INTRODUCTION

En Algérie, les travaux récents sur les formations végétales méditerranéennes confirment la régression intense du tapis végétal dans la région de Tébessa. La végétation de cette région, présente un bon exemple d'étude ; et certainement une intéressante approche de la dynamique naturelle de ces écosystèmes.

Le paysage forestier et pré-forestier connait des transformations rapides régressives liées aux différents facteurs de dégradation. La végétation actuelle résulte de l'interaction d'un ensemble de facteurs relevant du climat et surtout par une longue et profond d'action anthropozoogène. Sous cette pression permanente, les forêts ont tendance à se transformer en pré-forêt. Ces dernières sont clairsemées et détruites à leur tour pour céder la place aux espèces épineuses et/ou toxiques.

La sécheresse, qu'a connue la région de Tébessa, a perturbé profondément la végétation naturelle, entrainant chez les végétaux d'importants phénomènes de stress hydrique et d'adaptation du milieu.

En Algérie, les steppes à Alfa occupaient environ 70 % de la surface des hautes plaines steppiques **(DJEBAILI, 1978).** Les steppes à Alfa (*Stipa tenacissima* L.) s'étendaient sur 4 millions d'Ha dans les années 1970 et actuellement cette superficie est évaluée seulement à 2 millions d'Ha, ce qui exprime que ces steppes ont été les plus affectées par la dégradation récente (**AIDOUD et *al*, 2006).**

Les steppes algériennes connaissent de sérieuses modifications depuis plus de 3décennies ; la mer d'Alfa décrite par de nombreux explorateurs aux XIXe et XXe siècles **(MAIRE, 1953),** ne figure plus que dans les archives. Divers facteurs, en particulier l'anthropisation et les aléas climatiques, sont responsables de la situation actuelle des nappes alfatières.

Les steppes dominées par *Stipa tenacissima* L constituent l'un des écosystèmes les plus représentatifs des zones semi-arides du bassin méditerranéen. Ces communautés végétales ont été utilisées par l'homme depuis des milliers d'années. *Stipa tenacissima* L, espèce endémique de la Méditerranée occidentale, elle s'adapte bien à la sécheresse, constituait un des éléments dominants de la végétation des steppes algériennes.

Le but de cette étude est d'illustrer l'état actuel de *Stipa tenacissima* L et de décrire les différents cortèges floristiques et faunistiques liés à cette espèce dans la région de Tébessa.

Le paysage steppique est un paysage toujours méditerranéen, qui évolué rapidement au sens régressif sous l'effet des transformations des activités humaines. La multiplicité des

fonctions sociales et le rôle écologique de ces steppes en font un type de paysage important et particulier à comprendre et à gérer.

1. Répartition géographique

1.1. Mondial

Stipa tenacissima L. est une herbe vivace typiquement méditerranéenne appartenant à la sous-région écologico-floristique ibéro-maghrébine, qui fait partie intégrante de la région méditerranéo-steppique s'étendant de la moyenne vallée de l'Èbre jusqu'à celle de l'Indus **LE HOUÉROU (1990).** Par ailleurs, c'est l'une des espèces xérophiles qui caractérise le mieux les milieux arides méditerranéens à l'exclusion des secteurs désertiques. Sa terre d'élection est l'Afrique du Nord, et tout particulièrement les Hauts Plateaux du Maroc et de l'Algérie. Mais cette espèce est présente en Espagne orientale et méridionale, au Portugal méridional, aux Baléares, et elle s'étend vers l'Est jusqu'en Égypte. Au Sud et à l'Est, la limite naturelle de *Stipa tenacissima* L est déterminée par la sécheresse ; en bordure du Sahara, elle est fréquemment localisée sur les bords des oueds temporaires. Au nord et à l'ouest, en revanche, c'est l'humidité croissante du climat qui l'élimine de la flore.

La répartition territoriale connue à ce jour est estimée à **:**

- Algérie : 4.000.000 ha
- Maroc : 3.186.000 ha
- Tunisie : 600.000 ha
- Lybie : 350.000 ha
- Espagne : 300.000 ha



Figure 01 : Répartition géographique de *Stipa tenacissima* dans le monde **(Source ANAT.2004)**

1.2. En Algérie

Sur le plan physique, les steppes algériennes, situées entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud, forment un ruban de 1000Km de long sur 300 Km de large, réduites à moins de 150 Km à l'Est. Elles couvrent une superficie globale de 20 millions d'hectares. Elles sont limitées au Nord par l'isohyète 400 mm qui coïncide avec l'extension des cultures

céréalières en sec et, au Sud, par l'isohyète 100 mm qui représente la limite méridionale de l'extension de l'Alfa (*Stipa tenacissima* L). Les étages bioclimatiques s'étalent du semi-aride inférieur frais au per aride supérieur frais. Ce zonage bioclimatique est actuellement en cours de révision par les chercheurs qui se penchent sur l'impact des changements climatiques et celui du processus de désertification sur ces limites.

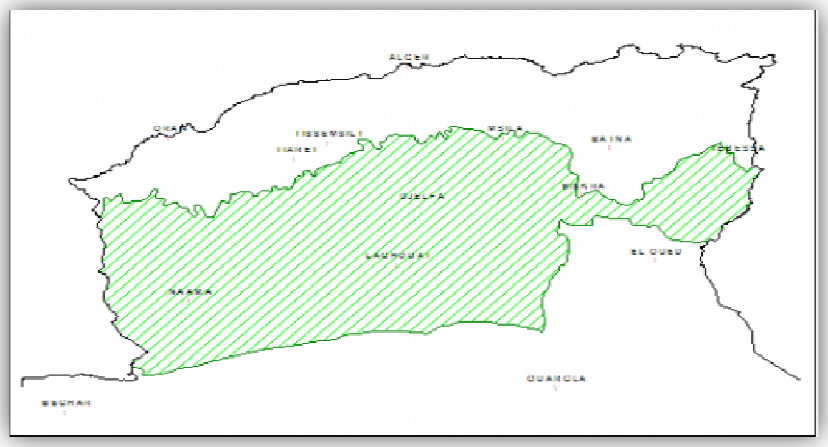


Figure 02 : Localisation de la région des hautes plaines steppiques de l'Algérie. **(Source ANAT.2004)**

1.3. En Tébessa

A Tébessa c'est une formation basse spécifique à l'étage semi-aride. Elle couvre une superficie de 303826 ha réparties principalement dans les trois grandes zones alfatière suivantes : Les hautes plaines de Bir El Ater, les Djebeles de Nemamcha et le plateau saharien **(OZENDA, 1958 ; BOUDY, 1950).**

2. La botanique de *Stipa tenacissima*L.

La connaissance approfondie de *Stipa tenacissima* L. a préoccupé depuis longtemps plusieurs chercheurs. Son étude, sa biologie et son écologie ont attiré l'attention de **KHELIL (1995)**

En raison de l'importance de cette plante dans le maintien de l'équilibre de l'écosystème et de son intérêt économique, nous jugeons nécessaire de rappeler les principales caractéristiques de l'espèce.

2.1. Nomenclature et classification botanique

Nom vulgaire : L'alfa, en anglais Esparto

Nom scientifique : *Stipa tenacissima L.*

- **Classification BOUDY (1950)**

Règne :*Plantae*

Sous règne : *Tracheobionta*

Super Division : *Spermatophyta*

Division : *Magnoliophyta*

Classe : *Liliopsida*

Ordre : *Poales*

Famille : *Poaceae*

Genre : *Stipa L.*

Espèce : *Stipa tenacissima L.*

2.2. Caractères botaniques du genre de *Stipa tenacissima*

2 .2.1.Caractéristique du genre

Le genre *Stipa L*. caractérisé par un lemme prolongée par une très longue arête qui est coudée en son milieu, tordue en spirale et généralement poilue au-dessous du coude, glabre et arquée en fouet au-dessus. Ce genre, bien représenté dans le sud de l'Europe, atteint à peine la bordure nord du Sahara, au pied de l'Atlas saharien. **OZENDA (1977)**

Stipa L : caractérisé par une panicule plus ou moins lâche. Epillets indépendants, comportant une fleur fertile. Lemme pourvue d'un calus allongé et souvent velu, portant au sommet une arête simple, genouillée, plus ou moins tortillée et, le plus souvent, très longue. Feuilles étroites et enroulées. **QUEZEL et SANTA (1962)**

2.2.2. Caractéristique de *Stipa tenacissima* L.

2.2.2.1. Partie souterraine

La partie souterraine de la touffe de *Stipa tenacissima* L est constituée par l'ensemble des rhizomes caractérisés par des nœuds et des entre-nœuds, des racines et des radicelles touffues et très denses. des cendant à des profondeurs variables (jusqu'à 50cm dans le sol) suivant la nature de la roche-mère et la profondeur du sol.**(TRABUT, 1889).**

2.2.2.1.1. Le rhizome

Le rhizome est ramifié avec rejets, les rejets se terminent avec les jeunes pousses feuillets. Sur le plan anatomique, l'épiderme du rhizome comprend des cellules à parois fortement épaisses et irrégulières, Il est caractérisé par des entre-nœuds très courts et par des ramifications importantes. Sur leur face supérieure, les entre-nœuds présentent des bourgeons qui donnent soit un nouvel entre-nœud soit un rameau aérien. Sur les rhizomes âgés, quelques pousses terminales donnent naissance à des chaumes florifères. **DAGET (1980).**

2.2.2.1.2. Les racines

La quasi-totalité du système racinaire de *Stipa tenacissima* L se localise dans l'horizon superficiel à une profondeur allant jusqu'au niveau de la croûte calcaire qui fait un obstacle aux racines, mais quelques racines périphériques s'étalent vers l'extérieur.

La racine présente une coiffe à son extrémité ; au-dessus de la coiffe on a les poils radicaux, abondants, longs, à surface hérissée. Elle présente une biomasse racinaire très importante, supérieure à sa biomasse aérienne. **POUGET (1980).**

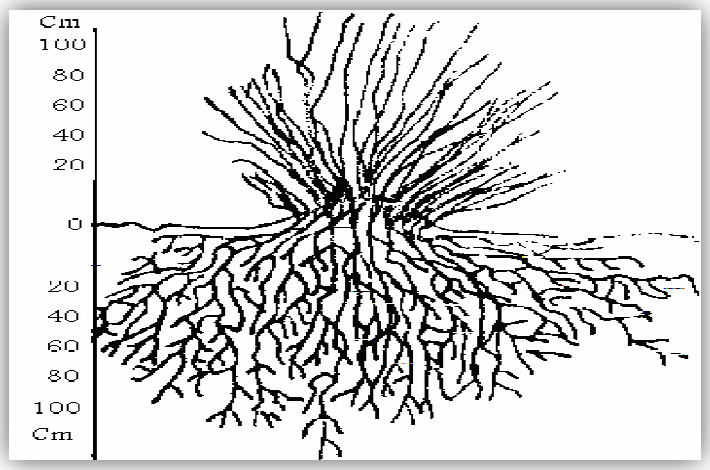


Figure 03 : système racinaire de *Stipa tenacissima*

(SOUAD, 2011)

2.2.2.2. Partie aérienne

La partie aérienne de *Stipa tenacissima* L, c'est-à-dire sa feuille, est constituée par des rameaux portant des gaines surmontées de limbes de 30 à 120 cm, qui, par l'effet de la sécheresse, se recourbent en gouttières et prennent l'aspect d'une feuille de jonc. **BOUDY (1950).**

Stipa tenacissima L est une poacée vivace, coespiteuse et xérophile ; elle varie de 20 à 150cm de hauteur et de 10 à 180cm de diamètre. La partie aérienne de la touffe comprend les feuilles, portant des gaines imbriquées les unes dans les autres, surmontées de limbes qui peuvent atteindre 100cm à maturité, et par des chaumes inflorescences portant à leur sommet les panicules en période de floraison.

2.2.2.2.1. La tige

Elle est creuse et cylindrique, sa cavité est interrompue régulièrement au niveau du nœud par des diaphragmes résultant de l'enchevêtrement des faisceaux conducteurs. Au niveau de chaque nœud existe un bourgeon qui peut donner naissance soit à un entre-nœud, soit à une tige aérienne, ou reste dormant parfois pendant plusieurs années et constitue une

réserve qui entre en activité lorsque la souche est épuisée. **(BOURAHLA et GUITTONNEAU, 1978).**

2.2.2.2.2. Le chaume

Le chaume est feuillé et recouvert par des gaines très longues. Il ne présente pas de nœuds dans toute la partie émergée : il est directement lié à un autre nœud du rhizome.

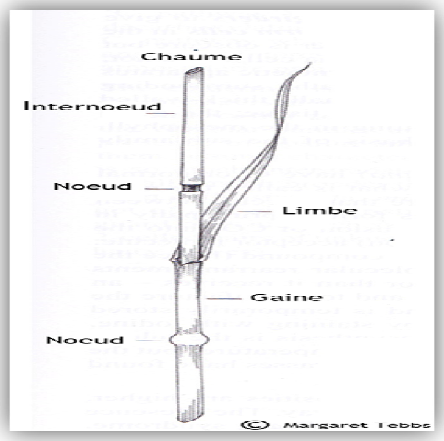


Figure 04 : Schémas de chaume chez les poacées

(SOUAD, 2011)

2.2.2.2.3. La feuille

La feuille de *Stipa tenacissima* L est longue et grêle, souvent unciforme, constituée par un limbe dont la face inférieure porte de fortes nervures, l'une et l'autre sont recouvertes d'une cire isolante qui permet à la plante de résister à la sécheresse**.** La longueur de la feuille est de 50 à 60 centimètres. **DALLEL (2012)**

Les feuilles de *Stipa tenacissima* L sont persistantes, durant au moins deux à trois ans, elles se divisent en deux parties : la gaine et le limbe réunis par une articulation.



Figure 05 : La feuille des monocots.

(SOUAD, 2011)

2.2.2.2.4. La gaine

La partie inférieure de la feuille est lisse, luisante, enroulée, attachée vers le bas directement au rameau issu d'un entre nœuds du rhizome, vers le haut, la gaine porte le limbe, elle présente deux faces d'épidermes très différentes sur la face externe, l'épiderme présente de nombreuses cellules exothermiques, doublées d'une assise de fibres hypodermiques. Sur la face interne, plusieurs racines parenchymateuses incolores constituant l'épiderme. Les faisceaux sont entourés de parenchyme chlorophyllien. **TRABUT (1889).**

2.2.2.2.5. La ligule

La ligule est située entre la gaine et le limbe, elle a une forme pointue.

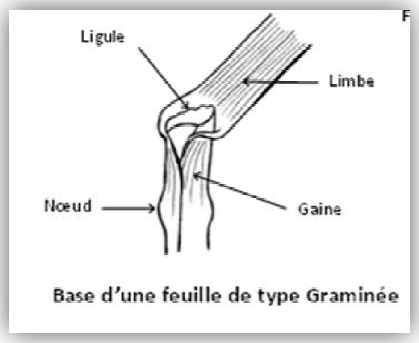


Figure 06 : Schéma de la gaine et ligule chez les poacées.

SOUAD, (2011)

2.2.2.2.6. Le limbe

La longueur moyenne du limbe, à la maturité, varie entre 40 et 80cm ; sous l'influence de la sécheresse, le limbe s'enroule, se durcit prend l'aspect d'une feuille ; il présente une pointe fine avec une teinte blanchâtre à jaunâtre. La face interne ou supérieure du limbe est argentée, relevée de sept fortes nervures couvertes de villosité la face externe ou inférieure, luisante, unie, dépourvue de nervures saillantes. Les deux faces sont pourvues d'une cire pour permettre à la plante de résister à la sécheresse **TRABUT (1889).**

2.2.2.2.7. L'inflorescence

L'inflorescence de *Stipa tenacissima* L est une panicule compacte et dressée de longueur entre 25 et 35cm, composée par l'ensemble des épis constitués eux-mêmes par des épillets en nombre variable, qui correspondent aux fleurs chez *Stipa tenacissima* L. l'épillet est fixé sur un pédoncule par un entre-nœud et est formé de deux glumes (inférieures et supérieures) et de l'unique fleur portée par un rachis. **DALLEL (2012).**

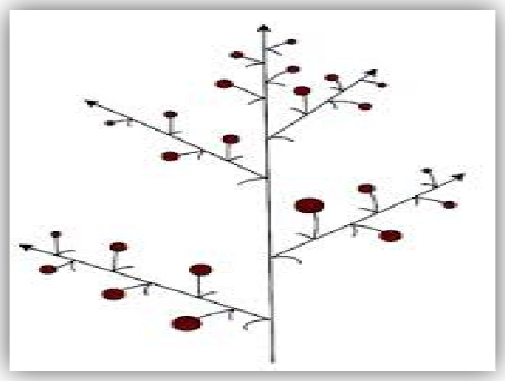


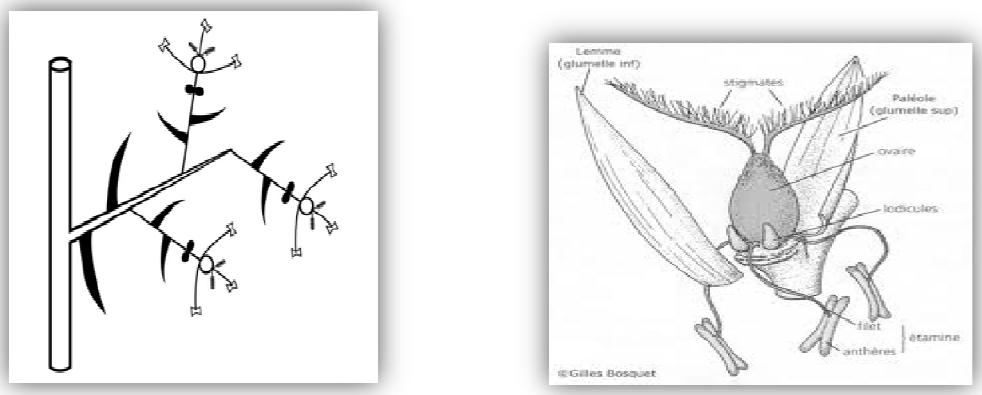
Figure 07 : Schéma de l'inflorescence (panicule : grappe en grappe)

(SOUAD, 2011)

2.2.2.2.8. La fleur

La fleur est protégée par deux glumes d'égale longueur. La glumelle supérieure bifide au sommet, velue dorsalement, porte une arête et la glumelle inférieure est plus fine. Généralement, les fleurs apparaissent vers la fin avril, début mai, La fleur unique est articulée et se détache facilement à la maturité.

La floraison a lieu à partir de la fin du printemps et durant tout l'été. Cette espèce est hermaphrodite (présentant les 2 sexes sur la même fleur). La pollinisation se fait de manière entomogame c'est-à-dire que le pollen est porté par des insectes, et la dissémination des graines se fait par anémochorie (le mode de dispersion des graines des végétaux se faisant grâce au vent). **(NEDJRAOUI, 1990 et MOULAY et *al.* 2011)**



A **B**

Figure 08 : A et B : Schémas de la fleur

(SOUAD, 2011)

La fleur des Monocotylédones, est composée de 2 verticilles de 3 tépales, de 3 étamines et de 3 carpelles soudés avec un ovaire supère. Cela peut-être résumé par la formule florale suivant :

(3 +3) T + 3 E +3 C

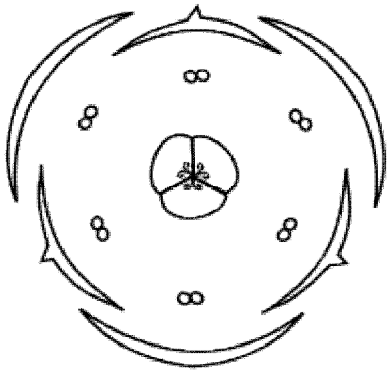


Figure 09 : Diagramme floral des monocots.



Figure 10 : la fleur et l'inflorescence de *Stipa tenacissima*L **(photo personnelle, 02/04/2016).**

2.2.2.2.9. Le fruit

Le fruit de *Stipa tenacissima* L est un caryopse appelé graine qui mesure à maturité 5 à 8 mm de longueur, linéaire, allongé avec un hile formant le sillon longitudinal. Sa partie supérieure est brune et porte souvent les stigmates desséchés.

Le **caryopse** est un fruit sec, indéhiscent, à une seule graine dont le tégument est intimement soudé au péricarpe du fruit.

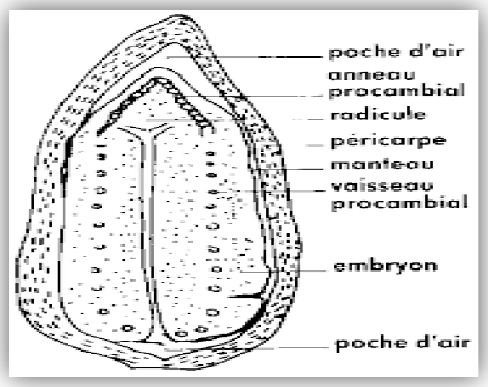


Figure 11 : Schéma du fruit (caryopse).

(SOUAD, 2011)

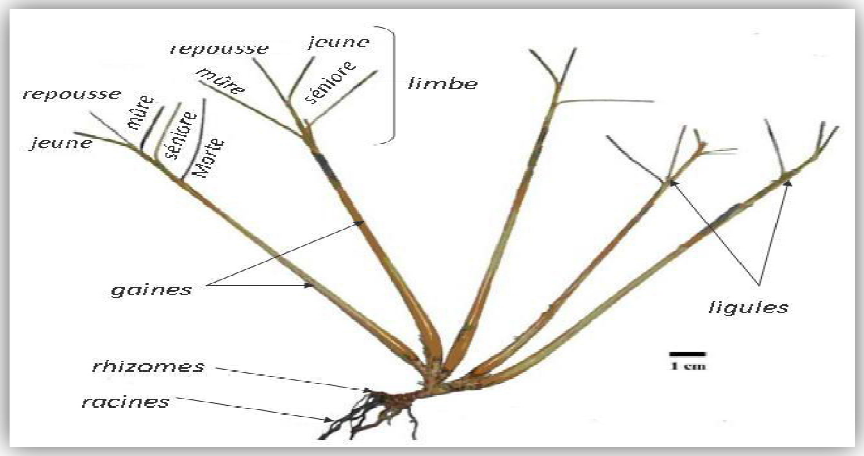


Figure 12 : Morphologie de *Stipa tenacissima* L avec indication des parties Principales. **(SOUAD, 2011)**

3. La biologie de *Stipa tenacissima L*

3.1. Phase de végétation

Les formations steppiques et ceux de *Stipa tenacissima* L sont considérés comme étant l'un des meilleurs remparts face à l'avancée du désert .**MOULAY et *al* (2011).** Il entre dans la catégorie des végétaux verts. Ses phéno-phases sont les suivantes :

- **Début de printemps :** dès que la température dépasse 3 à 5°C les feuilles persistantes entrent en activité, et commencent à synthétiser leurs substances nutritives, les jeunes feuilles déjà ébauchées depuis l'automne sortent des gaines et de nouvelles innovations se forment **MOULAYet *al* (2011).**Entre la fin du mois d'Avril et le début du mois de Mai apparaissent les fleurs.

- **Au début de l'été**, les fruits sont mûrs. **En Juillet**, la feuille ferme ses stomates et se met en état de vie ralentie sous l'effet de la sécheresse.
- **Aux premières pluies d'automne**, les feuilles s'allongent et le mécanisme d'assimilation continue.

3.2. Phases de reproduction

L'Alfa se multiplie en milieu naturel par semis, par bourgeon dormant et par extension et fragmentation des souches. **BOURAHLA et GUITTONNEAU (1978).**

3.2.1. Reproduction par semis

La maturité de l'épillet est en juin et la floraison de *Stipa tenacissima* L est assez Courante pour peu que les précipitations soit suffisantes et la ramification axillaire apparait très tôt après la germination. **BOURAHLA et GUITTNNEAU (1978)**

3.2.2. Reproduction par bourgeons dormants

Lorsque les veilles touffes sont épuisées, les bourgeons axillaires se réveillent au Printemps, donnent naissance à de petites touffes dont les feuilles restent courtes pendant trois ans ou plus. Cette rénovation des touffes à partir des bourgeons dormants est le principal mode de reconstitution des nappes Alfatières détruites par abus de cueillette**. BOURAHLA et GUITTNNEAU (1978)**

3.2.3. Reproduction par extension et fragmentation des souches

L'encombrement important des touffes par les feuilles mortes dont l'ensemble constitue le fatras, favorise la floraison, crée à l'intérieur d'elle un milieu asphyxique perturbant leur et accélère le dépérissement des rameaux anciens du centre entrainant ainsi la fragmentation ou la carcinassions des touffes, phénomène considéré comme l'un des mécanismes de régénération naturelle de *Stipa tenacissima* L par voie végétative. **(BOURAHLA et GUITTONNEAU, 1978).**

4. La calcination

Quand les feuilles mûres restent sur pieds longtemps, sans être enlevées, par exploitation ou nettoiement, elles se dessèchent, cessent toute activité photosynthétique et tombent au centre de la touffe. D'autre part, les débris des feuilles, des chaumes florifères, des vieux rameaux, s'accumulent au centre de la touffe, formant avec les feuilles sèches un feutrage appelé fatras. Le fatras encombre la touffe, asphyxie tous les bourgeons des rhizomes du centre. Il empêche toute multiplication par ramification axillaire. Cependant, la multiplication caulinaire continue normalement, la touffe prendra alors un développement centrifuge. Le centre s'entrouvre de plus en plus, la touffe prendra petite à petit une forme circulaire **BOUDY (1950).**

5. Ecologie de *Stipa tenacissima* L

5.1. Facteurs climatiques

Cette espèce est présente dans les milieux arides méditerranéens, exceptés dans les zones désertiques. Elle délimite le désert, là où *Stipa tenacissima* L s'arrête, le désert commence **HALITIM (1988).** Elle possède une amplitude écologique très vaste qui lui permet de s'étendre depuis les dunes littorales jusqu'à des altitudes de 2400 m, elle est xérophile. *Stipa tenacissima* L est beaucoup plus rare dans les étages subhumides et surtout humides, dans lesquels on ne la rencontre qu'à la faveur de conditions édaphiques et méso-climatiques favorables.

Stipa tenacissima L résiste à –15 °C. Au-dessous de 1 à 3°C, la plante se met en état de vie latente, l'optimum de développement pour elle se situe entre 19 à 25 °C de température moyenne annuelle. **BOUDY(1950)**

Les steppes à *Stipa tenacissima* L dominant se rencontrent dans les zones là où les précipitations annuelles varient entre 450 et 1300 mm. **DJEBAILI (1978),**

Selon **BOUDY (1950),** *Stipa tenacissima* L est surtout abondant entre 200 et 400 mm détranche pluviométrique, mais peut vivre là où cette tranche s'abaisse à 150 mm.

La limite inférieure pour le développement de *Stipa tenacissima* L est de 150 mm d'eau par an. L'optimum se situe entre 200 et 400 mm. La limite supérieure est d'environ 500 mm.

Stipa tenacissima L supporte bien un enneigement prolongé **KHELIL(1995).** Sa grande résistance, au froid, lui permet d'atteindre des altitudes élevées ; c'est pour cela qu'on peut la retrouver à 1800 m d'altitude. **TRABUT (1889).**

Le vent joue un rôle important dans la dispersion des semences et le transport des matériaux qui en s'accumulant au niveau de la touffe de *Stipa tenacissima* L augmentent l'épaisseur du sol .**KHELIL (1995).**

5.2. Facteurs édaphiques

Stipa tenacissima L se développe sur des sols le plus souvent à substrat Calcaire(Maghreb) ou marno-calcaire (Espagne) et en général bien drainés. Trois types de *Stipa tenacissima* L sont distingués selon le site occupé : *Stipa tenacissima* L de glacis à très faible pente <2m : *Stipa tenacissima* L ensablé dont la taille peut dépasser 1,50 m lorsque est limité à la touffe ; et *Stipa tenacissima* L de montagne. **OZENDA(1977).**

Selon **KAABECH (1990),** *Stipa tenacissima* L se développe sur des sols squelettiques secs à texture limono-sableuse. *Stipa tenacissima* L fuit les sols lourds où l'argile dépasse 12 à 15 % des éléments, si le drainage est mal assuré.

Stipa tenacissima L fuit aussi Les eaux stagnantes, peu d'argile recouverte de pierrailles calcaires sur un substrat sableux, et avec pH compris entre 7 à 8,5, les terrains salés ne conviennent pas à *Stipa tenacissima* L. **KHELIL (1995).**

Stipa tenacissima L ne montre pas d'exigence édaphique mais vient sur les sols calcaires et pierreux, elle fuit les dépressions inondées, les sols argileux et salés dans son aire de prédilection. **ABDELKRIM (1984).**

Les steppes de *Stipa tenacissima* L se trouvent dans de nombreux types de conditions édaphiques. Elles se développent sur des sols marneux, calcaires ou gypseux, et généralement sur des sols peu profonds**. JORDI et *al* (2012).**

6. L'usage et l'intérêt de *Stipa tenacissima* L

Cette espèce occupe en Algérie une place importante, aux plans sociaux, économiques, culturels et industriels. **BOUDJADA (2009).** Elle est aussi un facteur essentiel de l'équilibre pastoral.

Le premier usage des steppes de *Stipa tenacissima* L a été avant tout pastoral pendant des siècles. Cependant, en tant que fourrage, *Stipa tenacissima* L lui-même est en général faiblement apprécié par les ovins. Les feuilles ont une valeur de matière sèche faible (0,25 à 0,35 UF/Kg MS), mais les inflorescences très appréciées présentent une valeur de 0,6UF/Kg MS **(NEDJRAOUI, 1981).**

L'exploitation et l'utilisation artisanale des feuilles a toujours existé et se poursuit de nos jours. L'arrachage de *Stipa tenacissima* L est une vielle activité qui fournissait de la matière à l'artisanat domestique des pasteurs (vannerie, cordage, sacs, etc.) mais en général sans grand dommage pour les nappes.

Cette poacée pérenne présente un intérêt économique certain puisqu'elle entre dans la fabrication de la pâte à papier vu sa richesse notamment en cellulose. **HARCHE (1979)** ; elle est utilisée en vannerie et sert de fourrage pour les troupeaux en période de disette **(TRABUT, 1889 ; HARCHE, 1979).**

Depuis le début du X1Xèmesiècle, suite à l'avènement de la papeterie à base de *Stipa Tenacissima* L, la production de cette espèce a constitué une richesse précieuse en Espagne et au Maghreb et particulièrement en Algérie qui a connu une grande prospérité. *Stipa tenacissima* L des hauts plateaux a été le fournisseur alfatier le plus important à partir du Nord de l'Afrique. Cette industrie du papier introduite il y a près d'un siècle (1896) a pendant longtemps exporté sa production notamment vers l'Angleterre et l'Ecosse. *Stipa tenacissima* L donnait un papier, fabriqué en Angleterre, de qualité de renommée mondiale. Après la décennie des années 1980, l'industrie papetière, représentée essentiellement par l'usine de

Mostaganem, se voit contrainte de fermer ses ateliers de fabrication de pâte, suite aux difficultés d'approvisionnement en *Stipa tenacissima* L. Par ailleurs, la feuille de *Stipa tenacissima* L possède des acides gras insaturés, notamment l'acide oléique et l'acide linoléique, pouvant être valorisés dans le domaine diététique.



Figure 13 : La fabrication de la pâte à papier.



Figure 14 : l'artisanat domestique des pasteurs (vannerie, cordage, sacs, etc.)

(SOUAD, 2011)

6.1. Intérêt écologique

C'est une plante pérenne qui, par définition, est capable de persister durant les conditions sévères de sécheresse en maintenant une activité physiologique (une vie ralentie) **(NEDJRAOUI, 1990).** Cette capacité permet d'éviter l'exposition du sol à l'érosion éolienne durant les périodes sèches et l'on comprend ainsi, le rôle fondamental que joue ce type de plante dans la protection et le maintien de l'intégrité écologique de tout l'écosystème**.** Elle joue un rôle important dans la lutte contre le phénomène de désertification, comme elle est considérée comme l'un des remparts face à l'avancée du désert grâce à son système racinaire très développé qui permet la fixation et la protection du sol. (**ZAIDI et MESSEN, 2001).**

7. Syntaxonomie et phyto-écologie

Dans la syntaxonomie des pelouses thérophytiques de l'Europe occidentale, **RIVAS (1977)** définissait une nouvelle classe à tendance thermophile où dominent les graminées vivaces ; et dont l'aire de répartition est la méditerranée occidentale : ce sont les *LYGEO-STIPETEA.*

Dans ta plupart des travaux **(LE HOUEROU, 1969 ; CELLES, 1975 ; DJEBAILI, 1978 et ABDELKRIM, 1984)** relatifs à *Stipa tenacissima* L et aux groupements steppiques à *Stipa tenacissima* L, arborés ou ouverts, *Stipa tenacissima* est un taxon dont la présence, l'abondance et la dominance sont notoires. Nous le rencontrons aussi bien dans les formations boisées à pin d'Alep, genévrier de Phénicie et romarin que dans les formations steppiques ouvertes pures ou en mélange avec les groupements thérophytiques du semi-aride et de l'aride.

Dans le vaste territoire biogéographique qu'occupent *Stipa tenacissima* L et la steppe à *Stipa tenacissima* L, les études syntaxonomiques doivent être l'objet d'analyses propres aux diverses formations où le taxon existe. Intégré aux syntaxes pré-forestières des steppes arborées dans son aire septentrionale et notamment en Afrique du Nord, *Stipa tenacissima* L persiste vers son aire méridionale dans les Lygeo-Stipetea mais aussi dans les groupements présahariens du Koelpinio Arthrophytetum. **DJEBAILI (1978).**

Selon **RIVAS-MARTINEZ (1978) et KAABECHE (1990)** la végétation steppique d'Algérie relevant de la classe des *LYGEO-STIPETEA* est caractérisée par l'ensemble floristique suivant : *Stipa tenacissima* L*, Stipa parviflora, Artemisia herba-alba, Atractylis humilis, Dactylis glomeratas ubsphispanica, Lygeum spartum, Paronychia capitata, Plantago albicans, Poa bulbosa, Salvia verbenaca, Stipa barbata* et *Stipa lagascae.*

Cette classe comprend deux ordres :

- *Stipetalia tenacissimae* **(KAABECHE 1990)** : représentée par les steppes liées au bioclimat méditerranéen aride, cet ordre réunit l'ensemble des groupements steppiques de cette zone bioclimatique. Les principales espèces caractéristiques de cet ordre sont : *Stipa tenacissima, Alliumcupani, Astragalusincanus, Astragalus tenuifolious, Helianthemum virgatum, Irissisyrinchium, Paronychia argentea, Poabulbosa*et *Podospermum laciniatum.*
- *Gymnocarpo-Arthrophytetalia Scopariae* (**KAABECHE, 1990)** : cet ordre est représenté par l'ensemble des steppes liées au bioclimat méditerranéen saharien. Il réunit les groupements à *Arthrophytum scoparium* de la région Saharo-arabique.

8. Les principaux facteurs de la dégradation des formations à *Stipa tenacissima L*

La steppe à *Stipa tenacissima L* connaît une régression importante puisqu'elle couvrait en région occidentale, au siècle dernier, plus de 3 millions d'hectares et ne couvre actuellement que 1.2 millions d'hectares. L'état actuel de cette formation végétale pérenne à *Stipa tenacissima* L., se caractérise par une régression inquiétante de son aire due essentiellement à l'absence presque totale de sa régénération naturelle.

8.1. Les contraintes climatiques

8.1.1. La sécheresse

La sécheresse cyclique transforme les paysages tout en accentuant l'action destructrice de l'homme. La dernière sécheresse qui a sévi dans les Hautes Plaines Oranaises, de 1980 à 1990, est exceptionnelle par son ampleur. La sécheresse a été le révélateur de la désertification dans les zones arides où, vu la faible pluviosité et sa plus grande variabilité, il est devenu plus difficile à l'écosystème et à la société de résister. Cependant, l'impact de la sécheresse est faible ou négligeable là où l'impact humain et animal est faible ou nul. En effet, la végétation et les sols des régions arides se sont adaptés à des conditions de sécheresse récurrentes au cours des siècles et des millénaires passés acquérant une capacité à récupérer leurs caractéristiques après perturbation. **Le HOUEROU(1995)**

L'accentuation des phénomènes de sécheresse n'est pas à l'origine de la désertification, mais elle constitue un facteur important d'aggravation de l'effet anthropique sur la dégradation des terres en zones sèches.

La sécheresse contribue à la dégradation des ressources naturelles telles que la végétation, les parcours pastoraux et les sols, accentuant ainsi le processus d'érosion et de désertification.

En effet, la sécheresse et la désertification sont des phénomènes très liés. Au cours du siècle précédent, l'Algérie a vécu plusieurs périodes de sécheresse dont les plus intenses ont été ressenties en 1910 et en 1940 et de manière plus persistante dans les années 1975-1980 ainsi qu'au début du siècle, ce qui donne une idée de l'ampleur de cette sécheresse et de la dégradation climatique qui en est la cause.

Les travaux de **HARCHE (1982)** portant sur une analyse statistique de l'évolution de la pluviosité de plusieurs stations steppiques, montrent que les steppes algériennes sont caractérisées par une aridité croissante, cette tendance est plus prononcée pour les steppes occidentales que les steppes orientales. **BOUAZZA. (1995)** précisent que la zone steppique, sous une ambiance climatique aride, la période sèche peut s'étendre jusqu'à neuf mois.

La lutte contre la désertification de l'espace steppique de l'ouest algérien ne peut réussir que si l'espèce principale *Stipa tenacissima L* est réhabilitée dans son aire écologique. Cette réhabilitation n'est possible qu'à travers une maîtrise de la régénération naturelle qui est menacée par plusieurs facteurs tant climatiques qu'anthropiques.

Sous l'effet du surpâturage (charge pastorale 5 fois supérieure aux potentialités) la steppe à *Stipa tenacissima L* est menacée par les formations à *Lygeum spartum*, espèce plus rustique et s'accommodant au dépôt de sable éolien dont l'épaisseur atteint parfois plus de 14 cm et entrave tout développement de *Stipa tenacissima L.*

8.1.2. Erosion éolienne

Pour ce facteur, les milieux des zones steppiques sont très sensibles aux processus d'érosion dès que la végétation steppique disparaît. Le recours à des techniques d'aménagement et de gestion des terres est nécessaire. Ces techniques sont basées sur l'utilisation judicieuse des eaux de pluie et la plantation d'espèces ligneuses adaptées à ces régions, contribuant aussi bien à l'accroissement de la production qu'à la protection des sols contre l'érosion.

L'érosion éolienne, second facteur physique de dégradation de l'écosystème steppique, est accélérée dans un milieu ou la végétation est devenue plus éparse.

8.2. Les contraintes édaphiques

Les sols sont peu profonds, peu évolués, d'apport colluvial ou évolué de type carbonaté à croûte calcaire. Ce sont des sols chimiquement pauvres et physiquement très fragiles. La texture grossière du semblant de sol encore en place n'est qu'un voile sableux (30%) avec des éléments grossiers (20 %) et une faiblesse en matière organique, sont exposés à l'action dévastatrice des vents **DJEBAILI (1978).** L'horizon superficiel est de texture sableuse d'apport éolien à très faible taux de matière organique (inférieur à 0.2%) ne permettant pas la germination des graines de *Stipa tenacissima L.* Les sols sont soumis en permanence à une érosion éolienne et hydrique qui perturbe tout processus de germination et entrave la régénération. C'est surtout l'effet du vent qui dépose des amas de sable sur la végétation qui constitue un handicap majeur au développement de *Stipa tenacissima* L. Soumise à des vents Sud-est durant plus de 3 mois par an, la zone est connue pour les dépôts sableux dès qu'il y a un obstacle. **MOULAY et *al* (2011)**

8.3. Les contraintes anthropiques

La croissance démographique a été exceptionnellement forte (moins d'un millions d'habitants en 1954, plus de sept millions aujourd'hui) et, en l'absence d'autres sources de revenus, elle a impulsé une croissance non négligeable du cheptel sur la steppe (plus 16 millions de têtes aujourd'hui contre 4 millions en 1954). Surpâturage et extension des labours dénudent le sol, augmentent les risques de ruissellement et d'érosion éolienne, accélèrent la disparition des espèces pastorales les plus intéressantes et diminuent la richesse floristique de la steppe.

En plus des agressions édapho-climatiques, les pratiques agricoles et le surpâturage sont parmi les causes majeures de la dégradation de la steppe à *Stipa tenacissima L*. La pression anthropozoogène contribue fortement à dégrader la formation de *Stipa tenacissima L*. C'est à travers un surpâturage permanent que cette pression s'exerce comme le montre l'ensemble des auteurs ayant étudié ce facteur dans cette zone **LE HOUEROU (1968)** La charge pastorale moyenne réelle observée est estimée à plus de 5 équivalent-ovin par hectare alors que les possibilités ne sont que de 0.5.

Il faut noter que la régression de la nappe alfatière découle de la surexploitation des touffes de *Stipa tenacissima* L pour l'industrie de la cellulose durant la période 1965-1985. Le défrichement et le brulis pratiqués par les grands éleveurs agissent négativement sur le sol et perturbent tout le processus de régénération naturelle. Une fois dégradé, l'écosystème est bien souvent lent ou inapte à se reconstruire ; sa résilience est faible ou nulle, un seuil d'irréversibilité écologique a pu être franchi. Le résultat de ce processus est une régression de *Stipa tenacissima* L qui a été constatée sur toute son aire nord-africaine **(LE HOUÉROU, 1995 et AÏDOUD et *al*, 2006),** et une extension irréversible des paysages désertiques, comme c'est le cas dans la plupart des régions arides **(LE HOUÉROU, 1990)**

Les parcours collectifs de la steppe sud-oranaise connaissent une dégradation alarmante due à un accroissement des effectifs et à une réduction des pâturages accentuée par les défrichements.

Plus de 7 millions de têtes exploitent les 1.6 millions d'hectares de steppe à *Stipa tenacissima* L soit une charge pastorale de l'ordre de 4.3. La tendance à l'appropriation des terrains des parcours par leur mise en culture induit une sédentarisation et par conséquent à une régression de la mobilité des troupeaux. Ainsi, les déplacements traditionnels disparaissent et cette nouvelle forme d'exploitation des formations steppiques remet en cause les bases du système pastoral traditionnel.

8.3.1. Le pâturage et le surpâturage

LE HOUEROU(1969) définit le surpâturage comme une cause essentielle de la dégradation des écosystèmes naturels dans les zones arides et semi-arides d'Afrique du Nord, et comme un prélèvement d'une quantité de végétal supérieure à la production annuelle des parcours. L'impact de l'homme et ses troupeaux sur le tapis végétal par l'intermédiaire du pastoralisme parfois extensif intervient d'une manière brutale dans la modification de ce patrimoine.

La composition du tapis végétal riche en espèces palatables, joue un rôle primordial dans le choix du cheptel. A ce sujet**, BOUAZZA(1995)** souligne que les animaux choisissent les espèces et, par conséquent, imposent à la biomasse consommable offerte une action sélective importante.

La diminution du couvert végétal et le changement de la composition floristique sont des éléments caractérisant ainsi l'évolution régressive de la végétation. L'impact du surpâturage sur la végétation est important aussi bien sur le plan qualitatif que quantitatif.

L'effectif du cheptel pâturant en zones steppiques - dont la composante prédominante est la race ovine (environ 80% du cheptel) - n'a cessé d'augmenter depuis 1968. 10,7% des éleveurs possèdent plus de 100 têtes ce qui représente 68,5% du cheptel steppique. Par contre, la majeure partie des possédants, soit 89,3%, ne possèdent que 31,5% du cheptel. Cette inégale répartition du cheptel est due à l'inégalité dans la répartition des moyens de production**.** En 1968, La steppe était déjà sursaturée, la charge pastorale réelle était deux fois plus élevée que la charge potentielle. Malgré les sonnettes d'alarmes tirées par les pastoralismes de l'époque, la situation s'est en fait aggravée. En 1998, les parcours se sont fortement dégradés, la production fourragère a diminué de moitié et l'effectif du cheptel est 10 fois supérieur à ce que peuvent supporter les parcours. Cet état des choses résulte de la demande soutenue et croissante de la viande ovine en relation avec la croissance démographique et par la haute rentabilité de l'élevage en zones steppiques du fait de la gratuité des fourrages. Le maintien artificiel d'un cheptel de plus en plus important et le défrichage pour la culture des céréales ont donné lieu à la situation désastreuse que connaît la steppe aujourd'hui.

9. La récolte de l'Alfa

L'Alfa se récolte après la maturation des graines, c'est-à-dire, à partir de juillet-août. La récolte commence par l'enlèvement des feuilles uniquement à la main, par arrachage, suivant la pratique adoptée depuis toujours, soit en enroulant les feuilles autour d'un bâton court, soit en se garnissant la main d'une tige de métal. Le javeleur saisit une poignée d'Alfa, l'enroule

autour d'une tige métallique pour assurer sa prise et tire brusquement. Avec son pied il retient les racines pour les empêcher d'être arrachées en même temps que les feuilles. Celles-ci sont liées en petites balles avec une tresse d'Alfa. Puis ces petites balles sont pressées pour constituer les grosses balles qui seront envoyées au centre de collecte. Ensuite, l'Alfa pesée sera stockée dans ces centres avant d'être transférée à l'usine, pour en extraire la pâte à papier en particulier **(Fig. 15).**

Aujourd'hui, il serait possible de mécaniser la récolte d'alfa, cependant, la voie de la Mécanisation n'a pas été suivie, car d'un côté, la récolte manuelle fournit un revenu à quelques milliers de cueilleurs, et d'autre part, comme c'est une activité saisonnière, cela ne serait pas économiquement rentable, en plus de la difficulté d'accès et la topographie particulière des nappes alfatières.



Figure 15 : Les différentes étapes de la récolte de l'Alfa (**a**) l'arrachement, (**b**) la collecte et (**c**) la mise en balle **(SOUAD, 2011)**

10. Problème de régénération naturelle de l'alfa

Les problèmes de dégradation des nappes alfatières ont très vite soulevé le problème de leur régénération **(BOUDJADA, 2009),** qu'est l'ensemble des processus par lesquels les plantes se reproduisent naturellement sans intervention humaine.

En Algérie, les steppes à alfa occupaient environ 70 % de la surface des hautes plaines steppiques **(MOULAY, 2011).** Les steppes à alfa (*Stipa tenacissima L.*) s'étendaient sur 4 millions d'ha dans les années 1970 et actuellement cette superficie est évaluée seulement à 2 millions d'ha, ce qui exprime que ces steppes ont été les plus affectées par la dégradation récente **(AIDOUD, 1999).**

Les steppes algériennes connaissent de sérieuses modifications depuis plus de 30 décennies ; la mer d'alfa décrite par de nombreux explorateurs aux XIXe et XXe siècles, ne figure plus que dans les archives **(MOULAY, 2011)**. Divers facteurs, en particulier l'anthropisation, la lenteur du rouissage et les aléas climatiques, sont responsables de la

situation actuelle des nappes alfatière.

Actuellement du fait de leur difficulté à se régénérer ces steppes régressent rapidement et la diminution de la biomasse verte de l'alfa peut s'expliquer par le surpâturage comme cause principale de dégradation, par la sécheresse **(AIDOUD, 2006)**

Ainsi que l'utilisation industrielle irrationnelle des feuilles d'alfa pour la fabrication de papier de qualité **(LEHOUEROU,1995).**

Cette perte de la capacité de régénération naturelle des steppes à alfa est la conséquence des conditions souvent défavorables à la germination**.,** les conditions climatiques défavorables de la saison estivale rendent presque impossible la survie des jeunes plantules issues de la germination des caryopses.

11. La diversité faunistique du sol

La biodiversité du sol est trop souvent négligée. Les sols abritent des formes de vie très diverses qui assurent leur bon fonctionnement, leur fertilité et leur durabilité. Cette biodiversité permet même d'atténuer le changement climatique, de stocker et de purifier l'eau et de fournir divers composés stimulant la croissance des plantes. La faune du sol aide, notamment, à prévenir l'érosion.

La faune du sol représente des centaines d'espèces, des milliards d'individus et des tonnes de biomasse animale à l'hectare. Elle représente plus de 80% de la biodiversité animale qui est regroupée en 4 catégories selon leur taille:

- **la microfaune**: < à 0,1 mm:
- bactéries (100 billions de cellules, 10.000 espèces)
- champignons (50 km d'hyphes, 100 espèces)
- nématodes, protozoaires, rotifères
- **la mésofaune**: entre 0,1 mm et 2 mm :
- acariens, collemboles, protoures, diploures, symphilis, enchytréides,...
- **la macro/mégafaune**: > à 2 mm:
- insectes, arachnides, myriapodes, mollusques et lombricidés, campagnols .

Tableau 01 : Principaux représentants de la pédofaune.

Groupe	**Nombre d'espèces**	**Individus/m²**	**Biomasse (g/m²)**
Protozoaires	68	100.000 – 10milliards	6 à > 30
Nématodes	65	10 à 30 millions	1 à 30
Vers de terre	48 – 100	50 à 400	20 à 400
Acariens	11 (+36)	20.000 à 400.000	0,2 à 4
Collemboles	140	20.000 à 400.000	0,2 à 4
Larves d'insectes	>245	Jusqu'à 500	4,5
Myriapodes			
Diplopodes	6	20 à 700	0,5 à 12,5
Chilopodes		100 à 400	1 à 10
Isopodes	**6**	Jusqu'à 1800	Jusqu'à 4
Bactéries	Indéterminé	1011 à 1014	150
Champignons	Indéterminé		350

11.1. Les protozoaires (Protistes)

- **Classe de taille**: microfaune, 3 µm à 3 mm
- **Habitats**: eau pelliculaire et interstitielle
- **Abondance**: 10 à 1000 millions d'individus par mètre carré(estimations)
- **Régime alimentaire**: bactériophages, saprophages, prédateursd'autres protozoaires

- **Intérêt agronomique**: très important pour les équilibres biologiquesau niveau des micro-organismes, principaux prédateurs de bactéries **(Fig. 16)**



Figure 16 : Les protozoaires (Protistes) **(BACHELIER, 1978)**

11.2. Les nématodes (Némathelminthes)

- **Classe de taille**: microfaune – 0.5 à 3 mm
- **Habitats**: eau pelliculaire et interstitielle en zone d'enracinement et matière en décomposition
- **Abondance**: 100 à 1000 individus/g de terre
- **Régime alimentaire**: phytophages, carnivores
- **Intérêt agronomique**: ravageurs ou auxiliaire, ce sont des intermédiaires entre microflore et mésofaune **(Fig.17)**



Figure 17 : Les nématodes (Némathelminthes) **(BACHELIER, 1978)**

11.3. Les vers de terre (Annélides, oligochètes)

- **Classe de taille**: macro- mégafaune, jusqu'à 35 cm
- **Habitats**: litière et sol
- **Abondance**: entre 30 et 100g/m²
- **Régime alimentaire**: détritiphages (racines morte, humus)

- **Intérêt agronomique**: aération du sol, brassage des éléments, amélioration de la structure, dégradation des matières organiques

Là où les vers de terre sont présents, ils forment entre 50 et 75% de la biomasse animale **(Bachelier, 1979)** Selon **Bouché (1972), (Fig.18)** on distingue trois catégories :

- Les épigés vivent en surface, ils sont liés à la litière, au fumier, compost ou encore bois mort
- Les anéciques sont les vers verticaux, de grande taille, ils creusent un réseau de galerie. Ils ont le plus d'impact sur le sol
- Les endogés vivent en profondeur et « horizontalement »



Figure 18 : Les vers de terre (Annélides, oligochètes) **(BACHELIER, 1978)**

11.4. Les Enchytréides (Annélides, oligochètes)

- **Classe de taille**: mésofaune, 2 à 35 mm
- **Habitats**: litière (10 premiers centimètres du sol)
- **Abondance**: entre 3 à 53g/m², 10.000 à 290.000 indiv/m²
- **Régime alimentaire**: microphages, phytosaprophages
- **Intérêt agronomique**: augmentation de la porosité superficielle, stimule l'activité des micro-organismes **(Fig.19)**



Figure 19 : Les Enchytréides (Annélides, oligochètes) **(BACHELIER, 1978)**

11.5. Les mollusques (escargots, limace)

- **Classe de taille**: macrofaune,
- Escargots (coquille) : 2 à 50 mm de haut, 1 à 50mm de diamètre
- Limaces : 20 à 200 mm de long
- **Habitats**: dans les sols et les litières humides (10 premiers centimètres)
- **Abondance :** 110-150 individus/m²
- **Régime alimentaire**: phytophages et quelques espèces carnivores
- **Intérêt agronomique**: ravageurs importants des cultures

11.6. Les cloportes (Arthropodes, Crustacés, Isopodes)

- **Classe de taille**: macrofaune, 5 à 20 mm
- **Habitats**: litière et annexes du sol7
- **Abondance** : jusqu'à 8.000 individus/m² en prairie
- **Régime alimentaire**: phytosaprophages (feuilles, bois mort)
- **Intérêt agronomique**: Responsable de la fragmentation : première étape de la dégradation de la matière organique, favorise l'activité des micro-organismes



Figure 20 : Les cloportes (Arthropodes, Crustacés, Isopodes) **(BACHELIER, 1978)**

11.7. Les diplopodes (Arthropodes, Myriapodes)

- **Classe de taille**: macrofaune, 5 à 50 mm
- **Habitats** : litière et annexes du sol
- **Abondance**: plusieurs centaines par mètre carré lorsque les vers de terre sont rares.
- **Régime alimentaire**: phytosaprophages (feuilles, bois mort), coprophages
- **Intérêt agronomique**: Responsable de la fragmentation : première étape de la dégradation de la matière organique, favorise l'activité des micro-organismes **(Fig.21)**



Figure 21 : Les diplopodes (Arthropodes, Myriapodes) **(BACHELIER, 1978)**

11.8. Les chilopodes (Arthropodes, Myriapodes)

- **Classe de taille**: macrofaune, 5 à 100 mm
- **Habitats**: milieux humides (litières, compost, habitats criptozoïques)
- **Abondance**: 40 à 400 individus/m²
- **Régime alimentaire**: carnivores, peuvent ingérer de la litière
- **Intérêt agronomique**: contrôle des populations de proies (auxiliairescomme ravageurs) **(Fig.22)**



Figure 22 : Les chilopodes (Arthropodes, Myriapodes) **(BACHELIER, 1978)**

11.9. Les Arachnides (Arthropodes, Chélicérates)

Ils appartiennent à l'embranchement des arthropodes et sous embranchement des chélicérates. La classe des arachnides comporte 11 ordres dont 5 seulement sont présents en zone tempérée : acariens, aranéides, opilions, pseudo-scorpions et scorpions. Les acariens ont un rôle important sur le fonctionnement du sol. Les aranéides et opilions évoluent en surface du sol, ce sont des prédateurs généralistes, efficaces contre les ravageurs des cultures.

7 Structure qui diversifient la surface du sol : bois mort, cadavres, bouses, tas de cailloux16

11.10. Les acariens (Gamasides, Actinédides, Oribates)

- **Classe de taille**: mésofaune, 0.1 à 6 mm
- **Habitats**: litière et annexes du sol
- **Abondance** : très abondants (jusqu'à 425.000 oribates/m² dans les sols de forêt

- **Régime alimentaire**:
- Gamasides _ carnivores, fongivores
- Actinédides _ carnivores, suceurs de sèves, ectoparasites
- Oribates _ phytosaprophages, microphages, coprophages, pollinivores

- **Intérêt agronomique**: microfragmentation et brassage des matières organiques, dispersion et régulation de la microflore, régulation des populations de la micro et mésofaune Les aranéides et les opilions



Figure 23 : Les acariens (Oribates) **(BACHELIER, 1978)**

11.11. Aranéides

- **Classe de taille** : macrofaune, 0.5 à 90 mm
- **Habitats**: litière, surface du sol
- **Abondance**: 40 à 400 individus/m²
- **Régime alimentaire**: prédateurs généralistes
- **Intérêt agronomique**: contrôle des populations de proie (ravageurs) Les insectes De l'embranchement des arthropodes et sous embranchement des antennates ou mandibulates Ils sont classés en 42 ordres.

Les insectes présentent des comportements et des besoins très diversifiés. Les 4 ordres présentés ci-dessous interviennent plus spécialement dans le sol : les collemboles, les diptères, les coléoptères et les hyménoptères **(Fig.24)**



Figure 24 : Aranéides **(BACHELIER, 1978)**

11.12. Les Collemboles

- **Classe de taille**: mésofaune, 0.25 à 10 mm
- **Habitats**: jusqu'à 10 cm de profondeur avec le maximum dans les 3 premiers centimètres, également dans les annexes du sol
- **Abondance**: 2.000 à 200.000 individus/m²
- **Régime alimentaire**: fongivores (surtout), phytosaprophages, coprophages, pollinivores, carnivores, phytophages
- **Intérêt agronomique**: microfragmentation et brassage des matières organiques, dispersion et régulation de la microflore, stimulation des populations fongiques, peuvent devenir nuisibles **(Fig.25)**



Figure 25 : Collembole **(BACHELIER, 1978)**

11.13. Les coléoptères (larves et adultes)

Une vingtaine de familles est représentée dans le sol. Elles offrent des adaptations très variables aux conditions du sol, tant au niveau de la morphologique, que du régime alimentaire. La diversité et l'abondance au sein de ce groupe en fait un acteur important du fonctionnement du sol et particulièrement les sols agricoles.

11.13. Coléoptère carabidés

- **Classe de taille**: macrofaune
  - ·adultes _ 0.5 à 75 mm
  - larves _ <1 à 100 mm
- **Habitats**: surface du sol jusqu'à 1 m de profondeur, annexes du sol
- **Abondance :** 10 à plusieurs centaines par mètre carré
- **Intérêt agronomique**: prédateurs jouant un rôle dans l'équilibre biologique des sols, ravageurs des cultures, dégradation de la matière organique



Figure 26 : Carabidae **(BACHELIER, 1978)**

11.14. Les diptères

Les formes larvaires sont dominantes dans le sol. Elles montrent une grande diversité morphologique, écologique et comportementale. Elles peuvent utiliser les différentes ressources offertes par le sol et par ses annexes. Si quelques espèces présentent des formes imaginales aptères vivant dans le sol, la plupart des adultes sont aériens.

11.15. Larve de tipulidés

- **Classe de taille**: macrofaune, 2 à 40 mm
- **Habitats** : sol humide, litière et annexes du sol

Abondance : 10 à quelques milliers d'individus par mètre carré
(souvent répartis en tache)

- **Intérêt agronomique** : fragmentation de la litière, dégradation des matières organiques, prédateurs jouant un rôle dans l'équilibre biologique des sols, ravageurs des cultures. **(Fig.27)**



Figure 27 : Larve de tipulidés **(BACHELIER, 1978)**

11.16. Les fourmis (Hyménoptères – Formicidés)

- **Classe de taille** : macrofaune
- **Habitats** : de la surface à plusieurs mètres en profondeur
- **Abondance** : jusqu'à plusieurs millions d'individus à l'hectare regroupés en colonie ou super colonie
- **Régime alimentaire**: phytophages, granivores, carnivores, souvent omnivores

- **Intérêt agronomique** : bioturbation du sol

L'ordre des isoptères (termites) peut également avoir un impact fort sur le sol. Les effets les plus importants sur les sols agricoles sont cependant observés sous climat tropical. Sous les climats tempérés, trois espèces sont représentées. Elles vivent en société à l'intérieur d'un nid qu'ils construisent dans le sol, à sa surface ou dans le bois mort.



Figure 28 : Formicidés **(BACHELIER, 1978)**

11.17. Les vertébré

Seul un petit nombre de vertébrés influencent de manière significative le fonctionnement des sols. Les campagnols et les taupes peuvent avoir un impact considérable par bioturbation. À une échelle plus locale, les fouisseurs peuvent remuer de grande quantité de terre (lapin, blaireaux).

D'autres mammifères n'appartenant pas à la pédofaune peuvent modifier la surface du sol (piétinement, labourage), et peuvent causer des dégâts important dans les cultures.