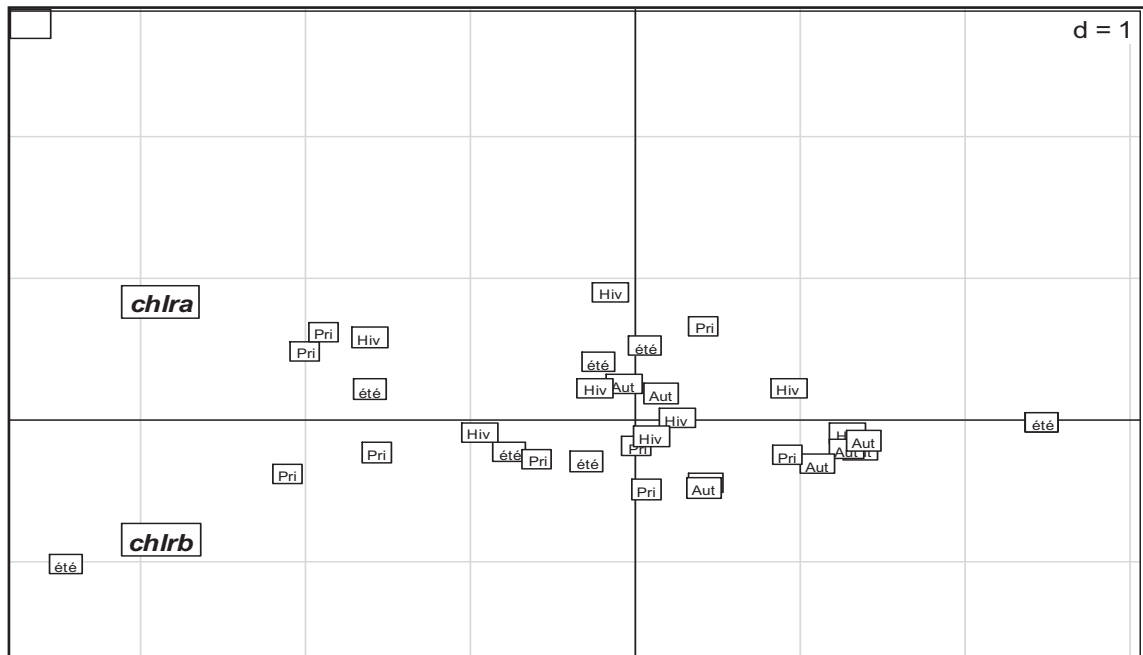


Figure 18 : Représentation superposée de la chlorophylle (a et b) et les saisons sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP (Axe 1 = 92.14 % d'inertie, axe 2 =7.86%).

Concernant les contributions des individus des 3 classes d'âge, l'analyse fait ressortir que les échantillons de J2,J3,J3,M2,M3,et A3 sont corrélés à l'axe F1,ceux de M2,A1 et A2 sont corrélés à F2. La représentation graphique (fig.19), indique une distribution des variables sur les deux axes, ce qui permet de se rendre compte de l'opposition des teneurs de la chlorophylle « a » et « b » .

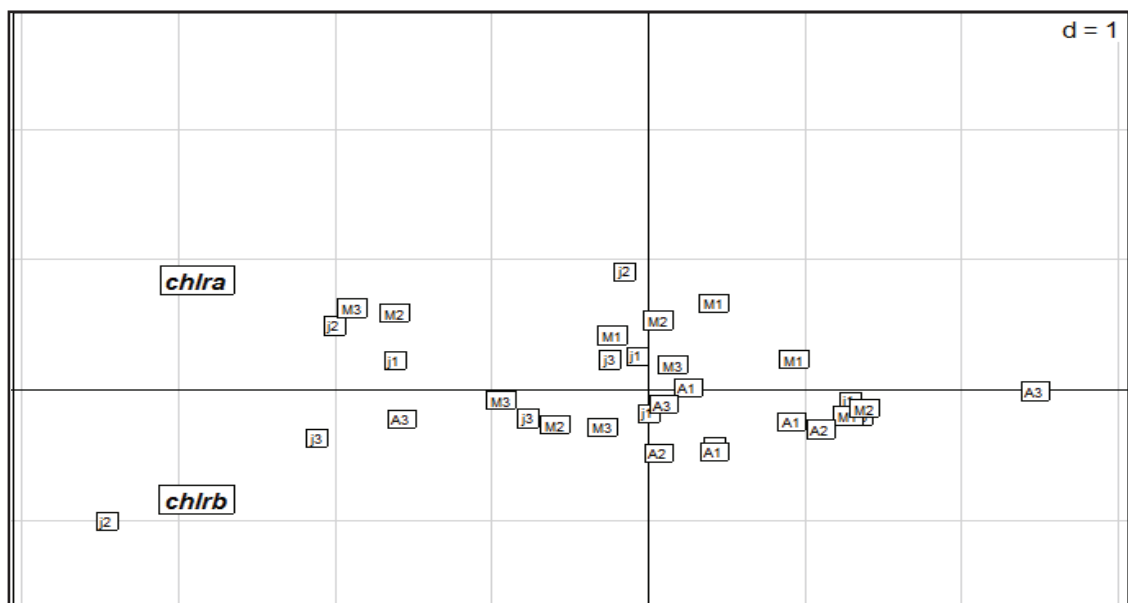


Figure 19 : Représentation superposée de la chlorophylle (a et b) et des échantillons sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP (Axe 1 = 92.14 % d'inertie, axe 2 =7.86%).

Une représentation en CAH a été réalisée sur les coordonnées des échantillons sur les axes factoriels 1-2 de l'ACP : fait apparaître trois groupes (fig.20).

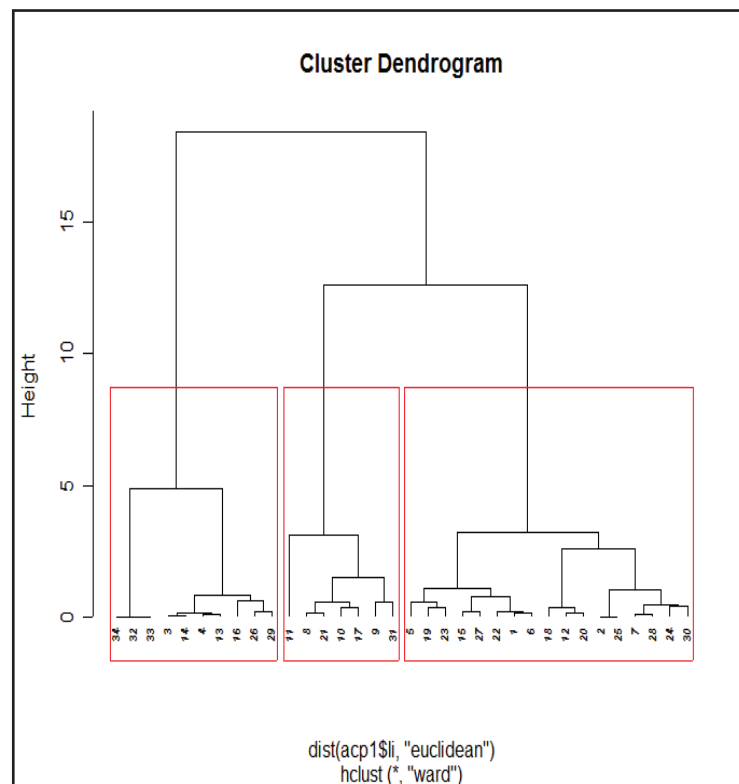


Figure 20: Dendrogramme de le CAH sur les coordonnées des échantillons sur les deux premiers axes de l'ACP en fonction de l'âge et la saison.

En général les classes sont constituées des trois groupes suivants ;

Le premier groupe comprend les échantillons présentant un potentiel photosynthétique élevé avec une teneur moyenne de 1.423 et 00.88 respectivement pour la chlorophylle « a » et « b » (variant de 1.02 à 2.02mg / g de MF pour la chlor « a » et de 0.46 à 1.71 mg/g de MF de chlor « b »).

Le deuxième groupe comprend les échantillons présentant un potentiel photosynthétique faible avec une teneur moyenne de 1.088 et 00.579 respectivement pour la chlorophylle a et b (variant de 1.92 à 0.45mg / g de MF pour la chlor « a » et de 0.86 à 0.31 mg/g de MF de chlor « b »).

Le troisième groupe comprend les échantillons présentant un potentiel photosynthétique moyen avec une teneur moyenne de 0.729 et 0.5 respectivement pour la

chlorophylle « a » et « b » (variant de 0.37 à 1.46 mg / g de MF pour la chlor « a » et de 0.3 à 0.82 mg/g de MF de chlor « b »).

L'axe F2 (fig.21 et 22), présente une relation étroite entre l'individu A3 avec la chlorophylle « a » et « b » pendant la saison automnale, ce qui permet de dire que le rendement de la chlorophylle est très significatif pour la classe d'âge adulte en automne ; c'est la saison qui coïncide avec la phase de fructification.

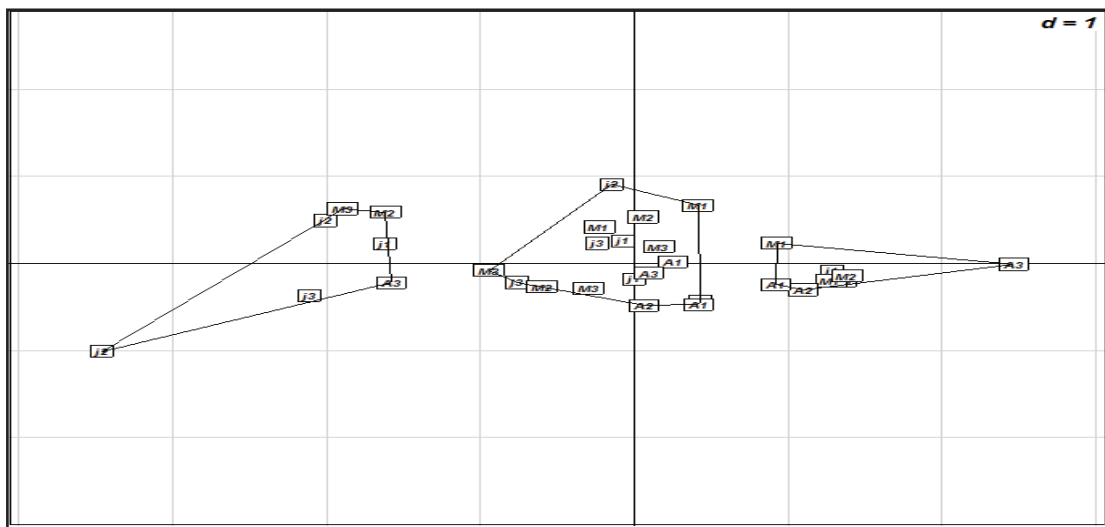


Figure 21 : Représentation des échantillons sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP (Axe 1 = 92.14 % d'inertie, axe 2 = 7.86%).

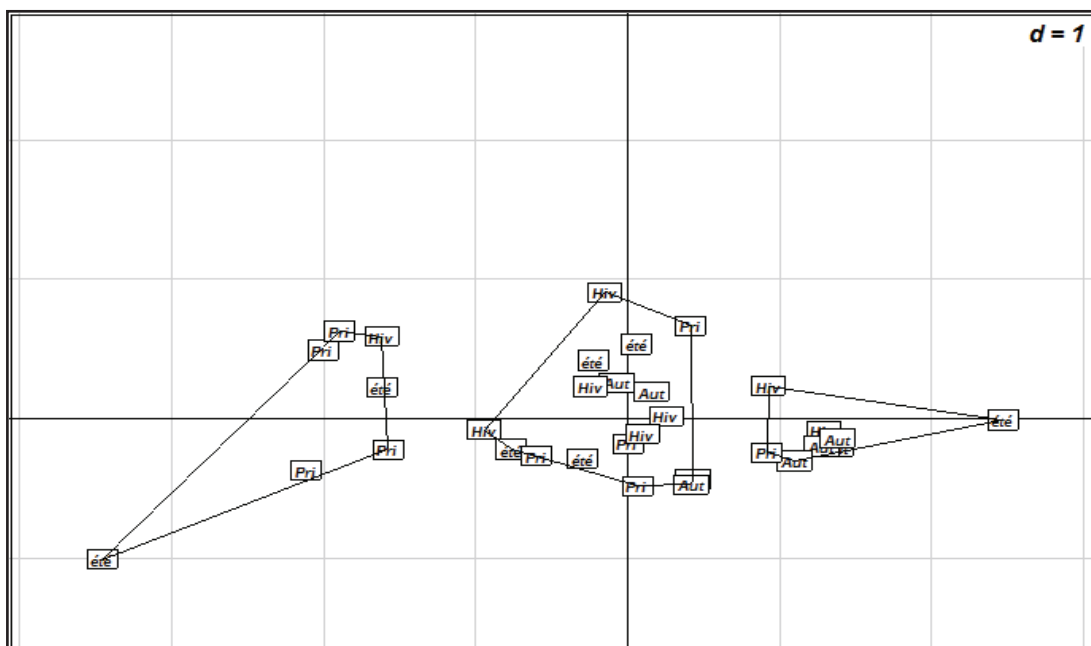


Figure 22 : Représentation des saisons sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP (Axe 1 = 92.14 % d'inertie, axe 2 = 7.86%).

Durant la saison estival, l'*Acacia raddiana* perd ses feuilles, conformément au comportement d'*Argania spinosa*, arbre thermophile et xérophile, en résistant aux périodes de sécheresse et aux effets desséchant du vent (BERKA et al. 2009). Notant que la période de prélèvement qu'on a effectué en Juin, était précédé d'une longue période de sécheresse (environ 8 mois où le cumul de pluviométrie enregistré ne dépassait guère les 2.05 mm).

En effet, la défeuillaison du taxon est liée à un caractère arido-actif de la plante, par conséquent à l'échelle de l'houppier de l'arbre, la poursuite de la feuillaison est dépendante des pluies, quand à son déclenchement ; il en est indépendant (GOUDIABY, 2003).

3.3.2. Analyse physico-chimique spatio-temporelle du matériel végétal et du sol

3.3.2.1. La matière sèche et la matière minérale du végétal

Le calcul de la fraction de MS peut représenter l'état générale de l'individu de part son métabolisme, c'est-à-dire son rendement global en biomasse. Les teneurs en MS% et MM% sont rapportés dans le tableau 8.

La teneur en MS varie de 88.79% à 97.93% (tab.9), Le rendement saisonnier présente une croissance ascendante débutant par l'automne, et a enregistré une chute durant l'été causé par la défeuillaison, le rendement continue son ascendance pour les autres organes. Concernant le rendement par âge, celui des individus du moyen âge montre une supériorité du taux de MS toute partie comprise, suivi par ceux des jeunes et les adultes qui présentent la moins importante. Le constat est, peut être, dû à la partie racinaire accommodée qui assure une bonne alimentation des tissus en eau.

Le rendement global de la MS est considérable (supérieur à 88.79%) en le comparant aux résultats de TAPSOBA (2001) qui note un taux de 500g/kg concernant *Acacia senegal*, la teneur de la MS des plantes ligneuses et herbacées reflètent un rendement plus ou moins comparables aux résultats obtenus (LONGO et al., 2007).

Le rendement global en cendre durant l'été est le plus important (8.21 %), suivi de ceux de l'hiver (7.33%), du printemps (7.03%) alors que celui de l'automne est de 6.26%. PELLEW (1980), déclare l'effet de l'âge sur la teneur en cendre des feuilles et jeunes pousses, elle oscille entre 5.3 % et 10.5% de la MS.

Tableau 9 : Les teneurs moyennes saisonnières de la MS (%), MM (%) et la MO (%) des organes selon l'âge

| Individus | Organe | AUTOMNE | | | HIVER | | | PRINTEMPS | | | ÉTÉ | | |
|-----------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | MS | MM | MO | MS | MM | MO | MS | MM | MO | MS | MM | MO |
| J1 | Feuille | 93.96 | 11.23 | 88.77 | 95.01 | 7.11 | 92.89 | 93.36 | 7.74 | 92.26 | 93.55 | 13.54 | 86.46 |
| | Branche | 93.56 | 3.69 | 96.31 | 94.64 | 2.29 | 97.71 | 95.25 | 6.65 | 93.35 | 93.10 | 5.22 | 94.78 |
| | Racine | 93.75 | 4.52 | 95.48 | 94.24 | 4.90 | 95.10 | 97.24 | 7.50 | 92.50 | 95.36 | 13.29 | 86.71 |
| J2 | Feuille | 94.04 | 7.92 | 92.08 | 91.86 | 6.71 | 93.29 | 93.77 | 8.58 | 91.43 | 97.93 | 17.42 | 82.58 |
| | Branche | 93.00 | 7.21 | 92.79 | 94.02 | 5.22 | 94.79 | 95.00 | 8.15 | 91.85 | 97.02 | 6.77 | 93.23 |
| | Racine | 92.98 | 7.86 | 92.15 | 93.85 | 5.84 | 94.16 | 96.52 | 4.95 | 95.05 | 94.83 | 13.58 | 86.42 |
| J3 | Feuille | 93.11 | 6.22 | 93.78 | 91.92 | 14.22 | 85.78 | 94.30 | 7.86 | 92.14 | 92.38 | 11.26 | 88.74 |
| | Branche | 93.97 | 4.86 | 95.14 | 94.70 | 1.84 | 98.16 | 96.19 | 7.09 | 92.91 | 94.67 | 6.88 | 93.12 |
| | Racine | 91.40 | 8.57 | 91.43 | 95.55 | 7.65 | 92.35 | 96.00 | 3.92 | 96.08 | 95.40 | 12.21 | 87.79 |
| M1 | Feuille | 89.10 | 10.38 | 89.62 | 92.77 | 13.25 | 86.75 | 95.54 | 7.96 | 92.04 | 93.29 | 12.32 | 87.68 |
| | Branche | 94.61 | 3.33 | 96.67 | 94.72 | 2.32 | 97.68 | 94.37 | 7.40 | 92.60 | 96.31 | 7.31 | 92.69 |
| | Racine | 95.02 | 6.20 | 93.80 | 93.85 | 4.09 | 95.91 | 95.83 | 9.29 | 90.71 | 95.19 | 5.83 | 94.17 |
| M2 | Feuille | 95.00 | 7.98 | 92.02 | 93.44 | 10.05 | 89.95 | 96.46 | 8.49 | 91.52 | 95.39 | 12.39 | 87.61 |
| | Branche | 95.45 | 5.92 | 94.08 | 94.36 | 6.72 | 93.29 | 95.12 | 8.75 | 91.25 | 96.66 | 6.21 | 93.79 |
| | Racine | 93.02 | 6.32 | 93.68 | 94.84 | 6.60 | 93.40 | 97.37 | 8.95 | 91.06 | 92.74 | 6.45 | 93.55 |
| M3 | Feuille | 93.15 | 9.43 | 90.57 | 91.91 | 11.22 | 88.78 | 92.40 | 9.35 | 90.66 | 94.68 | 10.75 | 89.25 |
| | Branche | 92.82 | 5.01 | 94.99 | 94.44 | 8.96 | 91.04 | 95.29 | 6.86 | 93.14 | 96.97 | 10.38 | 89.62 |
| | Racine | 92.26 | 6.27 | 93.73 | 94.04 | 8.02 | 91.98 | 96.99 | 6.39 | 93.61 | 94.91 | 5.00 | 95.00 |
| A1 | Feuille | 92.73 | 6.56 | 93.44 | 90.57 | 8.65 | 91.35 | 93.21 | 10.41 | 89.59 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Branche | 91.26 | 5.44 | 94.56 | 94.10 | 8.89 | 91.12 | 96.49 | 8.58 | 91.42 | 95.03 | 9.51 | 90.49 |
| | Racine | 93.29 | 6.76 | 93.24 | 93.33 | 4.20 | 95.80 | 96.05 | 9.51 | 90.49 | 94.68 | 5.48 | 94.52 |
| A2 | Feuille | 91.16 | 10.21 | 89.79 | 92.28 | 11.92 | 88.08 | 92.72 | 3.87 | 96.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Branche | 91.71 | 7.50 | 92.50 | 94.75 | 8.35 | 91.65 | 95.72 | 6.71 | 93.29 | 97.05 | 10.71 | 89.29 |
| | Racine | 90.56 | 6.11 | 93.89 | 95.24 | 7.32 | 92.68 | 95.49 | 2.35 | 97.65 | 94.97 | 5.94 | 94.06 |
| A3 | Feuille | 93.20 | 2.65 | 97.36 | 92.34 | 8.80 | 91.20 | 94.21 | 2.19 | 97.81 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Branche | 96.13 | 6.51 | 93.49 | 94.25 | 7.42 | 92.58 | 95.24 | 4.39 | 95.61 | 94.15 | 7.91 | 92.09 |
| | Racine | 88.79 | 5.21 | 94.80 | 92.07 | 5.99 | 94.02 | 94.68 | 6.19 | 93.82 | 94.81 | 5.38 | 94.62 |

La teneur du sol en matière organique est un indicateur important de sa potentialité à la formation des agrégats et par conséquent de sa structure (tab.10).

Tableau 10: Les teneurs en MS et MO en % de la MS des sols en fonctions des saisons

| | MS% | | | | MO% de la MS | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|--------------|------|------|------|
| | AMS | HMS | PMS | EMS | AMO | HMO | PMO | EMO |
| J1 | 99.22 | 99.55 | 99.88 | 99.83 | 2.45 | 1.13 | 0.59 | 0.24 |
| J2 | 99.73 | 99.79 | 99.82 | 99.81 | 3.36 | 1.16 | 0.19 | 0.23 |
| J3 | 99.83 | 99.79 | 99.83 | 99.85 | 2.49 | 1.12 | 0.14 | 0.26 |
| M1 | 99.71 | 99.90 | 99.74 | 99.88 | 2.04 | 1.22 | 0.11 | 0.25 |
| M2 | 99.73 | 99.83 | 99.89 | 99.58 | 1.43 | 1.21 | 0.32 | 1.35 |
| M3 | 99.77 | 99.78 | 99.90 | 99.88 | 1.84 | 1.76 | 0.81 | 0.19 |
| A1 | 99.38 | 99.75 | 99.45 | 99.74 | 2.37 | 2.62 | 0.26 | 0.50 |
| A2 | 99.71 | 99.59 | 92.24 | 99.72 | 1.72 | 2.16 | 0.20 | 0.28 |
| A3 | 99.67 | 99.79 | 99.85 | 99.78 | 1.22 | 1.62 | 0.40 | 0.40 |

A : automne , H : hiver , P : printemps , E : été.

3.3.2.2. Les composés organiques du végétal et du sol

Les teneurs des organes en matières organiques varient de 82.58 à 97.71 % pour le végétal tout organe compris, et de 0.11 à 3.36 % de MS pour le sol, alors que leurs teneurs en matière azotée totale, elle est de 1.78 à 9.15 % de la MS pour le végétal et de 0.09 à 0.19 % de MS pour le sol.

La représentation graphique en box plot de la MO et la MAT des organes de la plante et du sol au voisinage de ces échantillons (fig.23) montre une variabilité très nette entre ces deux composantes d'une part et entre la MO des organes et celle du sol d'une autre part.

Sachant que les zones arides sont déficitaires en MO, il peut être envisageable de dire que la rhizosphère des plantes adultes, par rapport à celle des plantes jeunes, peut influencer positivement la teneur en MO et par voie de conséquence sur l'activité biologique.

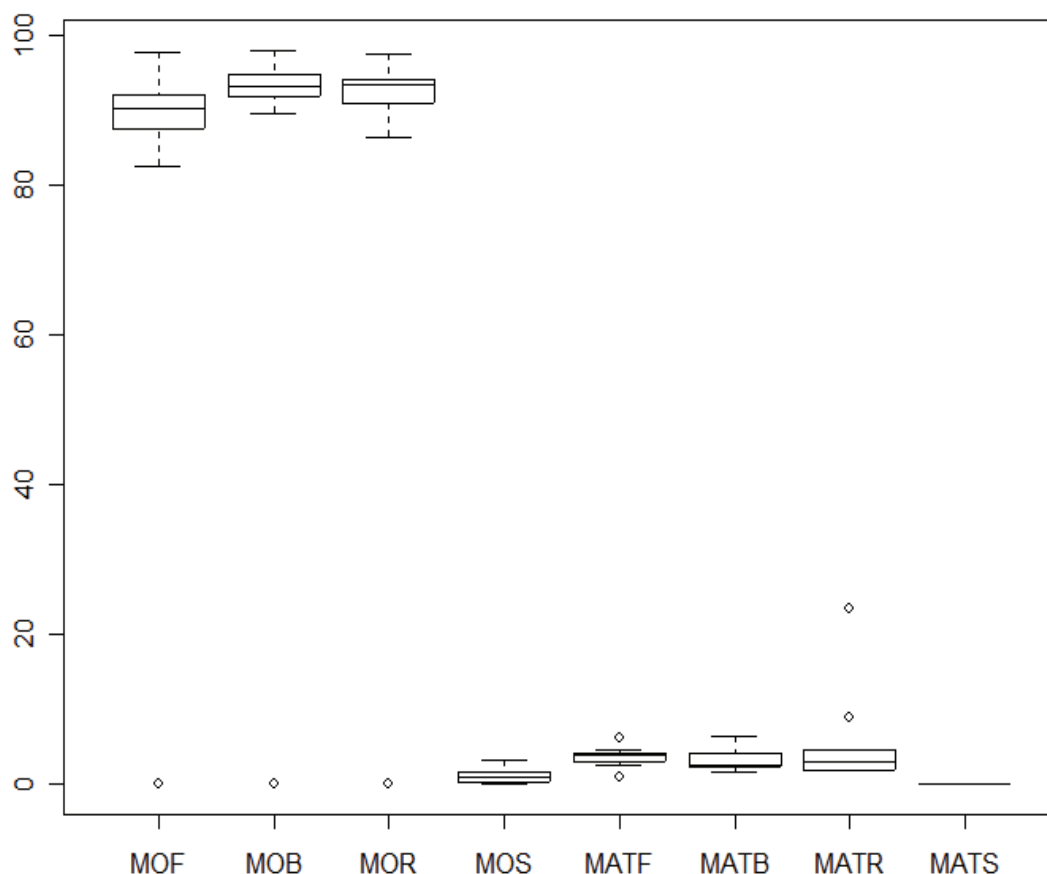


Figure 23: Box plot des différentes variables de la composition chimique (plante et sol).

En effet, horizontalement il apparaît que la composante la plus importante est la MO de la branche variant de 89.29 % à 97.71 % tout âge compris suivie de celle de la racine variant de 86.42 % à 97.65% et avec une variabilité la MO des feuilles allant de 82.58% à 97.81%, valeurs qui sont en majorité supérieures à la médiane, ce qui reflète une forte teneur en MO de la majorité des échantillons, comme c'est indiqué dans les travaux de (LONGO et *al.*, 2007). Celles des branches et des racines sont plus ou moins identiques. La composante de la MO du sol (variant de 0.1% à 3.36%) reflète l'état des sols arides. Les écarts types de la totalité des variables sont relativement faibles, probablement à cause de l'homogénéité du matériel végétal et le substrat.

Concernant les valeurs de la MAT, elles sont plus ou moins rapprochées, celles des racines (variant de 1.84 % à 8.98%) tout âge compris est relativement importante, suivie de celles des branches (variant de 1.78% à 6.48%) ensuite viennent ceux des feuilles (variant de 0.94 % à 6.13 %), de puis et enfin la MAT du sol qui est la plus déficiente avec des variables très rapprochées (allant de 0.09 % à 0.19%). Comparativement à d'autres espèces au Sahara

septentrional, ces valeurs de la MAT enregistrées sont faibles, le taux signalisé pour les plantes pérennes varie de 6 à 12% (LONGO et *al.*, 2007). Pour les Fabacées, CHEHMA et YUCEF (2009), ont enregistré une teneur de 7.32% pour *Genista saharae* et de 11.53% pour *Retama retam*. Notant que ces dosages concernent toute la partie broutée par le dromadaire donc tige, branche et feuille ensemble.

L'analyse en composantes principales (ACP) (fig.24) partage les variables organiques en trois groupes :

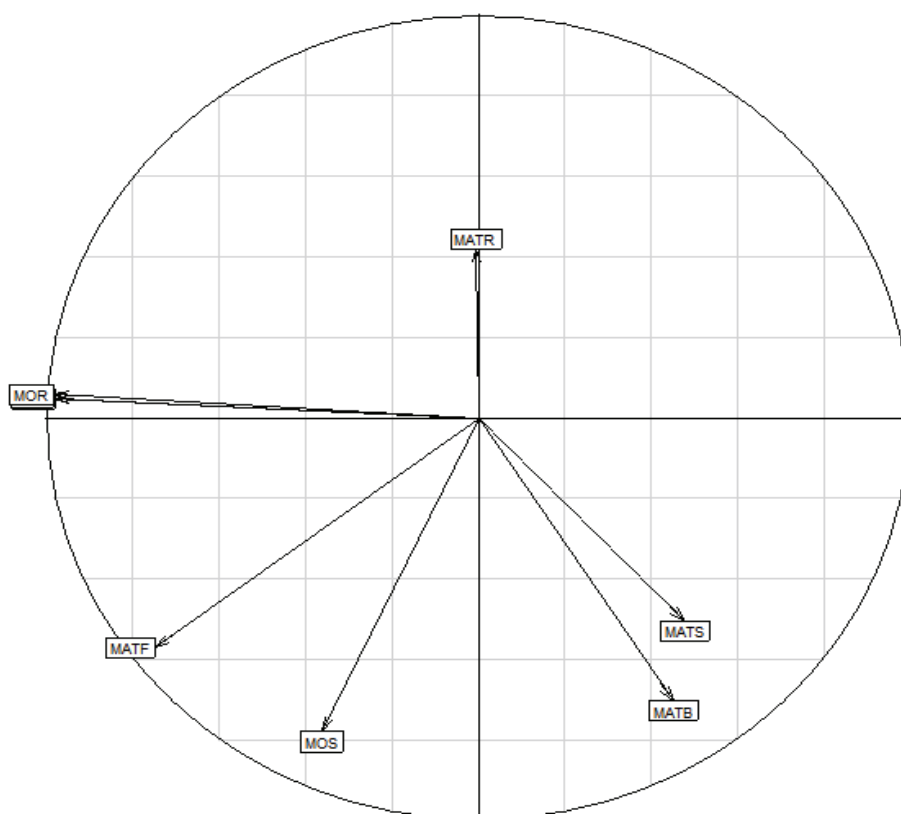


Figure 24: Cercle des corrélations des variables (ACP sur la composition chimique du végétal et du sol en fonction de l'âge et la saison) (Axe 1 = 50% d'inertie, axe 2 = 23.24%).

La lecture du cercle de corrélation met en évidence la présence de 03 groupes distincts. Le premier groupe est formé par MOS, MATF, MATB, MATS. Ce groupe est négativement corrélé au deuxième qui est formé exclusivement par MATR. L'axe 2 est lié à un 3ème groupe formé par MOR.

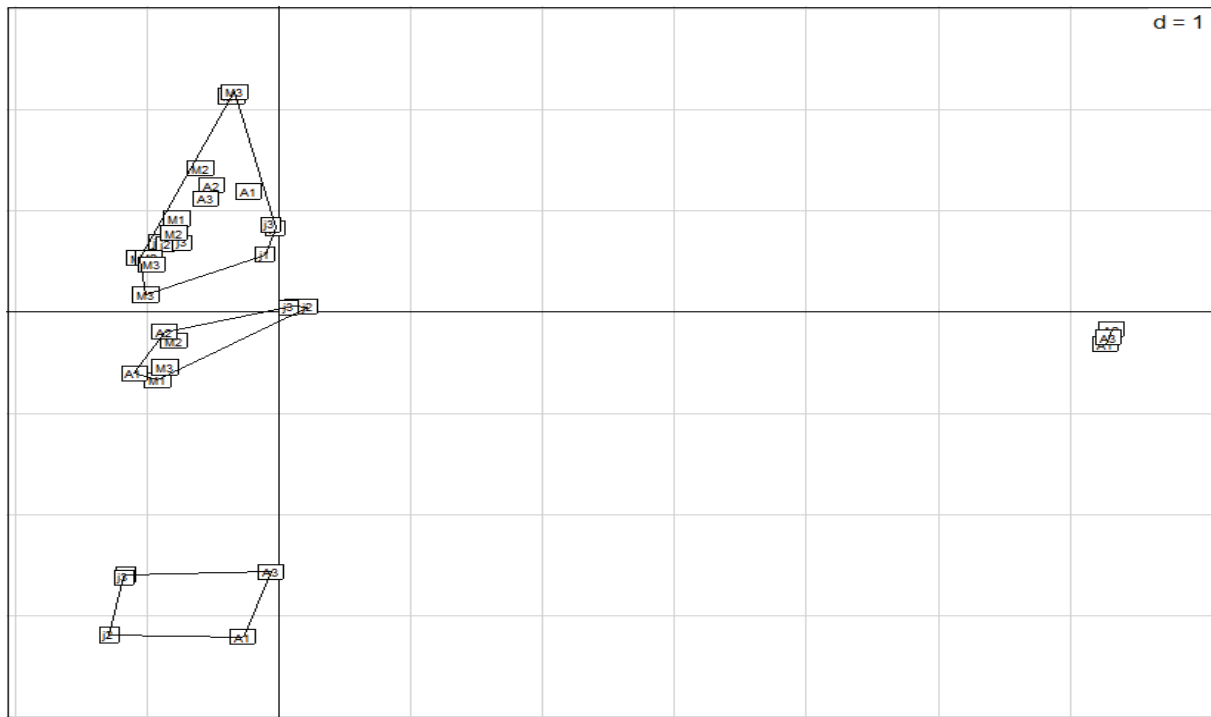


Figure 26 : Représentation superposée des classes d'âge et des espèces sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP sur la composition organique (Axe 1 = 50% d'inertie, axe 2 = 23.24%).

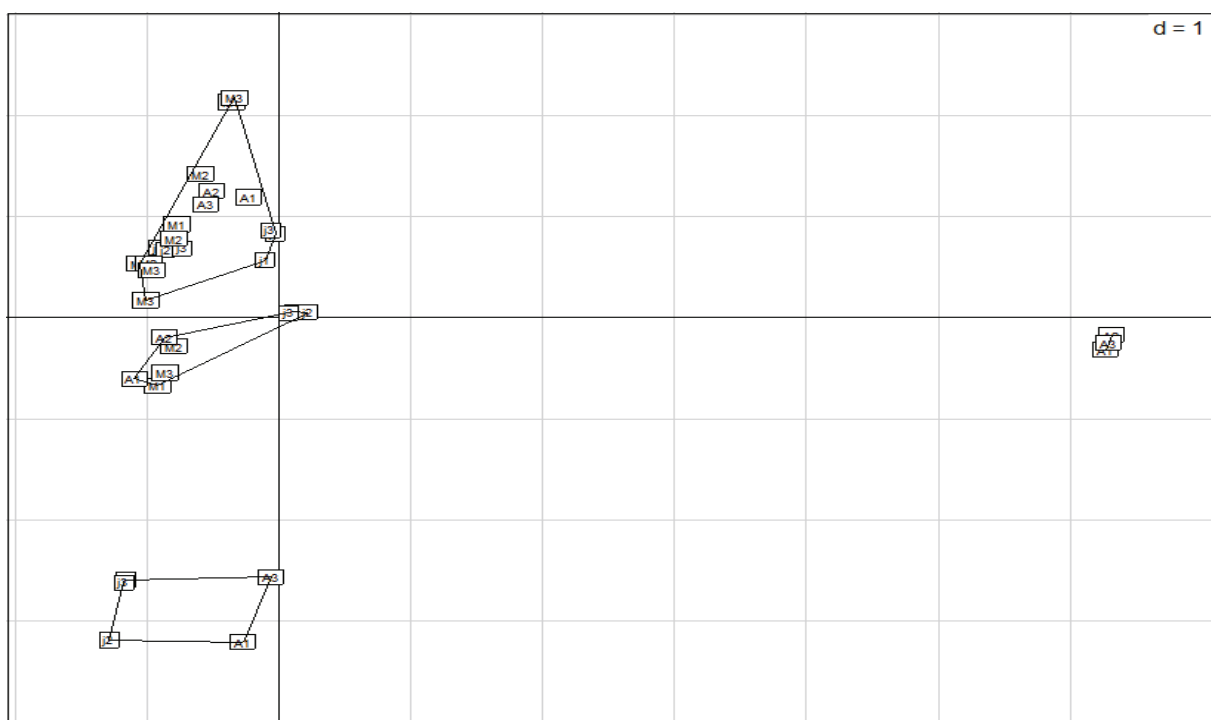


Figure 27 : Représentation superposée des classes de saison et des espèces sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP sur la composition organique (Axe 1 = 50% d'inertie, axe 2 = 23.24%).

Les échantillons étudiés sont rassemblés dans des groupes dissemblables ;

- Le premier groupe (à droite) est constitué des échantillons d'âge adultes prélevés en été.
- Le deuxième groupe (en haut à gauche) renferme tout les échantillons prélevés pendant les quatre saisons.
- Le troisième groupe (au milieu) est constitué aussi des échantillons tout âge compris mais pendant seulement deux saisons ; l'automne et l'été.
- Le quatrième groupe (en bas à gauche) est représenté par deux classes d'âge ; celle des échantillons jeunes ainsi que ceux de l'âge adulte effectués pendant l'automne et l'hiver.

La représentation graphique superposée des composantes organiques et des échantillons sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP (fig. 28) et celle en fonction des saisons (fig.29) sont établies afin de est faite pour caractériser la composition organique des groupes d'échantillons.

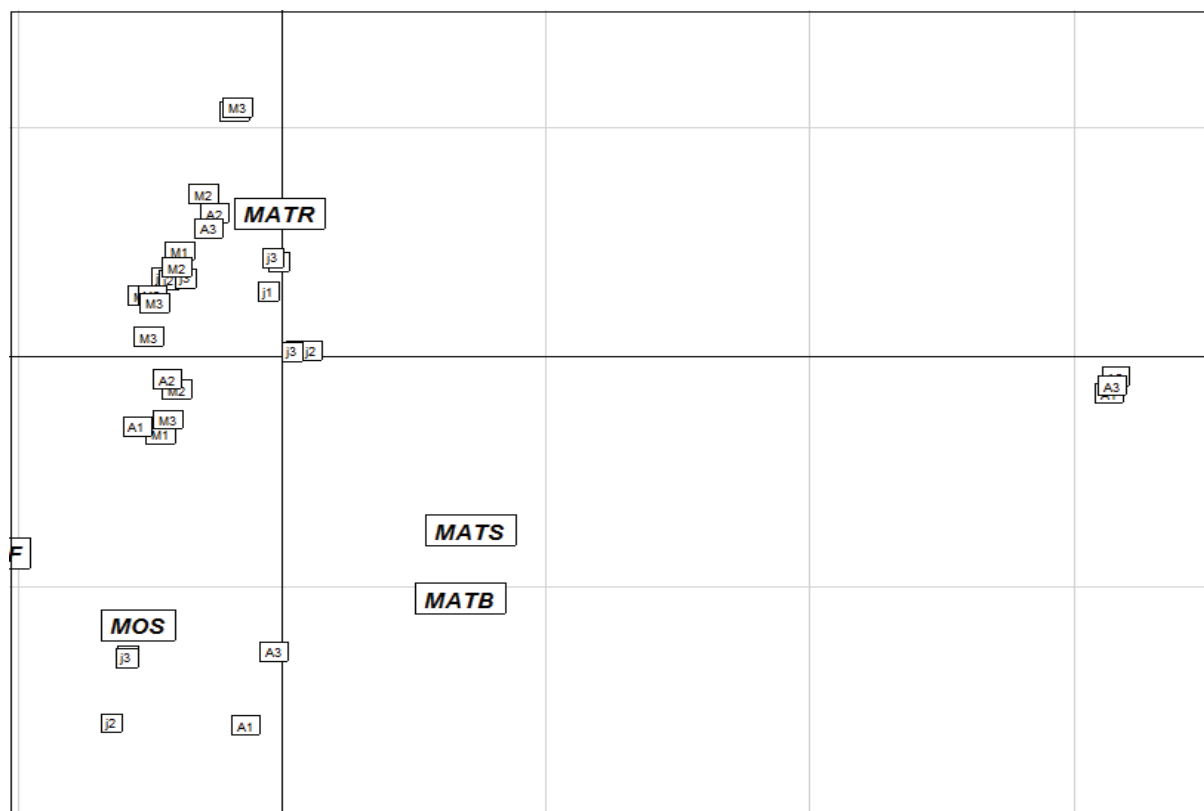


Figure 28 : Représentation superposée des composantes organiques et des échantillons sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP (Axe 1 = 50% d'inertie, axe 2 = 23.24%).

La teneur élevée en matière organique des organes (feuille, branche et racine) est indépendante de l'âge et de la saison. En effet, le rendement en MO indique une potentialité fourragère de la plante tout au long de son cycle de vie. L'entité sol au voisinage des sujets jeunes et adultes est influencée positivement pendant la période plus au moins humide de l'année (l'automne et l'hiver) mais reste toutefois faible en surface où la sécheresse est plus accentuée.

3.3.2.3. Les cations dans le végétal et le sol

Les teneurs en cations des organes du végétal sont résumés dans le tableau 11 et ceux du sol dans le tableau 2. Ces taux : présentent une variabilité en fonction de l'espace (classe d'âge) et le temps (saison), que l'analyse statistique via le Box plot résume dans la figure 30. Le graphe dispose d'informations essentielles telles que le minimum, le maximum, l'écart type et les 2 quartiles Q1 et Q3.

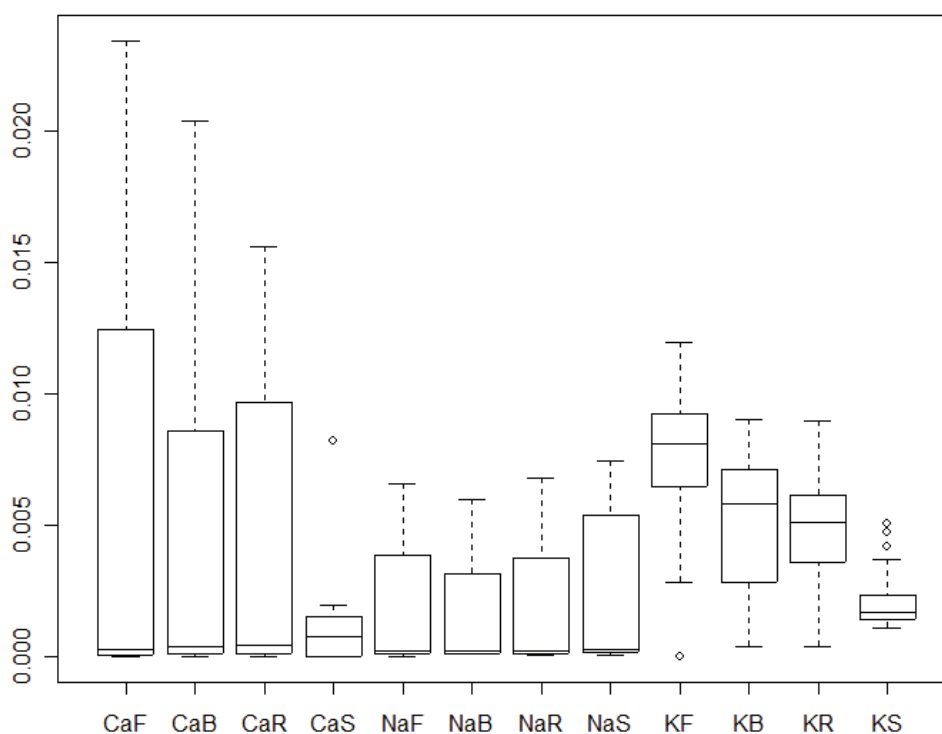


Figure 30: Box plot des différentes variables des cations selon les organes de la plante et du sol.

Les teneurs des feuilles en Ca^{+2} est la composante la plus forte avec des valeurs allant de 0.52 à 264.78 ppm, suivi par ceux de la racine enregistrant des valeurs allant de 0.41 à 148.79 ppm, puis se succèdent en ligne décroissante les teneurs des branches en potassium

(de 4.12 à 90.23 ppm) des feuilles (de 36.92 à 119.9 ppm), puis les branches (de 4.12 à 90.23 ppm) et les racines (variant de 4.25 à 89.6 ppm). Aboutissent ensuite les valeurs du calcium du sol (de 0.16 à 82.23 ppm), ensuite les valeurs de sodium avec des teneurs comprises entre 1.01 et 85.1ppm, ces deux derniers variables sont les valeurs les plus faibles et les plus rapprochées les unes des autres. Les variables du calcium (feuille, branche et racine) ainsi que ceux du sodium sont presque en totalité supérieur à la médiane, indiquant une richesse en ces éléments pour la totalité des échantillons analysés.

Tableau 11: Les teneurs saisonnières moyennes en cations (Na⁺, Ca²⁺ et K⁺) des organes selon les classes d'âge

| Cations (ppm) | Na | | | | Ca | | | | K | | | | |
|---------------|-------|-------|-------|------|--------|--------|--------|------|-------|--------|-------|--------|--------|
| | Aut | Hiv | Prin | Été | Aut | Hiv | Prin | Été | Aut | Hiv | Prin | Été | |
| jeune | J1F* | 35.36 | 44.43 | 1.42 | 1.44 | 34.74 | 223.18 | 0.81 | 0.76 | 44.08 | 50.94 | 28.67 | 92.64 |
| | J1B | 37.34 | 39.44 | 2.31 | 1.40 | 53.67 | 48.61 | 1.84 | 0.96 | 71.50 | 4.12 | 13.95 | 11.68 |
| | J1R | 32.42 | 53.97 | 0.95 | 0.92 | 69.72 | 58.74 | 0.80 | 0.41 | 61.80 | 4.41 | 57.79 | 48.78 |
| | J2F | 44.67 | 30.67 | 1.46 | 2.29 | 33.77 | 117.47 | 0.69 | 0.70 | 51.25 | 66.69 | 102.89 | 119.90 |
| | J2B | 47.89 | 60.20 | 1.57 | 1.69 | 58.74 | 129.21 | 1.86 | 0.39 | 73.17 | 7.82 | 60.62 | 56.73 |
| | J2R | 31.49 | 46.84 | 1.65 | 2.26 | 70.25 | 59.66 | 1.23 | 1.02 | 61.90 | 4.25 | 51.67 | 50.37 |
| | J3F | 26.06 | 36.95 | 1.27 | 1.38 | 35.72 | 148.79 | 0.93 | 0.88 | 36.92 | 76.41 | 65.99 | 90.07 |
| | J3B | 30.71 | 58.35 | 1.23 | 1.52 | 22.29 | 86.14 | 0.44 | 2.14 | 28.61 | 14.82 | 67.67 | 13.53 |
| | J3R | 37.67 | 52.19 | 1.02 | 0.97 | 69.98 | 58.59 | 1.85 | 0.53 | 61.92 | 4.38 | 49.12 | 42.26 |
| | Moyen | 65.79 | 47.74 | 1.79 | 1.91 | 183.90 | 219.26 | 1.68 | 1.10 | 105.61 | 73.72 | 116.83 | 91.14 |
| Adulte | M1B | 21.96 | 55.56 | 1.46 | 2.33 | 85.19 | 140.96 | 0.79 | 1.57 | 67.38 | 12.98 | 67.20 | 79.90 |
| | M1R | 25.58 | 40.43 | 1.46 | 1.28 | 140.96 | 99.03 | 0.94 | 0.49 | 66.35 | 6.48 | 63.91 | 50.06 |
| | M2F | 21.52 | 44.47 | 1.44 | 1.18 | 58.01 | 160.53 | 0.84 | 0.73 | 93.16 | 86.14 | 104.87 | 92.23 |
| | M2B | 22.03 | 48.67 | 1.24 | 1.49 | 106.26 | 74.40 | 1.72 | 0.73 | 77.23 | 7.02 | 55.92 | 71.38 |
| | M2R | 30.67 | 49.20 | 1.52 | 1.77 | 105.13 | 101.80 | 1.03 | 1.52 | 63.82 | 6.95 | 89.60 | 52.88 |
| | M3F | 19.07 | 39.04 | 1.68 | 1.96 | 124.46 | 129.21 | 1.47 | 3.03 | 91.76 | 72.71 | 98.21 | 90.56 |
| | M3B | 31.66 | 21.97 | 1.61 | 2.17 | 69.81 | 97.89 | 0.95 | 0.98 | 77.74 | 41.68 | 90.23 | 86.93 |
| | M3R | 39.37 | 68.32 | 1.49 | 1.29 | 96.87 | 54.82 | 1.53 | 1.20 | 61.33 | 13.90 | 56.42 | 58.93 |
| | A1F | 47.74 | 26.49 | 1.68 | 0.00 | 124.35 | 105.72 | 0.78 | 0.00 | 93.23 | 82.43 | 79.88 | 0.00 |
| | A1B | 19.07 | 23.61 | 1.12 | 1.33 | 160.92 | 203.60 | 1.26 | 1.42 | 63.86 | 59.74 | 64.38 | 43.77 |
| A1R | 18.74 | 26.05 | 1.22 | 1.96 | 156.22 | 139.31 | 2.50 | 4.49 | 70.90 | 29.24 | 39.94 | 38.69 | |
| A2F | 53.89 | 26.99 | 1.45 | 0.00 | 234.39 | 160.54 | 0.52 | 0.00 | 91.28 | 51.87 | 71.43 | 0.00 | |
| A2B | 57.89 | 52.98 | 2.13 | 1.13 | 179.66 | 78.31 | 3.66 | 3.08 | 54.71 | 28.72 | 78.47 | 39.73 | |
| A2R | 29.48 | 53.41 | 1.82 | 1.13 | 140.00 | 38.11 | 2.44 | 3.67 | 65.82 | 11.37 | 59.68 | 51.33 | |
| A3F | 47.30 | 41.51 | 2.51 | 0.00 | 264.78 | 195.77 | 3.36 | 0.00 | 91.99 | 67.61 | 64.83 | 0.00 | |
| A3B | 40.82 | 29.06 | 1.90 | 1.56 | 277.10 | 156.62 | 2.72 | 3.95 | 58.15 | 47.70 | 62.50 | 41.57 | |
| A3R | 41.07 | 39.73 | 1.18 | 2.25 | 123.77 | 148.79 | 2.06 | 4.16 | 60.74 | 12.51 | 58.74 | 36.32 | |

* F : feuille, B:branche, R ; racine

Tableau 12: Les teneurs en K⁺, Na⁺, et Ca⁺² des échantillons du sol en fonction des saisons

| Cations en ppm | K | | | | Na | | | | Ca | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | AutK* | HivK | PrinK | EtéK | AutNa | HivNa | PrinNa | EtéNa | AutCa | HivCa | PrinCa | EtéCa |
| J1 | 15.01 | 16.31 | 17.28 | 14.10 | 74.72 | 46.07 | 1.01 | 1.58 | 12.23 | 14.75 | 1.78 | 0.21 |
| J2 | 14.59 | 11.43 | 50.49 | 14.10 | 58.12 | 35.29 | 1.35 | 1.91 | 15.66 | 15.66 | 0.48 | 0.21 |
| J3 | 14.54 | 17.60 | 17.61 | 15.80 | 68.50 | 39.44 | 1.05 | 2.47 | 7.83 | 15.66 | 4.03 | 0.20 |
| M1 | 13.20 | 16.67 | 15.10 | 47.46 | 53.97 | 51.89 | 1.28 | 2.97 | 11.75 | 11.75 | 7.73 | 0.45 |
| M2 | 13.84 | 23.74 | 23.89 | 31.02 | 72.65 | 49.81 | 2.15 | 2.03 | 11.75 | 15.66 | 10.88 | 0.23 |
| M3 | 15.10 | 10.88 | 14.97 | 41.83 | 64.35 | 47.76 | 1.81 | 2.47 | 7.83 | 19.57 | 8.90 | 0.16 |
| A1 | 13.75 | 18.04 | 17.57 | 18.33 | 47.86 | 56.04 | 2.32 | 2.69 | 7.83 | 15.66 | 6.55 | 0.25 |
| A2 | 22.68 | 18.46 | 24.51 | 17.86 | 53.97 | 45.66 | 1.23 | 1.79 | 15.66 | 23.49 | 7.32 | 0.16 |
| A3 | 26.35 | 34.27 | 36.88 | 14.57 | 85.10 | 63.15 | 1.56 | 1.90 | 11.75 | 15.66 | 1.26 | 0.12* |

(*)Les valeurs soulignées dans les tableaux 11 et 12 ont été obtenu dans des conditions très particulières, relativement liée aux moyens utilisés

L'analyse en composantes principales (ACP) (fig.31) répartit les variables en 2 groupes :

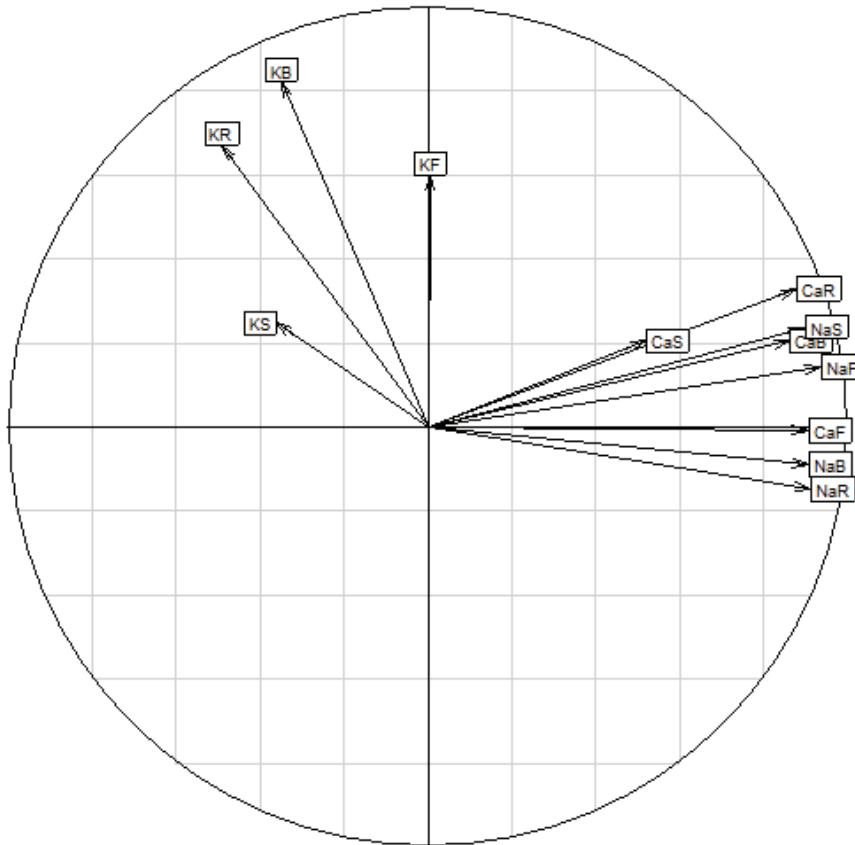


Figure 31: Cercle des corrélations des variables (ACP sur les cations du végétal et du sol en fonction de l'âge et la saison. (Axe 1 = 53.78% d'inertie, axe 2 = 15.38%).

L'axe 1 est lié au groupe formé par les variables du potassium des organes et du sol et l'autre groupe formé par les variables de sodium et calcium dans les organes des plantes et les sols échantillonnés. Cette représentation montre une indépendance entre la variabilité du potassium d'une part et le sodium et calcium de l'autre part.

La classification ascendante hiérarchique (CAH) des coordonnées des échantillons sur les 2 premiers axes de l'ACP a permis de distinguer 4 classes (fig.32).

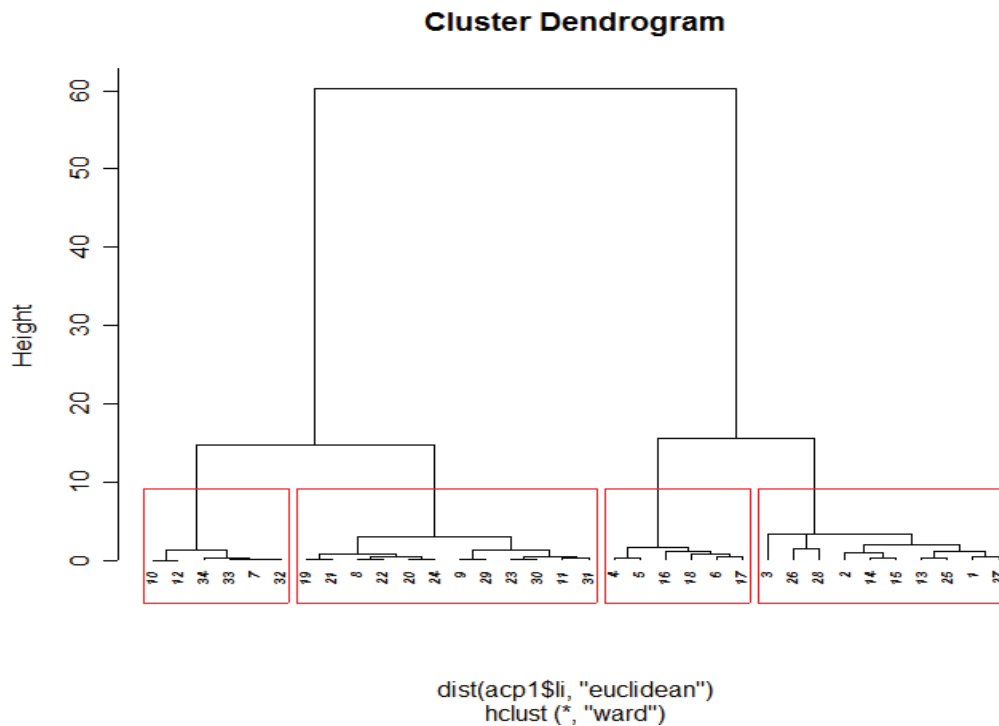


Figure 32: Dendrogramme de la CAH sur les coordonnées des échantillons sur les deux premiers axes de l'ACP (Axe 1 = 53.78% d'inertie, axe 2 = 15.38%).

La projection des classes sur la représentation des échantillons (fig. 33) et des saisons (fig. 34) nous a permis de caractériser les quatre groupes d'échantillons.

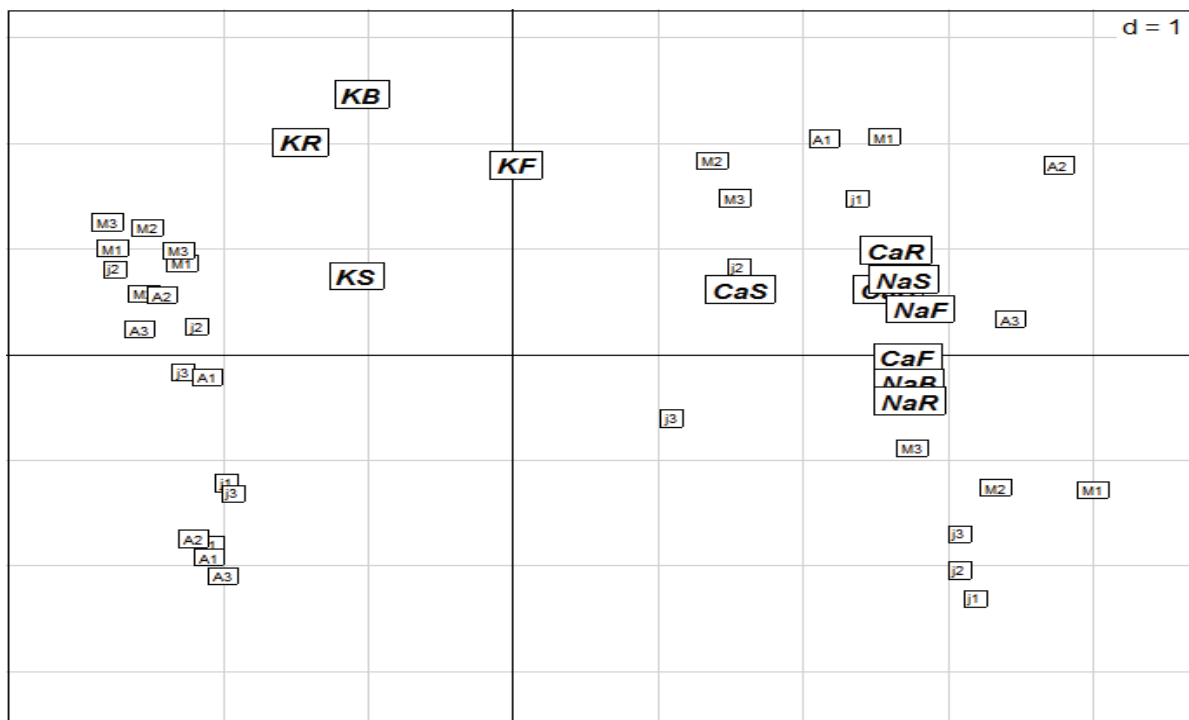


Figure 33 : Représentation superposée des classes et des espèces sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP sur la composition organique (Axe 1 = 53.78% d'inertie, axe 2 = 15.38%).

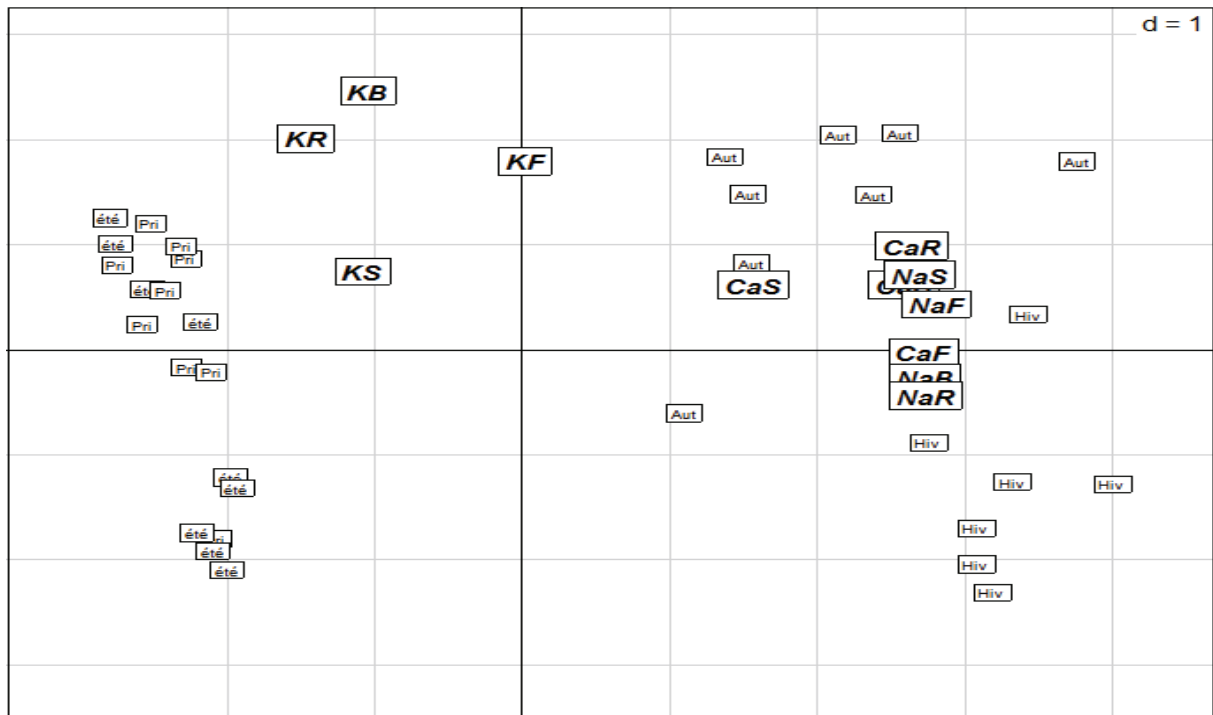


Figure 34 : Représentation superposée des classes et des espèces sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP sur la composition organique (Axe 1 = 53.78% d'inertie, axe 2 = 15.38%).

L'axe 2 divise l'ensemble des variables en 4 groupes en opposition 2 à 2 de part et d'autre de l'axe 1. Afin de caractériser la composition minérale des groupes d'échantillons analysés nous avons réalisé une représentation graphique superposée des composantes minérales, des échantillons et des saisons sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP (fig. 35), (fig.36).

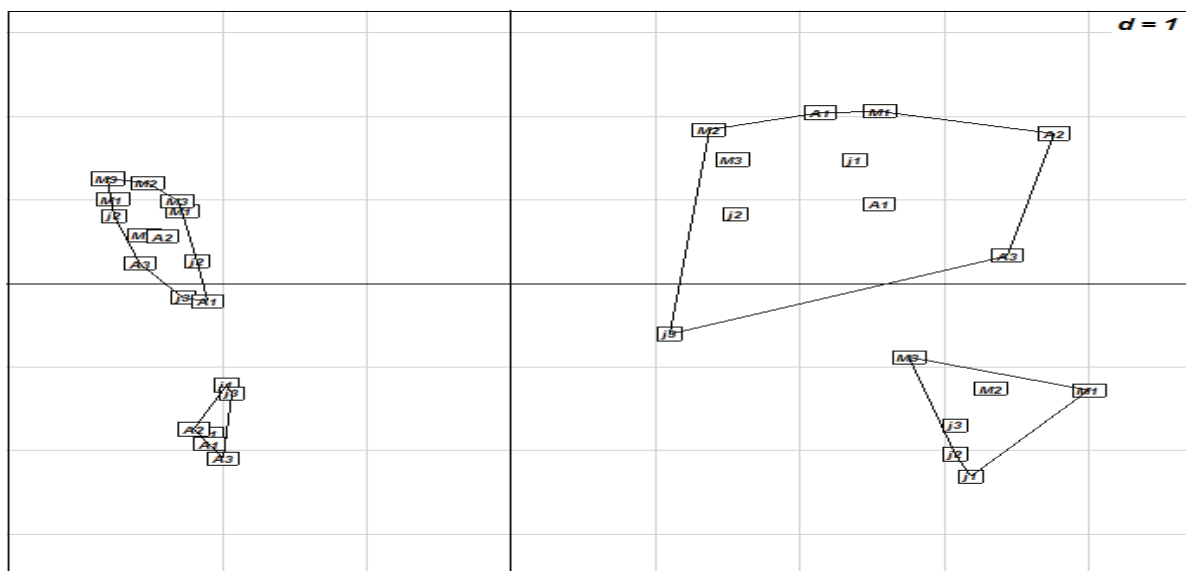


Figure 35 : Représentation superposée des composantes organiques et des échantillons sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP (Axe 1 = 53.78% d'inertie, axe 2 = 15.38%).

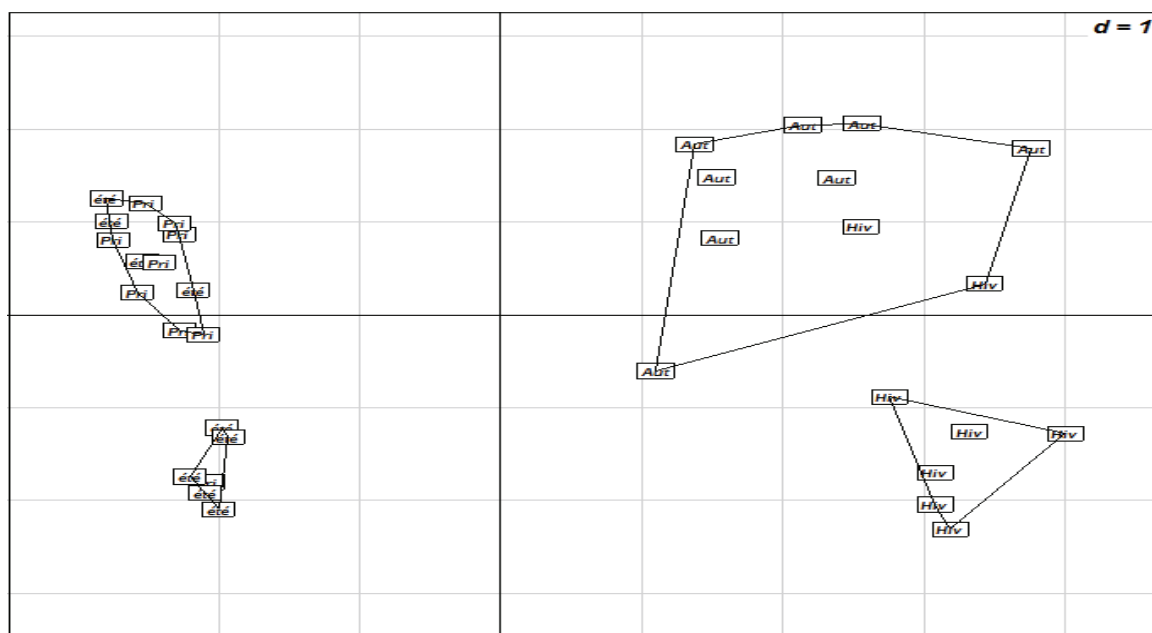


Figure 36: Représentation superposée des composantes organiques et des saisons sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP (Axe 1 = 53.78% d'inertie, axe 2 = 15.38%).

- Le premier groupe (en haut à droite) comprend les individus des 3 âges échantillonnés pendant l'automne et l'hiver et caractérisés par les composantes de calcium et sodium des organes=absence d'effet âge concernant ces relevés.
- Le deuxième groupe (en bas à droite) comportant les individus d'âge jeune et moyen échantillonnés pendant l'hiver. Ce groupe est en opposition avec le troisième formé par les individus jeunes et adultes pendant l'été (en bas à gauche), ces 2 groupes sont caractérisés par une très faible teneur en potassium dans les feuilles.
- Le quatrième groupe (en haut à gauche) est constitué par des individus tout âge compris et échantillonnés pendant le printemps et l'été, ce groupe est en face à face avec le premier groupe, il est caractérisé par les taux importants de potassium dans les branches, les racines et le sol.

La lecture de cette représentation indique que l'effet âge, concernant les 3 cations analysés est absent alors que l'effet saison est possible concernant le calcium et le sodium pour l'automne et l'hiver et le potassium pour le printemps et l'été signalant des augmentations pendant ces périodes.

3.3.2.4. Les analyses spatio-temporelles du sol

Les résultats obtenus des analyses du pH et CE sont représentés sur la figure 37.

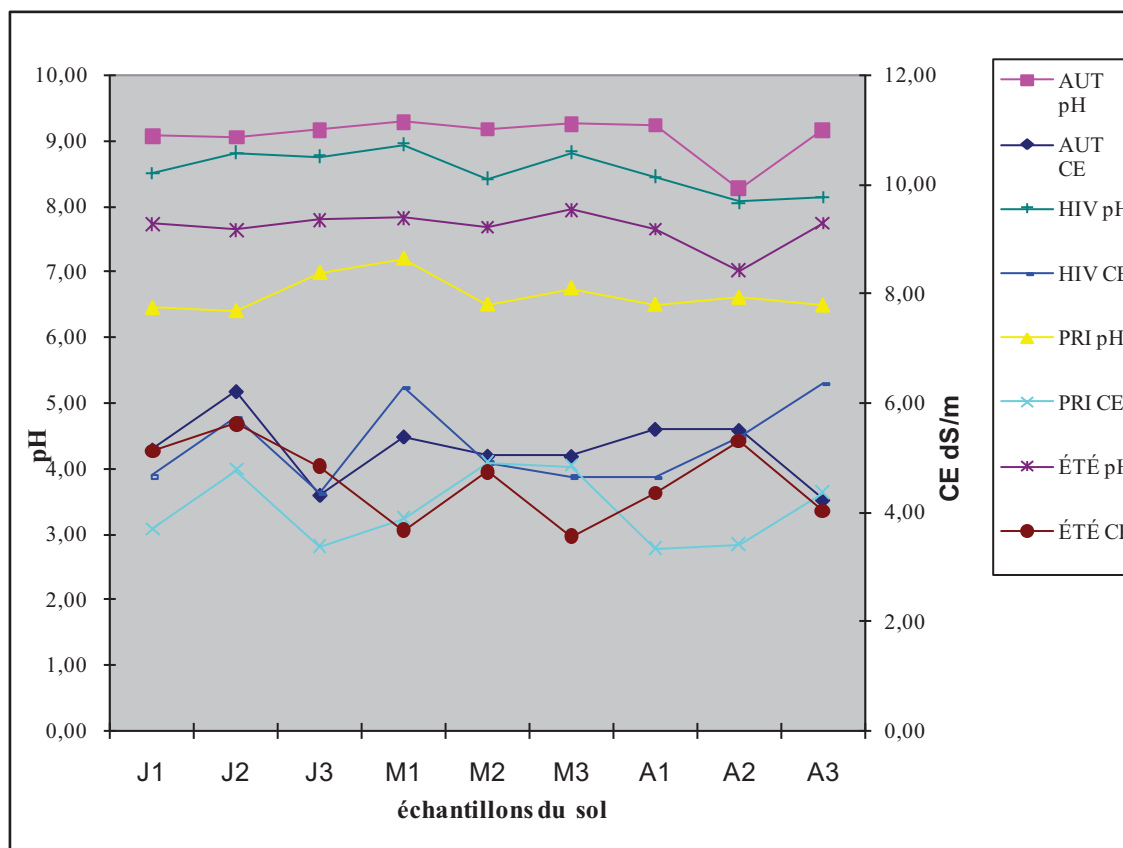


Figure 37: Variations spatio temporelle du pH et CE de la solution du sol

Les échantillons du sol étudiés présentent un pH de solution de sol alcalin avec une conductivité électrique variant de 3,33 à 5,63 dS/m à 25°C. Le sol au voisinage des plantes, tout âge compris, est caractérisé par un pH variant de 6,75 à 9,53 et cela à travers toute l'année. Ces résultats concordent avec ceux de la bibliographie qui soulignent que dans les régions arides, la gamme relative aux sols s'étend d'un pH légèrement inférieur à 7 à un pH d'environ 9. Les sols échantillonnés, selon la classification FAO, sont non salés, avec un pH inférieur à 8,5. L'alcalinité des sols peut être attribuée à sa richesse en calcium puisque généralement, l'acidité d'un sol est souvent associée à une déficience en calcium. L'analyse granulométrique par tamisage a fait ressortir une teneur élevée en sable grossier supérieur à 47 % et une teneur faible variant de 4 à 16,15% de la fraction inférieure à 50 µm (argile et limon), rendant le substrat moins structuré à la surface. Ce qui peut favoriser un lessivage accéléré des minéraux.

3.4. Discussion générale

La présente étude a eu comme objectif d'acquérir une compréhension globale de la stratégie d'adaptation adoptée par *Acacia raddiana*, face à l'hostilité du milieu Saharien, en définissant quelques caractères morphologiques, anatomiques et chimiques de l'arbre.

Les analyses menées à travers cette étude ont pu relever :

- Un horizon pauvre en matière organique du sol, au voisinage des plantes, probablement lié à une insuffisante humidité du milieu (MONOD, 1992), associée à un très faible pourcentage en matière azotée totale. D'autre part, ces prélèvements réalisés correspondent à une année déficitaire. Effectivement, durant la période de prélèvement, la région n'a reçu que 23.37 mm et presque la même hauteur de pluie pour les années 2009 et 2010. En effet, dans les régions caractérisées par une saison sèche marquée, où le potentiel hydrique du sol est faible, il est probable que la fixation d'azote soit réduite ou nulle pendant cette saison (DOMMERGUES *et al.*, 1999).
- Les caractères morphologiques sont exprimés par :
 - Une forme réductrice de l'espace foliaire (la double division de la feuille), ce qui diminue la partie exposée aux facteurs asséchants du milieu extérieur (DENDEN *et al.*, 2005).
 - Un développement végétatif aérien tardif en longueur et en largeur s'exprimant par une circonférence du tronc allant de 05 à 110 cm, correspondant à une hauteur variant de 25 à 650 cm, qui traduisent un âge de calcul selon la formule de BARKOUDAH et VAN DER SAR (1982), s'étalant sur 374 d'années. Ceci démontre la persistance de survie de cette espèce malgré les irrégularités pluviométriques de son milieu Saharien.
 - L'hypertrophie racinaire et le rapport très important entre la partie souterraine et la partie aérienne ainsi que l'architecture combinée du système racinaire horizontale et verticale permet à l'arbre de coloniser le sol favorisé par l'effet positif de la diminution de l'humidité de ce dernier qui, selon (LOGBO *et al.* 2006), stimule la croissance de la biomasse souterraine de l'*Acacia* et contribuent ainsi à l'exploration du milieu et dans l'édification et l'ancrage efficace de l'arbre, ce qui donne à l'espèce son caractère phréatophyte (WARD, 2009).

- Les caractères anatomiques sont exprimés par :
 - Le type paracytique d'arrangement des stomates, qui suppose une diminution du rythme de transpiration chez les arbres (OYELEKE et *al.*, 2004), reflétant ainsi le caractère xérophyte de l'espèce (SAADOUN, 2002), (KADI-BENNANE et *al.*, 2003).
 - Une cuticule enveloppant les cellules épidermiques de la feuille pour diminuer l'évaporation (OZENDA, 1991).
 - La présence des trichomes épidermiques (poils de type simple) sur les deux faces de la feuille ainsi que pour les fleurs, ce qui concorde avec les observations de DOMMERGUES et *al.*, (1999), créent un abri ou écran contre les rayons solaires intenses, permettant ainsi une économie d'eau (SAADOUN,2005). Ceci peut traduire une adaptation typique des xérophytes (ZAMAN et PADMESH, 2009).
 - Une densité stomatique de 03 stomates par mm², très en deçà de la norme classique qui varie de 0.188 à 742.4 stomates par mm² respectivement pour les faces adaxiale et abaxiale chez les dicotylédones (ZARINKAMAR, 2007) et même des plantes Saharienne allant de 03 à 427.72 stomates par mm² (KADI-BENNANE et *al.*, 2003), (SLIMANI,2008). La plante, par cette stratégie, consolidée encore par un feuillage caduc (chute saisonnière des feuilles en été), diminue la perte en eau par évaporation, et par conséquent la réduction de la conductance stomatique, qui contribuent à une diminution de l'intensité transpiratoire (GROUZIS et LE FLOC'H, 2003).
 - Les coupes transversales effectuées dans les branches ont montré une discontinuité dans la formation des deux types classiques du bois; celui du printemps avec des cellules plus au moins grandes à parois minces et celui de l'été dont les cellules sont de petites tailles à paroi rigide. Ce développement parenchymateux est sans variation saisonnière pour l'espèce, du fait que la plante puise l'eau en captivité, continuellement, sans alternance saisonnière. A cet effet, l'activité plus au moins constante du cambium entrave la distinction nette entre le tissus attribués aux deux saisons sèche et humide, étant donné que la période sèche s'étend à travers toute l'année voire plus. C'est pour cette raison que la datation, s'appuyant sur le comptage des cernes pour cette espèce, est rendu difficile.
 - L'anatomie des racines, tout âge inclus, reflète l'aspect d'une grille à mailles fines capables d'intercepter le flux général de l'eau (MAHAMANE et MAHAMANE ,2009), ce qui constitue un dispositif adapté à s'approvisionner en eau là où celle-ci est disponible, sans se soucier de sa quantité.

- Les caractères chimiques et physiologiques sont exprimés par :
 - Un pH du sol alcalin favorisant, classiquement, une assimilation croissante. Cependant dans les sols pauvres cette capacité commence à décroître au dessus d'un pH de 7. Effectivement, les pH des sols mesurés au voisinage des arbres sont supérieurs à 7.5 ce qui peut influencer négativement la disponibilité en éléments nutritifs pour la plante. Ceci démontre une adaptation spécifique de cette espèce pour surmonter de telles conditions physicochimiques puisque les tissus du végétal contiennent des pourcentages appréciables de cations. Par ailleurs, la sécheresse du substrat avait un effet positif sur la biomasse souterraine présumant ainsi que la réduction de l'humidité édaphique stimule la croissance racinaire (LOGBO et *al.*, 2006).
 - Les cellules palissadiques riches en chloroplastes constituent un tissu volumineux, alors que le tissu spongieux est de proportion faible, cette structure rassemble des éléments anatomiques intermédiaires entre deux voies photosynthétiques distincts, celle à voie C3 et C4 (RAVEN et *al.*, 2000). En effet le tissu spongieux, normalement riche en chloroplastes, est, pour ces résultats, moins pourvu que celui des cellules palissadiques responsables de la carboxylation du dioxyde de carbone. L'exposition de ces cellules palissadiques aux rayons solaires, peut influencer négativement le transit des photosynthétats, vu l'éloignement qui les sépare du tissu conducteur. Néanmoins, le parenchyme palissadique situé directement en dessous de l'assise épidermique est un trait xéromorphe favorisant un ralentissement de la circulation de l'eau donc son évaporation à travers la feuille (ZAMAN et PADMESH, 2009). Cette combinaison anatomique des tissus dans les feuilles est probablement une traduction du type mésophyte et xérophyte. Ce qui peut être expliqué par la plasticité du taxon, se développant et se fructifiant dans des aires géographiques contrastées.
 - Une teneur en chlorophylle « a » variant de 0.37 à 2.06 mg/ g de MF et en chlorophylle « b » qui varie de 0.5 à 0.79 mg/ g de MF enregistré respectivement au cours de l'automne et le printemps chez toutes les classes d'âge à travers les 3 saisons, compte tenu du caractère caducifolié de l'espèce pendant la mauvaise saison, correspondant à la période estivale au Sahara. Malgré une teneur très faible en Na⁺ et Ca⁺² pendant le printemps, tout en soulignant le rôle primordiale du calcium dans le processus de la photosynthèse, la plante a maintenu un taux stable de chlorophylle en enregistrant des moyennes saisonnières pour la chlorophylle « a » durant l'automne et

le printemps avec des valeurs de 1.31 et 1.33 mg/ g de MF. En effet, LAHAI et *al.*,(2003) signalent que le rendement des racines du *Cassava* sont tributaires du taux de la chlorophylle « a », par contre pour les résultats obtenus dans la présente étude, les saisons n'ont pas affecté ce taux, probablement à cause d'une stratégie adaptative du taxon.

- Bien que l'*Acacia raddiana* soit considéré comme un AFN (arbre fixateur d'azote), les teneurs en MAT sont généralement faibles. Effectivement, les résultats ont montré une variation saisonnière de la teneur en MAT s'exprimant par une augmentation de l'azote dans les tissus de l'arbre pendant l'automne qui coïncide avec la fin de la saison de végétation et continu son ascendance jusqu'à l'été où l'arbre commence à perdre ses feuilles, cette courbe de variation affectent les trois organes analysés de la plante. Cette faiblesse en MAT peut être due à la pauvreté en matière organique du sol. En effet, le sol asséché au voisinage des racines est un facteur entravant l'installation des microorganismes s'associant à la matière organique du sol même sporadique, empêchant ainsi l'amélioration de la nutrition minérale de la plante et par la suite la contribution de cette fraction à la fixation de l'azote. Selon DOMMERGUES et *al.*, (1999),une grande partie de l'azote des feuilles migre vers les rameaux avant la chute des feuilles, et que les réserves en azote des racines et des troncs participent à la formation de nouvelles feuilles. Ces travaux ont montré qu'à la fin de la période de pousse des feuilles, 10% de l'azote total des feuilles provenaient de la remobilisation de l'azote des réserves. Donc on peut supposer d'après les résultats obtenus dans cette présente étude que les racines et les branches constituent des puits d'azote au détriment du sol qui en est pauvre.

Il est bien évident que les résultats auxquels ce travail est parvenu doivent être considérés comme préliminaires, et nécessitent par la suite de mettre l'accent sur les complémentarités et les interactions qui existent entre ces paramètres entre autres et l'environnement du taxon.

Conclusion et perspectives

Le Sahara algérien est défini par son climat aride et son substrat édaphique squelettique. Les lits d'Oued constituent le biotope le plus privilégié pour la flore. A cet égard, l'*Acacia raddiana* est l'espèce, à port arboré, la plus représentée dans le sud ouest du Sahara septentrional. Cette étude a été menée pour expliquer l'épanouissement exceptionnel de cette essence dans un milieu perpétuellement hostile. Par conséquent, trois volets ont été élucidés, à savoir la morphologie du taxon, son anatomie et sa composition chimique.

Une investigation de 12 mois suivie par les analyses et mesures adéquates ont conduit aux résultats suivants;

Le caractère xéromorphe de l'arbre est manifesté par une forme réductrice de l'espace foliaire (feuille bipennée), diminuant la partie exposée aux acteurs asséchants du milieu extérieur. La présence d'une cuticule sur l'épiderme des feuilles et des trichomes sur les organes fragiles (feuilles et inflorescences) ainsi que l'existence des épines longues cachant et protégeant ces organes, en créant un abri et un écran contre les rayons solaires intenses, constituent une édifice dans l'économie de l'eau.

L'architecture combinée du système racinaire horizontale et verticale permet à l'arbre de coloniser le sol et contribuent également dans l'exploration du milieu et dans l'édification et l'ancrage efficace de l'arbre, ce qui donne à l'espèce son caractère phréatophyte.

Le type paracytique d'arrangement des stomates, qui suppose une diminution du rythme de transpiration chez les arbres, reflète le caractère xérophyte de l'espèce.

Grâce à une densité stomatique de 03 stomates par mm^2 , maintenue par le caractère caducifolié de l'arbre (perte saisonnière du feuillage en été) diminuant ainsi sa biomasse aérienne, la plante, par cette stratégie, diminue l'intensité transpiratoire et par la suite la perte en eau par évaporation.

Le développement parenchymateux dans les branches est sans variation saisonnière pour l'espèce à cause du milieu sec où vit l'arbre, étant donné que la période sèche s'étant sur toute l'année voire plus. L'interception de l'eau par une anatomie des racines, en grille à mailles constitue un dispositif adapté pour s'approvisionner en eau quand et où celle-ci est disponible.

Un parenchyme palissadique, riches en chloroplastes, situé directement en dessous de l'assise épidermique est un trait xéromorphe favorisant un ralentissement de la circulation de l'eau donc son évaporation à travers la feuille ainsi qu'un tissu spongieux enveloppant les cellules conductrices, reflètent une combinaison anatomique de deux voies photosynthétiques distincts, celle à voie C3 et C4, maintenant un taux plus ou moins stable de la chlorophylle « a », expliquant ainsi probablement, la plasticité écologique du taxon .

Le pH alcalin du sol au voisinage des arbres est supérieur à 7.5 ce qui peut normalement influencer négativement la disponibilité des éléments nutritifs pour la plante. En revanche, les tissus du végétal contiennent des pourcentages appréciables de cations.. Ce qui peut démontrer une adaptation spécifique de cette espèce pour surmonter de telles conditions physicochimiques.

D'autre part, la variation saisonnière de la teneur en MAT s'exprimant par une augmentation de l'azote dans les tissus de l'arbre pendant l'automne qui coïncide avec la fin de la saison de végétation et cela malgré la pauvreté du sol au voisinage de l'espèce en MAT et MO. Ce qui peut nous conduire à supposer que les racines et les branches constituent des puits d'azote au détriment du sol qui en est pauvre.

A l'appui de ce qui a été dit plus haut, à propos du caractère phréatophyte et xérophyte de l'espèce mettant en évidence l'adaptation du taxon au milieu saharien, ce point important dans l'écologie d'une flore, se souligne de lui-même. Point sur lequel nous n'avons que des renseignements préliminaires, lesquels il sera intéressant de les compléter en étudiant le comportement de l'espèce dans d'autres régions.

Références bibliographiques

1. **ABDALLAH F., NOUMI Z., TOUZARD B., OULED BELGACEM A., NEFFATI M., 2008** - The influence of *Acacia tortilis* (Forsk.) subsp. *raddiana* (Savi) and livestock grazing on grass species composition, yield and soil nutrients in arid environments of South Tunisia. Rev. Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of plants, 203 (2) : 116 - 125.
2. **ABDULFATIH H.-A., 2003-** Ecological Anatomy of Xerophytic Leaves from Qatar. Rev. Sciences Riyadh University, 16 (1):19-29.
3. **AFNOR, 1977** - Aliments des animaux. Dosage des cendres brutes. NFV 18-101,2 p.
4. **AFNOR, 1982** - Aliments des animaux. Détermination de la teneur en eau. NFV18-109,5 p.
5. **AKBO L.-E., BANOIN M., GROUZIS M., 2003** - Effet de l'arbre sur la production et la qualité fourragères de la végétation herbacée : bilan pastoral en milieu Sahélien .Rev. Méditerranéenne Vétérinaire, 154 (10) : 619 - 628.
6. **AKPO L.-E. , GROUZIS M., 2004** - Interactions arbre/herbe en bioclimat semi-aride : influence de la pâture. Rev. Sécheresse, 5 (3) :253-61.
7. **ALEXANDER D.-Y., 2002** - Initiation à l'agroforesterie en zone sahélienne; les arbres des champs du plateau central au Burkina Faso.Edi. IRD-KARTHALA, Paris.220 p.
8. **AL-GOHARY I.H., MOHAMED A.-H., 2007** - Seed Morphology of *Acacia* in Egypt and its Taxonomic Significance. Rev. International Journal Agrical Biology, 9 (3).
9. **ANDERSEN G. - L., KRZYWINSKI K., 2007** - Longevity and growth of *Acacia tortilis*; insights from ¹⁴C content and anatomy of wood. Rev. BMC. Ecology,7(4).
10. **ANJUM P., RUBINA A., RABAB F., 2007** - Stomatal types of some dicots within flora of Karachi, Pakistan. Rev. Pakistan Journal of Biological Sciences, 39(4): 1017-1023.
11. **ARBONNIER M., 2002** - Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. Edi. CIRAD-MNHN, 573 p.
12. **ASAKAWA S., HARAYAMA S., 1990** - Root growth and leaf stomatal density of *Acacia* seedlings. Bulletin Faculté Agronomique. Univ. Tamagawa, (30):20-32.
13. **AUBERT G., 1978** - Méthodes d'analyses des sols. Edi. CRDP. Marseille, 191 p.

14. **BA E-H. M., 2008** - Etude des propriétés biomécaniques et de la capacité de vie symbiotique des racines d'arbres d'*Acacia senegal* Willd. et de *Prosopis juliflora* DC. Thèse Doctorat, Université Sheikh Anta Diop, Dakar. Univ. Bordeaux I.122 p.
15. **BARKOUDAH Y., VAN DER SAR D., 1982** - L'*Acacia raddiana* dans la région de Béni-Abbés (Algérie). Bull. Soc. Hist. Nat.fr. du Nord, 70 (1 à 4) : 79-121.
16. **BATANOUNY K.H., BAESHIN N.A., 1982**-Studies on the flora of Arabia. Bull.Fac.Sci., K.A.U.,Jeddah, (6):1-26.
17. **BELHADJADJI Y., MELEKMI N., BELBOUKHARI N., CHÉRITI A., 2008** - Une approche environnementale par phytoextraction assistée par micro-ondes (MAE) d'*Acacia raddiana*. Colloque National sur la Chimie et l'Environnement CNCE. Saida.
18. **BEN SALEM F., OULED BELGACEM A., NEFFATI M., 2008**-Etude de la dynamique du système racinaire des plantules de certaines espèces arbustives autochtones de la Tunisie aride. Rev. Sécheresse,19 (2) : 3-8.
19. **BERKA S., AID F., 2009**- Réponses physiologiques des plants d'*Argania spinosa* (L.) Skeels soumis à un déficit hydrique édaphique. Rev. Sécheresse, 20 (3) : 296-302.
20. **BOURA A., De FRANCESCHI D., 2008**- Une méthode simple de collecte de bois et d'écorce pour des études anatomiques. Rev. Adansonia, sér. 3, 30 (1) : 7-15.
21. **BOUTMEDJET A., 2004** - Valorisation des boues résiduelles urbaines en plantation forestière dans les zones arides. Mémoire Magister.Univ.K.M. Ouargla,117 p.
22. **CAMPA C., DIOUF D., NDOYE I., DREYFUS B., 2000** - Differences in nitrogen metabolism of *Faidherbia albida* and other N₂-fixing tropical woody acacias reflect habitat water avail ability. Rev.Research New Phytol, (147) :571-578.
23. **CARBONNIER J., LAFFRAY D., 1986** – Lutte contre la sécheresse : Recherche et application dans le domaine des antitranspirants stomatiques. Edi. ORSTOM. Paris. 240 p.
24. **CARTWRIGHT C., TAYLOR J.-H., 2008** - Wooden Egyptian archery bows in the collections of the British Museum. The British Museum. Technical research bulletin, (2):77-83.
25. **CHEHMA A., YOUCEF F., 2009** - Variations saisonnières des caractéristiques floristiques et de la composition chimique des parcours sahariens du Sud-Est algérien. Rev. Sécheresse, 20(4) :373-81.
26. **CHOPRA I. C., ABROL B. K.,HANDA K.L.,1960**-Les plantes médicinales des zones arides considérées surtout d'un point de vue botanique.Ed. UNESCO, Paris : 11-56.

- 27. CORNET F., H.G. DIEM H.G., 1982-** Etude comparative de l'efficacité des souches de rhizobium d'*Acacia* isolées des sols du Sénégal et effet de la double symbiose-*Glomus mosseae* sur la croissance de *Acacia holosericea* et *Acacia raddiana*. Rev. Bois et Forêts des Tropiques, 4(198) :3-15.
- 28. DANTHU P., ROUSSEL J., NEFFATI M.O, 2003** - La graine et la germination d'*Acacia raddiana*. Un arbre au désert, *Acacia raddiana*. Édi. IRD. Paris:269-287.
- 29. DANTHU P., NDIENGOU SALL P., SECK M., 1998** - Compatibilité de greffage entre quelques acacias africains (premiers résultats). Rev. Bois et Forêts des Tropiques, 258 (4) : 49-57.
- 30. DE LAJUDIE P., BOIVIN C., DUPUY, GILLIS M., NDIAYE A., DREYFUS B., NEYRA M., 1996** - *Acacia* ; Nodulation et rhizobiums associés. Séminaire l'*Acacia* au Sénégal, 3-5 décembre - Dakar.
- 31. DELOBEL A., TRAN M., DANTHU B., 2003-** Insectes consommateurs des graines d'*Acacia raddiana* en Afrique de l'Ouest les bruches. Un arbre au désert, *Acacia raddiana*. IRD Édition. Paris: 285-299.
- 32. DENDEN M., BENTAIBA B., HLAOUA W., 2008** - Caractéristiques morphologiques, anatomiques et physiologiques de tolérance à la sécheresse du pêcher, du poirier et du pommier .Rev. Cahiers Agricultures, 17(5) : 445-9.
- 33. DERBEL S., NOUMI Z, ANTON K.-W., CHAIB M., 2007** - Cycle biologique de *Bruchidius raddiana* (Coléoptère : Bruchidae) et prédiction des semences d'*Acacia tortilis* Subsp. *raddiana* en Tunisie. Comptes Rendus Biologie, 330 (1) : 49-54.
- 34. DIA M.,1988** - Rapport d'activités de Janvier à Septembre 1988 .Edi.ISRA /DRPF .Dakar,15p .
- 35. DIAGNE A.L., 2003** - Transpiration globale et fonctionnement hydrique unitaire chez *Acacia tortilis* en conditions de déficit pluviométrique. Rev.Sécheresse,14(4) : 235-40.
- 36. DIOUF M., 2003** - Caractéristiques fondamentales de la feuillaison d'une espèce ligneuse sahélienne *Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne .Variation selon les microsites .Topographiques au Ferlo (nord –Sénégal).Thèse de doctorat. Université Sheikh Anta Diop, Dakar.103 p.
- 37. DIOUF M., ZAAFOURI M. S., 2003-** Phénologie comparée d'*Acacia raddiana* au nord et au sud du Sahara. Un arbre au désert : *Acacia raddiana*. Edi.IRD.Paris:103-118.

38. DJENNANE A., 1990 - Constat de situation des zones Sud des oasis algériennes. Les systèmes agricoles oasiens. Rev.Options Méditerranéennes, Sér. A / (11) : 15-21.
39. DOMMARGUES Y., DUHOUX E., DIEM H.-G., 1999- Les arbres fixateurs d'azote. Ed. CIRAD, ESPACES, FAO, IRD.502 p.
40. DORTHE J., 2000-*Acacia tortilis*(Forsk.) Hayne. Danida Forest Seed Centre seed leaflet N°. 21. DFSC, Danemark.3 p.
41. DUBIEF J., 1963 - Le Climat du Sahara. Ed. Institut rech. saha., Univ. Alger, T. 2, 275 p.
42. DUCOUSSO M., 1987- Fixation de l'azote moléculaire chez les arbres de la famille des légumineuses en zone Sahélienne. Edi.ISRA. Dakar, 52 p.
43. FAO ,2005 -L'irrigation en Afrique, Enquête AQUASTAT:160-169.
44. FLORET C. et LE FLOC'H E., 1980 - Contribution des espèces ligneuses à la valeur pastorale des steppes du sud tunisien. Colloque sur les fourrages ligneux en afrique, état actuel des connaissances. Colloque, Adis Abbeba:8-12 .
45. GENEVES L., 1962-Manipulation de botanique. Edi.DUNOD.Paris, 441 p.
46. GEOGRAPHICA, 2003 – Carte d'Algérie. Atlas mondial illustré. Édi. Random house Australia. Edition révisée :300-301.
47. GOUDIABY V., 2003 - Impact d'un déficit hydrique sur la feuillaison d'*Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne subsp. *raddiana* (Savi). Brenan var. *raddiana* dans le nord – Ferlo au Sénégal. Thèse Doctorat. Université Sheikh Anta Diop, Dakar,81 p.
48. GOURLAY I.-D., KANOWSKI P.-J., 1991 - Marinal parenchyma bands and crystalliferous chains as indicators of age in Afric *Acacia* species.Rev.IAWA Bulletin, 12(2):187-194.
49. GROUZIS H., AKPO L.-E., 2003- Influence d'*Acacia raddiana* sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée dans le Ferla sénégalais. Un arbre au désert : *Acacia raddiana*. Édi. IRD .Paris : 249-262.
50. GROUZIS H., AKPO L.-E., 2006-Interactions arbre-herbe au Sahel. Rev. Sécheresse, 17 (1):318-25.
51. GROUZIS H., NIZINSRI G., FOURNIER Ch., 1990- L'arbre et l'herbe au Sahel. Dynamique des interactions, Application à la régénération des systèmes écologiques. Séminaire "Physiologie des arbres et des arbustes des zones arides".27 mars - 6 avril 1990.Nancy, France.21p.
52. GUERIF M., KING D., 2007 - Relation entre chlorophylle et azote. Agriculture de précision. Édi. OUAE.36 p.

- 53. GUIGNARD J.-L., DUPONT F., 2004** - Botanique ; Systématique moléculaire. Edi. 13^{ème} Masson. Paris : 157-180.
- 54. HELLER R., ESNAULT R., LANCE C., 1998**-Physiologie végétale, 1.Nutrition.Ed. Dunod. 237p.
- 55. HOPKINS G., 2003**-physiologie végétale. Édi. DE BOECK. Bruxelles.514 p.
- 56. ISO, 1997**-Aliments des animaux. Détermination de la teneur en azote et calcul de la teneur en protéines brutes-Méthode Kjeldahl.ISO5983.
- 57. JONES C. - L., MANESS N. - O., STONE M. - L., JAYASEKARA R., 2004** - Chlorophyll estimation using multi-spectral reflectance and height sensing. Edi. ASAE, CSAE. Ottawa.13 p.
- 58. JOUADI W., HAMROUNI L., SOUAYEH N., KHOUJA M.-L., 2010** - Etude de la germination des graines d'*Acacia tortilis* sous différentes contraintes abiotiques. Rev.Biotechnol Agronomic,Soc. Environnement, 14(4) :643-652.
- 59. KADI-BENNANE S., AIT-SAID S., SMAIL-SAADOUN N., 2003** - Étude adaptative de trois populations de *Pistacia atlantica* Desf. ssp. *atlantica* (Ain Oussera - Messaad - Taissa) par le biais du complexe stomatique.Rev.Options Méditerranéennes : Série A.(63)13. Meeting of the Mediterranean Research Group for Almond and Pistachio, Mirandela .Portugal :01-05
- 60. KASBADJI N.-M., 1999**-Carte des Vents de l'Algérie ; Résultats préliminaires. Rev. Energies Renouvelables : 209-214.
- 61. KHAN T.-H., 2006** - Morphological and Comparative Anatomical Studies on Some Species of *Acacia* (Fabaceae) Growing In Wadi Fatma In Makkah Al-Mukaramah Region. Rev. Mag.Univ.King Faysal:31-35.
- 62. KIEMA A., NIANOGO A.-J., OUEDRAOGO T., SOMBA J.,2008** - Use of local feed resources in the farmers ram fattening scheme: technical and economical performance. Étude originale .Rev.Cahiers Agricultures,17 (1): 23-27.
- 63. LAHAI M.T., EKANAYAKE I.J., GEORGE J.B., 2003**-Leaf chlorophyll content and tuberous root yield of cassava in Inland valley. Rev. African Crop Science Journal,11(2): 107-117.
- 64. LEBOURGEOIS F., PIEDALLU C., 2005**-Appréhender le niveau de sécheresse dans le cadre des études stationnelles et de la gestion forestière à partir d'indices bioclimatiques. Rev. Foresterie Françaises. 7(4) :13-23.
- 65. LE FLOC'H E., GROUZIS M., 2003**-*Acacia raddiana*, un arbre des zones arides à usages multiples. Un arbre au désert : *Acacia raddiana*. Édi IRD Paris :21-58.

66. LE HOUEROU H. N., 1980-Le rôle des ligneux fourragers dans les zones Sahéliennes et Soudanienne. Colloque sur les fourrages ligneux en Afrique, état actuel des connaissances. Addis Abbeba. Ethiopie :84-101.
67. LE HOUEROU H. N., 1989- Classification écoclimatique des zones arides (s.l.) de l'Afrique du Nord. *Ecologia Mediterranea*, 15 (3/4) :99-163.
68. LOGBO J., DIOUF M., DO F., AKPO L. E., 2006 – Caractéristiques fondamentales du système racinaire de jeunes plants de *Acacia tortilis* (Forsk Hayne) en conditions naturelles au Ferlo (Nord-Sénégal). *Rev. Journal des Sciences et Technologies*, 4 (2):11-17.
69. LONGO F.-H., SIBOUKEUR O.-E., CHEHMA A., 2007-Aspect nutritionnels des pâturages les plus appréciés par *Camelus dromedarius* en Algérie. *Rev. Cahiers Agricultures*, 16(6) : 477-483.
70. MAHAMANE A., MAHAMANE S., 2009- Structures anatomiques de quelques organes de *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. Ex Poir. et adaptation à la sécheresse. *Rev. Sécheresse*, 20(2) :237-239.
71. MAIRE R., 1933 - Etude sur la flore et la végétation du Sahara centrale ; mission du Hoggar. Ed. G.G.A .Alger. 159 p.
72. **Manual of Leaf Architecture**, 1999- Morphological description and categorization of dicotyledonous and net-veined monocotyledonous angiosperms by Leaf Architecture Working Group. Washington. 65p.
73. MANZO L., CAMPANELLA B., PAUL R., 2009- Sélection d'espèces ligneuses adaptées à la fixation biologique de dunes au Niger. *Rev. Geo-Eco-Trop.*,(33):99 – 106.
74. MARIAUX A., 1975 - Essai de dendroclimatologie en climat sahélien sur *Acacia raddiana*. *Rev. Bois et Forêts des Tropiques*,(163).
75. MILLER R.-B., 1980- Wood identification via computer. *Rev. IAWA Bulletin*, 1 (4) :160-194.
76. MONOD T., 1992 - Du désert. *Rev. Sécheresse*, 3 (1):07-24.
77. MUCUNGUZI P., 2008 - Bruchids and survival of *Acacia* seeds. *Rev. African Journal*, 33 (3): 175 – 183.
78. NONGONIERMA A., 1978 - Contribution à l'étude bio systématique du genre *Miller* (Mimosaceae) en Afrique occidentale. Planches, figures et cartes, Tome 3. Thèse Doctorat. Université Sheikh Anta Diop, Dakar, 398 p.

- 79. OLLET B., 1992**-Destins de l'arbre dans les sociétés tropicales : idées pour une politique de conservation des forêts. Rev.Bois et Forêts des Tropiques, 232(2).
- 80. OYELEK M.-O., ABDULRAHAMAN A.-A., OLADELE F. A., 2004** - Stomatal anatomy and transpiration rate in some afforestation tree species.Rev. NISEB Journal 4(2):83-90.
- 81. ÖZEKER E., MISIRLI A., 2001**-Research on leaf properties and stomata distribution of some *Pistacia spp* . Zaragoza .Edi.CIHEAM-IAMZ : 237-241.
- 82. OZENDA P., 1991**- Flore et végétation du Sahara. Edi. CNRS, Paris. 3^{ème} édition. 663 p.
- 83. OZENDA P., 2000**-Les végétaux ; organisation et diversité biologique. Edi. DUNOD. 2^{ème} édition. Paris.353-450.
- 84. PELLEW R-A., 1980**- Production et consommation de fourrage ligneux d'acacia et sa potentialité pour la production des protéines animales. Colloque sur les fourrages ligneux en Afrique, état actuel des connaissances. Addis Abbeba.Ethiopie:221-229.
- 85. PETTIGREW C.J., WATSON L.,(1973) in ANJUM P., RUBINA A., RABAB F.,2007**- Stomatal types of some dicots within flora of Karachi, Pakistan. Rev.Pakistan Journal of Botanic, 39(4): 1017-1023.
- 86. POLGE H., 1962** - Recherches sur l'utilisation de prélèvements effectués à la tarière de Pressler pour l'étude des propriétés physiques et mécaniques des bois. Rev.Forestière Française. Nancy : 835-853.
- 87. POUPON H., 1977**-Production de matière sèche d'*Acacia senegal*(L) Willd. Dans une savane Sahélienne au Sénégal. Rev. Géo-Eco-Trop, 3 :209-228.
- 88. QUEZEL P., MEDAIL F., 2003** - Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen .Ed. ELSEVIER: 263-265.
- 89. RAVEN P.H., EVERT R.F., EICHHORN S.E., 2000** - Biologie végétale. Ed. DE BOECK. 944 p.
- 90. RICHARD D., 1989**- Ingestibilité et digestibilité des aliments par le dromadaire. Rev. Options Méditerranéennes - Série Séminaires (2): 55-59.
- 91. ROUSSEL J., 1984** - Germination des semences forestières ; utilisation de l'acide sulfurique concentré en prétraitement des semences. Fiche technique n°3 : à l'usage des techniciens et ingénieurs responsables de pépinière de production. Edi. ISRA/CNRF. Dakar. 5 p.

- 92. SAADOUN N., 2002**-Types stomatiques du genre *Pistacia* ;*Pistacia atlantica* Desf.ssp.*Atlantica* et *Pistacia lentiscus* L. Rev.Options Méditerranéennes - Série Séminaires A(63): 369-371.
- 93. SAADOUN N., 2005** - Réponse adaptative de l'anatomie des chénopodiacées du Sahara algérien à des conditions de vie d'aridité extrême. Rev. Sécheresse , 16(2) :121-124.
- 94. SAHRAOUI B., AIT MOUHAND L., ECHAIB B., 1996**- Evolution spatio-temporelle des peuplements d'*Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne *raddiana* (Savi) Brenan dans les monts Ougarta (Sahara nord-occidental).Rev. Sécheresse, 7 :173-178.
- 95. S.I.FOR, 2009** - Répertoire des espèces forestières ligneuses des régions de Mopti, Tombouctou et Gao. Bamako.
- 96. SPERANZA A., CALZONI G.,L., 2005** - Atlas d la structure des plantes. Edi. BELIN. Paris. 223 p.
- 97. TALHI M. F., CHERITI A., BELBOUKHARI N., 2010**-Biodiesel production by transesterification of *Acacia raddiana* Oils Under heterogeneous catalysis. Journal of Scientific Research 1 (0).
- 98. TAPSOBA W.-S., 2001**-Phénologie, composition chimique et digestibilité de cinq ligneux : *Acacia raddiana* Savi, *Maerua crassifolia* Forsk.,*Pterocarpus lu cens* Lepr. *Commiphora africana* (A. Rich.) Engl. *Grewia flavescens* JUSS. Mémoire Ingenieur. Univ. Polytechnique de Bobo-Dioulasso. Burkina Faso.83 p.
- 99. VASSAL J., 1993**- Un exemple de biodiversité : le genre *Acacia* subgen.*heterophyllum*. Acte de colloque international de Phytogéographie tropicale. Paris : 365-377.
- 100. VASSAL J., 1996**-Les *Acacias* au Sénégal : taxonomie, écologie, principaux intérêts. édi Orstorn.Paris 1998.pp 15-33.
- 101. ZAMAN S., PADMESH S., 2009**- Leaf Anatomical Adaptations of Selected Kuwait's Native desert plant. Rev. European journal of scientific research, 37 (2):261-268.
- 102. ZARINKAMAR F., 2007**- Stomatal observations in dicotyledons. Rev. Pakistan journal of biological sciences,10(2):199-219.

Références électroniques:

- 103. BENSALD S., 1991** - Germination au laboratoire et en conditions naturelles et croissance en minirhizotron d'*Acacia raddiana*. Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi arides. Groupe d'étude de l'arbre, France.

-
104. CALEM, 2003- Center for Arid Lands Environmental Managen.file://A:\DESERT.HTM.
105. DEPOMMIER.D, 1991- Propagation et comportement d'espèce à usages multiples en haies vives pour la zone Sahélo - Soudanienne :résultat préliminaires d'essais menés à Gonze et Dinderesso (BurkinaFasso).IRBET –CTFT. Ouagadougou (b.f). Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi arides. Groupe d'étude de l'arbre,Paris. France.
106. DRENOU C., 2006 - Les racines ; face cachée des arbres. Edi. IDF. 326 p.
107. GROUZIS M.,1991 - Phénologie de 2 espèces ligneuses sahélienne :aspects méthodologiques et influence des facteurs du milieu. Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi arides .Paris : 145-153.
108. WARD D., 2009 - The biology of deserts.Edi.Press.Inc.Oxford.Univ.NewYork.62p.

Annexes

Les coordonnées géographiques des échantillons et leurs caractères morphologiques

| | N° | Coordonnées géographiques | Circonférence (cm) | Hauteur (cm) | Epine (cm) | Branche (cm) | Feuille (cm) |
|---------------|----|-----------------------------|--------------------|--------------|------------|--------------|--------------|
| Age Jeune | 1 | N29°58.513' E002°19.181' | 5 | 25 | 0.7 | 25 | 0.5 |
| | 2 | N29°58.509' E002°19.199' | 6 | 20 | 1 | 20 | 0.4 |
| | 3 | N29°58.510' E002°19.181' | 6 | 27 | 1 | 25 | 0.3 |
| Age moyen | 1 | N29°58.513' E002°19.185' | 18 | 140 | 2.5 | 80 | 0.6 |
| | 2 | N29°58.523' E002°19.188' | 15 | 100 | 2.5 | 75 | 0.8 |
| | 3 | N29°58.215' E002°19.220' | 19 | 125 | 2 | 68 | 1 |
| Age adulte | 1 | N29°58.462' E002°19.105' | 94 | 600 | 4 | 200 | 1 |
| | 2 | N29°58.463' E002°18.122' | 85 | 500 | 4 | 150 | 1.2 |
| | 3 | N29°58.512' E002°19.170' | 103 | 650 | 4 | 150 | 1.5 |

| | N° | Coordonnées Géographiques | Circonférence (cm) | Hauteur (cm) | Epine(cm) | Branche (cm) | Feuille (cm) |
|---------------|------|------------------------------|-----------------------|--------------|-----------|-----------------|-----------------|
| Age Jeune | 1rp* | N29°58.514' E002°19.183' | 5 | 25 | 1 | 25 | 0.5 |
| | 2rp | N29°58.585' E002°19.347' | 6 | 20 | 1 | 20 | 0.4 |
| | 3rp | N29°58.516' E002°19.192' | 6 | 27 | 1 | 25 | 0.3 |
| Age moyen | 1 | N29°58.514' E002°19.184' | 18 | 140 | 2.5 | 80 | 0.6 |
| | 2rp | N29°58.530' E002°19.185' | 20 | 100 | 2.5 | 75 | 0.8 |
| | 3 | N29°58.462' E002°19.220' | 19 | 125 | 2 | 68 | 1 |
| Age adulte | 1 | N29°58.462' E002°19.105' | 94 | 600 | 4 | 200 | 1 |
| | 2rp | N29°58.499' E002°18.157' | 110 | 500 | 4 | 150 | 1.2 |
| | 3 | N29°58.514' E002°19.186' | 103 | 650 | 4 | 150 | 1.5 |

*rp : substitué

تحديد بعض الخصائص المورفولوجية ، التشريحية و الكيميائية للطلح في المنطقة الصحراوية

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد بعض الخصائص المورفولوجية ، التشريحية و الكيميائية التي ساعدت شجرة الأكاسيا (الطلح) *Acacia raddiana* من الفصيلة البقولية على النمو و التكاثر في مناطق قاحلة كالصحراء الجزائرية. من أجل هذا حددنا منطقة "مقيدن" التابعة إداريا لدائرة تميمون للقيام باختيار الأشجار التي صنفناها ضمن ثلاث أقسام عُمرية اعتمادًا على القياس المحوري لجذوعها. العينات أُخِذت حسب الفصول الأربعة للسنة على مستوى الجذور، الفروع، وأوراق النبات و كذا التربة المحيطة به. التحاليل المخبرية خصت تحديد العناصر الفيزيوكيميائية، اليخضور "أ" و "ب" و وصف المقاطع التشريحية لأنسجة النباتية.

النتائج المحصل عليها أكدت أن جنس *Acacia raddiana* تتميز بخصائص أدت إلى تكيف النبات مع الظروف الصحراوية منها تحديد نموذج مسامي هو paracytique الموجود عند نباتات المناطق الحارة، تبني النبات لبعض الاستراتيجيات المؤدية للاستعمال الفعال للماء منها الطبقة المحيطة بالأوراق و الأوبار على أسطح الأوراق و الزورات، و كذا وجود الأشواك الطويلة. المقاطع التشريحية بينت وجود بنية شبكية دقيقة في الجذور تسمح بالتقاطع الفعال مع تدفق الماء، أما على مستوى الفروع فقد بينت النتائج أن النبات لا يحتوي على الحلقات التي يُعتمَد عليها عادة في تحديد عمر النبات لأن الطلح في المناطق الجافة يستمر في تكوين أنسجته على مدار السنة بسبب اعتماده على الرطوبة المتوفرة في أعماق التربة. في ما يخص التركيب الضوئي، بينت النتائج أن أوراق النبات تحوي بنية تشريحية يكون النسيج العمادي فيها واسع ومكوّن من طبقات غنية بالبلاستيدات الخضراء، والنسيج الإسفنجي ضيق و هي تجمع بين آليتين للبناء الضوئي هما C3 و C4 كما حافظ النبات على مستوى ثابت - نوعا ما- من اليخضور على مدار السنة علما أن الطلح يُسقط أوراقه في الموسم غير ألائم الذي يوافق فصل الصيف في الصحراء. أما المادة الأزوتية في النبات فقد تبين أن نبات الطلح - و رغم كونه من الأنواع المثبتة للنتروجين الجوي باعتماده على الكائنات الدقيقة المجتمعة في جذوره - كانت ضعيفة إلا أن النبات لِكُون التربة فقيرة جدًا من المادة العضوية والأزوت يقوم بتخزين هذا الأخير في الجذور و الفروع .

كل هذه العوامل ساعدت الشجرة على التكيف في الصحراء وجعلت من هذا الجنس، أحد أهم النباتات الجفافية و الجوفية التي تستطيع تموين خلاياها بالماء الموجود في أعماق معتبرة من سطح التربة.

كلمات مفتاحية : *Acacia raddiana*، مقيدن، المورفولوجية ، التشريحية ، الكيميائية.

Résumé

Essais de caractérisation de quelques propriétés d'adaptation morphologiques, anatomiques et chimiques de l'*Acacia raddiana* au milieu saharien

Le but de cette étude est de déterminer les propriétés morphologiques, anatomiques et chimiques qui ont assuré à l'*Acacia raddiana*, appartenant à la famille des Fabacées, son développement et sa reproduction dans un milieu aride comme celui du Sahara algérien. A cet effet, le choix de la région s'est fixé sur celle de Méguiden qui appartient, administrativement, à la Daïra de Timimoun pour désigner les échantillons de plantes dûment répertoriés dans trois classes d'âge en se basant sur la mesure des circonférences de leurs troncs. Les prélèvements ont été pris pendant les quatre saisons de l'année au niveau des racines, des rameaux, des feuilles des arbres ainsi qu'au sol au voisinage des individus. Les analyses au laboratoire ont porté sur les éléments physico-chimiques, la chlorophylle « a » et « b » et la description des coupes anatomiques des tissus des plantes.

Les résultats obtenus ont indiqué que l'espèce *Acacia raddiana* est caractérisée par des paramètres qui ont permis à la plante de s'adapter aux conditions Sahariennes entre autres ; déterminer le type paracytique d'arrangement stomatique existant chez les plantes des zones xériques, l'élaboration par l'espèce, de quelques stratégies lui permettant une utilisation efficace de l'eau ; comme la cuticule enveloppant les feuilles, les trichomes sur les deux faces des feuilles et des inflorescences, et l'existence des épines. Les coupes anatomiques ont démontré une structure en grille à mailles dans les racines interceptant le flux d'eau. Alors que pour les branches, l'observation anatomique a démontré que les cernes normalement existants et qui sont utilisés dans la datation, n'y apparaissent pas et que la plante par ce qu'elle vit dans un milieu aride continue à produire les parenchymes tout au long de l'année. Concernant la photosynthèse, avec une anatomie mettant en évidence un tissu palissadique développé riche en chloroplastes et un tissu spongieux faible, l'espèce a emprunté une voie photosynthétique intermédiaire entre le C3 et C4 et a maintenu un taux, plus ou moins, stable de la chlorophylle durant toute l'année, sachant que l'espèce perd son feuillage pendant la saison sèche qui correspond à la période estivale au Sahara. Bien que la plante soit une espèce à haut potentiel fixateur d'azote, elle est très pauvre en MAT causé par la pauvreté en MO du sol.

Toutes ces propriétés rassemblées permettent à l'arbre de s'adapter au milieu saharien et par conséquent être l'espèce la plus xérophyte et phréatophyte capable d'exploiter l'eau de la nappe phréatique malgré des profondeurs importantes de celle-ci.

Mots clés : *Acacia raddiana*, Méguiden, morphologiques, anatomiques, chimiques.

Liste des tableaux

| Numéro du tableau | Titres des tableaux | page |
|-------------------|--|------|
| 1 | Le développement de la circonférence du tronc selon les précipitations dans les régions de Tanzanie, Kenya et l’Egypte | 11 |
| 2 | Les températures mensuelles moyennes (°C) de 2009 et 2010 à Timimoun | 16 |
| 3 | Les cumuls mensuels des précipitations (mm) de 2009 et 2010 à Timimoun | 17 |
| 4 | Les vitesses mensuelles du vent (m/s) dans la région de Timimoun des années 2009 et 2010 | 17 |
| 5 | Les caractéristiques des échantillons étudiés | 22 |
| 6 | Les périodes et dates d’échantillonnage | 22 |
| 7 | Les coordonnées des échantillons d’ <i>Acacia raddiana</i> en 2009/2010 | 23 |
| 8 | Les densités stomatiques (stomate/mm ²), suivant les âges et les saisons. | 40 |
| 9 | Les teneurs moyennes saisonnières de la MS (%), MM (%) et la MO (%) des organes selon l’âge | 52 |
| 10 | Les teneurs en MS et MO en % de la MS des sols en fonctions des saisons | 53 |
| 11 | Les teneurs saisonnières moyennes en cations (Na ⁺ , Ca ⁺² et K ⁺) des organes selon les classes d’âge | 62 |
| 12 | Les teneurs en K ⁺ , Na ⁺ et Ca ⁺² des échantillons du sol en fonction des saisons | 63 |

Liste des figures

| Numéro de figure | Titres des figures | page |
|------------------|---|------|
| 1 | Aire de répartition d' <i>Acacia tortilis</i> (Forsk.) <i>Hayne</i> subsp. <i>raddiana</i> (Savi) <i>Brenan</i> | 6 |
| 2 | Planche descriptive d'un rameau feuillé florifère d' <i>Acacia tortilis</i> (Forsk.) <i>Hayne</i> subsp. <i>raddiana</i> (Savi) <i>Brenan</i> . | 9 |
| 3 | Situation géographique de la région d'étude Méguiden | 15 |
| 4 | Diagramme ombrothermique pour l'année 2009 de la région de Timimoun | 18 |
| 5 | Climagramme pluviothermique d'Emberger de la région de Timimoun | 20 |
| 6 | Procédure expérimentale | 29 |
| 7 | Profil racinaire de l' <i>Acacia raddiana</i> en fonction des 3 classes d'âge | 37 |
| 8 | Un stomate dans un morceau d'épiderme de feuille d' <i>Acacia raddiana</i> | 38 |
| 9a | Schéma du type paracytique des stomates | 39 |
| 9b | Coupe d'épiderme d'une feuille d' <i>Acacia raddiana</i> | 39 |
| 10 | Coupe transversale dans la feuille d' <i>Acacia raddiana</i> | 41 |
| 11 | Coupe transversale dans une branche d'un individu jeune au printemps (a) et en été (b) | 42 |
| 12 | La paroi d'un vaisseau dans une coupe transversale de branche d' <i>Acacia raddiana</i> | 43 |
| 13 | Coupes transversales des branches selon l'âge de l'individu et la saison. | 44 |
| 14 | Coupes transversales des racines selon l'âge de l'individu et la saison | 45 |
| 15 | Coupes longitudinales dans une racine d' <i>Acacia raddiana</i> | 46 |
| 16 | La paroi d'un vaisseau dans une coupe transversale de racine d' <i>Acacia raddiana</i> | 46 |
| 17 | Variation spatio-temporelle de la chlorophylle a et b | 47 |
| 18 | Représentation superposée de la chlorophylle (a et b) et les saisons sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP (Axe 1 = 92.14 % d'inertie, axe 2 = 7.86%). | 48 |
| 19 | Représentation superposée de la chlorophylle (a et b) et des échantillons sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP (Axe 1 = 92.14 % d'inertie, axe 2 = 7.86%) | 48 |
| 20 | Dendrogramme de la CAH sur les coordonnées des échantillons sur les deux premiers axes de l'ACP en fonction de l'âge et la saison. | 49 |
| 21 | Représentation des échantillons sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP (Axe 1 = 92.14 % d'inertie, axe 2 = 7.86%). | 50 |

| | | |
|----|---|----|
| | | |
| 22 | Représentation des saisons sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP (Axe 1 = 92.14 % d'inertie, axe 2 = 7.86%). | 50 |
| 23 | Box plot des différentes variables de la composition chimique (plante et sol). | 54 |
| 24 | Cercle des corrélations des variables (ACP sur la composition chimique du végétal et du sol en fonction de l'âge et la saison) (Axe 1 = 50% d'inertie, axe 2 = 23.24%). | 55 |
| 25 | Dendrogramme de la CAH sur les coordonnées des échantillons sur les deux premiers axes de l'ACP (Axe 1 = 50% d'inertie, axe 2 = 23.24%). | 56 |
| 26 | Représentation superposée des classes d'âge et des espèces sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP sur la composition organique (Axe 1 = 50% d'inertie, axe 2 = 23.24%). | 57 |
| 27 | Représentation superposée des classes de saison et des espèces sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP sur la composition organique (Axe 1 = 50% d'inertie, axe 2 = 23.24%). | 57 |
| 28 | Représentation superposée des composantes organiques et des échantillons sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP (Axe 1 = 50% d'inertie, axe 2 = 23.24%). | 58 |
| 29 | Représentation superposée des composantes organiques et des saisons sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP (Axe 1 = 50% d'inertie, axe 2 = 23.24%). | 59 |
| 30 | Box plot des différentes variables des cations selon les organes de la plante et du sol. | 60 |
| 31 | Cercle des corrélations des variables (ACP sur les cations du végétal et du sol en fonction de l'âge et la saison. (Axe 1 = 53.78% d'inertie, axe 2 = 15.38%). | 64 |
| 32 | Dendrogramme de la CAH sur les coordonnées des échantillons sur les deux premiers axes de l'ACP (Axe 1 = 53.78% d'inertie, axe 2 = 15.38%). | 65 |
| 33 | Représentation superposée des classes et des espèces sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP sur la composition organique (Axe 1 = 53.78% d'inertie, axe 2 = 15.38%). | 65 |
| 34 | Représentation superposée des classes et des espèces sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP sur la composition organique (Axe 1 = 53.78% d'inertie, axe 2 = 15.38%). | 66 |
| 35 | Représentation superposée des composantes organiques et des échantillons sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP (Axe 1 = 53.78% d'inertie, axe 2 = 15.38%). | 66 |
| 36 | Représentation superposée des composantes organiques et des saisons sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP (Axe 1 = 53.78% d'inertie, axe 2 = 15.38%). | 67 |
| 37 | Variation spatio temporelle du pH et CE de la solution du sol | 68 |

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|-----------|
| Résumés | |
| Liste des tableaux | |
| Liste des figures | |
| Introduction..... | 1 |
| Chapitre 1 : Présentation de l'espèce végétale..... | 3 |
| 1.1. Description systématique de l'espèce..... | 3 |
| 1.1.1. La famille des Fabacées..... | 3 |
| 1.1.2. La sous famille des Mimosacées..... | 4 |
| 1.1.3. Le genre <i>Acacia</i> | 4 |
| 1.1.4. L'espèce <i>raddiana</i> | 4 |
| 1.1.5. L'écologie de l' <i>Acacia raddiana</i> | 5 |
| 1.2. Description floristique de l'espèce..... | 8 |
| 1.2.1. Les feuilles..... | 8 |
| 1.2.2. Les fleurs et inflorescences..... | 8 |
| 1.2.3. Les fruits..... | 8 |
| 1.2.4. Les épines..... | 10 |
| 1.2.5. Le tronc | 10 |
| 1.2.6. Les racines..... | 11 |
| 1.3. La strate herbacée | 12 |
| 1.4. L'utilisation de l'espèce et son intérêt phyto-thérapeutique | 13 |
| Chapitre 2 : Matériel et méthodes..... | 15 |
| 2.1. Présentation de la région d'étude..... | 15 |
| 2.1.1. Situation géographique..... | 15 |
| 2.1.2. Climat | 16 |
| 2.1.2.1. Les températures..... | 16 |
| 2.1.2.2. Les précipitations..... | 17 |

| | |
|--|-----------|
| 2.1.2.3. Les vents..... | 17 |
| 2.1.2.4. Diagramme ombrothermique de Gaussen..... | 17 |
| 2.1.2.5. Climagramme pluviothermique d'Emberger..... | 19 |
| 2.2. Choix de la station d'étude et échantillonnage | 21 |
| 2.3. Echantillonnage et prélèvements..... | 21 |
| 2.3.1. Echantillonnage..... | 21 |
| 2.3.2. Prélèvements..... | 22 |
| 2.4. Méthodes et analyses..... | 24 |
| 2.4.1. Matériel végétal..... | 24 |
| 2.4.1.1. Mesures des paramètres dendrométriques des individus..... | 24 |
| 2.4.1.2. Coupes anatomiques transversales et longitudinales des racines et branches.. | 25 |
| 2.4.1.3. Observation et comptage des stomates..... | 25 |
| 2.4.1.4. Analyses physico-chimiques..... | 25 |
| 2.4.1.4.1. La matière sèche (MS)..... | 25 |
| 2.4.1.4.2. La matière organique (MO)..... | 26 |
| 2.4.1.4.3. Le bilan ionique (Na^+ , Ca^{+2} et K^+) | 26 |
| 2.4.1.4.4. La chlorophylle « a » et « b »..... | 26 |
| 2.4.1.4.5. La matière azotée totale MAT..... | 27 |
| 2.4.2. Analyses physicochimiques du sol..... | 27 |
| 2.4.2.1. Test du pH..... | 27 |
| 2.4.2.2. Mesure de la Conductivité électrique CE..... | 27 |
| 2.4.2.3. La teneur en eau hygroscopique..... | 28 |
| 2.4.2.4. La matière organique (MO) | 28 |
| 2.4.2.5. Le bilan ionique (Na^+ , Ca^{+2} et K^+) | 28 |
| 2.4.2.6. La matière azotée totale MAT..... | 28 |

| | |
|--|-----------|
| 2.4.3. Analyses statistiques..... | 28 |
| Chapitre3 : Résultats et discussions..... | 30 |
| 3.1. Aperçu morphologique..... | 30 |
| 3.1.1. Les feuilles et les épines..... | 30 |
| 3.1.2. Les fleurs et inflorescences..... | 31 |
| 3.1.3. Les fruits et graines..... | 33 |
| 3.1.4. Le tronc..... | 34 |
| 3.1.5. Les racines | 36 |
| 3.2. Aperçu anatomique..... | 38 |
| 3.2.1. Les feuilles..... | 38 |
| 3.2.1.1. La distribution et l'arrangement des stomates..... | 38 |
| 3.2.1.2.La densité stomatique | 39 |
| 3.2.1.3. L'organisation tissulaire de la feuille..... | 41 |
| 3.2.2. Les branches..... | 42 |
| 3.2.3. Les racines..... | 45 |
| 3.3. Aperçu chimique..... | 47 |
| 3.3.1.. Dosage de la chlorophylle « a » et « b »..... | 47 |
| 3.3.2 .Analyse physico-chimique spatio-temporelle du matériel végétal et du sol... | 51 |
| 3.3.2.1. La matière sèche et la matière minérale du végétal | 51 |
| 3.3.2.2. Les composés organiques du végétal et du sol | 53 |
| 3.3.2.3. Les cations dans le végétal et le sol | 60 |
| 3.3.2.4. Les analyses spatio-temporelles du sol..... | 68 |
| 3.4. Discussion générale..... | 69 |
| Conclusion et perspectives..... | 73 |
| Références bibliographiques..... | 75 |
| Annexes..... | 84 |