

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE DJILLALI LIABES

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

THESE DE DOCTORAT D'ETAT

En : B Biologie & E Ecologie Végétales

*INTERACTIONS FEUILLUS & RESINEUX DANS LA FORÊT DE
TELAGH : CONSEQUENCES PEDOLOGIQUES ET SYLVICOLES.*

Présentée par : HELLAL Benchaben

Soutenue le : 09/09/2004

Devant la commission d'examen composée de :

Président : BELKHODJA M. (Professeur. Université d'ORAN)

Examineur : DILEM A. (Professeur. Université de TIARET)

Examineur : LATREUCH-BELAROUCI N. (Professeur. Université de TLEMCEM)

Examineur : MEDERBEL Kh. (Professeur. Centre Universitaire de MASCARA)

Directeur de Thèse : BENABDELI Kh. (Professeur. Université de SIDI BEL'ABBES)

2004 - 2005

Avant propos

Ce travail complète « *l'étude du comportement de la végétation face à l'action de l'homme dans la forêt de Khodida* (Télagh. Sidi Bel'Abbes) ».

Je suis particulièrement sensible à la confiance que monsieur le Professeur BENABDELI Kh. m'a accordé en acceptant de suivre mon travail. Son appui sans faille a été un encouragement décisif pour mener à bien cette étude des « *Interactions feuillus – résineux dans la forêt du Télagh : conséquences pédologiques et sylvicoles* ». Je lui exprime ma très vive et respectueuse gratitude.

J'adresse ma plus chaleureuse et amicale reconnaissance à :

- M. Becker (Labo. phytoécologie forestière. INRA Champenoux)
- M. Bonneau (Labo. sols et nutrition des arbres forestiers. INRA Champenoux)
- C. Nys (Labo. sols et nutrition des arbres forestiers. INRA. Champenoux)
- C. Dupraz (Labo. d'études comparées des systèmes agraires. INRA. Montpellier)
- G. Lemée (Labo. d'écologie végétale. Université Paris Sud)
- P. Arpin (Labo. d'écologie générale. Muséum. Brunoy)
- F. Lelong (Centre des sciences de la terre. Université de Bourgogne. Dijon)
- F. Rozé (Labo. d'écologie végétale. Rennes).

Je remercie le Professeur BELKHODJA M. de l'université d'Oran Es-sénia d'avoir accepté de siéger ce jury.

Je remercie également le Professeur DILEM A. de l'université de Tiaret qui a accepté de participer à ce jury

Je remercie le Professeur LATREUCH- BELAROUCI N. de l'université de Tlemcen qui a bien voulu examiner ce travail.

Je remercie également le Professeur MEDERBEL Kh. du centre universitaire de Mascara qui a spontanément accepté de participer à ce jury.

Mes remerciements s'adressent aux personnes qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail de recherche.

A ma petite famille :

Nadira,

Tesnime & Louiza.

Résumé :

Les interactions "feuillus – résineux" se font sentir sur les caractères physico-chimiques du sol. La nature et l'accumulation de la litière des résineux induit des modifications physico-chimiques et biologiques du sol.

Les sols sur marne calcaire se trouvent affecter par la litière des résineux. Les variations de la densité apparente, la stabilité structurale, l'accumulation des argiles, le pH et le foisonnement constituent les principaux paramètres de modification. Les sols sur calcaires durs et les rendzines sur encroûtements calcaires réagissent positivement à l'action de la litière des résineux. L'atténuation du pH des horizons de surface a permis l'activation limitée de l'humification et de la minéralisation.

La végétation de la forêt de Khodida, organisée en peuplements feuillus et en peuplements résineux, formait un parfait puzzle écologique et socio-économique pour la région. Les peuplements purs des feuillus s'individualisaient par leurs productions fourragères et leur contribution dans l'amélioration des caractères physico-chimiques du sol. Ils subissent actuellement le phénomène d'interpénétration entre les peuplements suite à l'anthropisation et la sécheresse hydrique. Il se poursuit par l'intensification de l'enrésinement des espaces des feuillus qui n'est pas sans conséquences sur le sol et l'avenir du couvert végétal de la forêt.

Mots clés : densité apparente, enrésinement, feuillus, foisonnement, humification, minéralisation, résineux, stabilité structurale.

Abstract :

The interactions "hardwood forestry – resinous" makes to feel on the physico-chemicals characteristics of soil. The nature and the accumulation of the litter of the resinous induced some physico-chemicals and biologic modifications of soil. The soils on chalky marl are to assign by the litter of the resinous. The variations of the apparent density, the structural stability, the accumulation of the clays, the pH and the foisonment constituted the main parameters of modification. The soils on tough limestones and the rendzines on chalky encrusting react positively to action of the litter of the resinous. The pH attenuation of the horizons of surface permitted the limited activation of the humidification and the mineralization.

The vegetation of the Khodida forest, organized in hardwood forestry and resinous stands, formed an perfect ecologic and socio-economical puzzle for the region. The pure stands of hardwood forestry to individualize by their fodder crops productions and their contribution in the improvement of the physico-chemicals characters of the soil. They undergo, currently, the phenomenon of interpretation between stands following the anthropization and the hydrous drought. He pursues by intensification of the resinous plantation of leafy spaces who is without consequence on the soil and the future of plant cover of the forest.

Key words : apparent density, foisonment, humidification, hardwood forestry, mineralization, resinous, structural stability.

ملخص :

تؤثر التفاعلات بين الأشجار ذات الأوراق المتساقطة والصنوبرية على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة. تؤدي طبيعة وتراكم فضلات الأخشاب اللين إلى تعديلات فيزيائية وكيميائية وبيولوجية للتربة. تتأثر التربة الموجودة على الحجر الجيري بالفضلات الصنوبرية. من العوامل الرئيسية المعدلة هي الاختلافات في الكثافة الظاهرية، والاستقرار الهيكلي، وتراكم الطين، ودرجة الحموضة.

التربة، الموجودة على الحجر الجيري الصلب وال *rendzines*، تفاعلت بشكل إيجابي لعمل قمامة الخشب الصنوبري الذي سمح بتقليل من درجة الحموضة في الطبقات السطحية للتربة بتنشيط محدود لعمليات تحول المادة العضوية والتمعدن.

شكلت النباتات في غابة خويدا «*Khodida*»، المكونة أساسا من اشجار ذات أوراق متساقطة واشجار صنوبرية، لغزًا بيئيًا واجتماعيًا واقتصاديًا مثاليًا للمنطقة. تميزت مناطق الاشجار ذات الأوراق المتساقطة بإنتاج الأعلاف ومساهمتها في تحسين الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة. التشكيلات الأساسية من الأشجار الصنوبرية وذات الأوراق المتساقطة يخضعنا حاليًا لظاهرة التداخل فيما بينهم بعد استفحال ظاهري كسر الأشجار ثم اقتلاعها مع استمرار الجفاف.

تستمر عملية انتشار وتكاثر الاشجار الصنوبرية مع تكثيف التعدي على مناطق الأشجار ذات الأوراق المتساقطة، الأمر الذي لا يخلو من عواقب على التربة ومستقبل الغطاء النباتي للغابات.

الكلمات المفتاحية: الكثافة الظاهرية ، الأخشاب الصلبة ، التمدد ، التمدن الصنوبريات ، الجفاف ، الاستقرار

الهيكلي

TABLE DES MATIERES

AVANT PROPOS

RESUMES

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION

001

PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE

003

LE CADRE PHYSIQUE

003

SITUATION GENERALE

003

GEOLOGIE

005

PEDOLOGIE

008

CADRE CLIMATOLOGIQUE

011

CADRE SOCIO- ECONOMIQUE

028

MILIEU HUMAIN

028

L'ELEVAGE

030

L'AGRICULTURE

033

RESSOURCES HYDRIQUES

037

CADRE BIOTIQUE

041

FAUNE

041

FLORE

045

MONOGRAPHIE DU CHENE VERT ET DU PIN D'ALEP

050

LA MONOGRAPHIE DU CHENE VERT

050

LA MONOGRAPHIE DU PIN D'ALEP

064

ANALYSE DES FACTEURS DE DEGRADATION DE LA FORET DE KHODIDA

070

LE PARCOURS

070

L'INCENDIE

078

L'EXPLOITATION MECANISEE ET LES COUPES ILLICITES

080

CONCLUSION

083

ETUDE STATIQUE DES SOLS

085

CHAPITRE - I - MATERIEL ET METHODES

085

I. LES PRELEVEMENTS DES ECHANTILLONS DE SOLS

085

II. MESURE DES CARACTERES PHYSIQUES

085

III. MESURES DES CARACTERES CHIMIQUES

085

IV. ETUDE DE LA PEDOFAUNE

086

<u>CHAPITRE II SOL BRUN FORESTIER SUR MARNO – CALCAIRE</u>	087
I. MORPHOLOGIE D’UN SOL BRUN MARNO CALCAIRE	087
II. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES	088
III. CARACTERISTIQUES CHIMIQUES	093
IV. LA MATIERE ORGANIQUE	097
V. COMPOSITION MINERALOGIQUE DES FEUILLES ET DES AIGUILLES	100
VI. CARACTERISTIQUES BIOLOGIQUES	103
<u>CHAPITRE III SOL FORESTIER SUR CALCAIRE DUR</u>	107
I. MORPHOLOGIE D’UN SOL SUR CALCAIRE DUR	107
II. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES	108
III. CARACTERISTIQUES CHIMIQUES	112
IV LA MATIERE ORGANIQUE	114
<u>CHAPITRE IV RENDZINE SUR ENCROUTEMENT CALCAIRE</u>	117
I. MORPHOLOGIE D’UN RENDZINE	117
II. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES	118
III. CARACTERISTIQUES HYDRIQUES "RESERVES EN EAU" ET PERMEABILITE	120
IV. CARACTERISTIQUES CHIMIQUES	120
V. LA MATIERE ORGANIQUE	121
VI. MINERALISATION DE L’AZOTE	122
<u>CHAPITRE.V. "SYNTHESE EDAPHIQUE"</u>	124
I. LES DONNEES EDAPHIQUES ACTUELLES DES PEUPEMENTS DE CHENE VERT ET DE PIN D'ALEP DE LA FORET DE KHODIDA	124
II. EVOLUTION DES "SOLS" DE LA FORËT DE KHODIDA	128
III. FACTEURS D'EVOLUTION DU SOL	130
III.1. L'EROSION HYDRIQUE	131
III.2. LA SECHERESSE	133
<u>LA VEGETATION</u>	135
<u>CHAPITRE .1. METHODOLOGIE</u>	135
I. METHODES D’ECHANTILLONNAGE	135
II. METHODE D’ANALYSE	137
III. ETAT SANITAIRE DES PEUPEMENTS	138

<u>CHAPITRE. II. LE CORTEGE FLORISTIQUE</u>	140
I. CLASSES	140
II. FAMILLES, GENRES ET ESPECES	140
III. ELEMENTS BIOGEOGRAPHIQUES	140
IV. TYPES BIOLOGIQUES	141
V. TYPES MORPHOLOGIQUES	142
VI. ESPECES APPETIBLES	142
<u>CHAPITRE.III. PRESENTATION DE LA VEGETATION</u>	143
I. PRINCIPAUX TYPES DE FORMATIONS VEGETALES	143
II. PRINCIPAUX GROUPEMENTS VEGETAUX	146
II.1. QUELQUES DEFINITIONS CONCERNANT LES GROUPEMENTS VEGETAUX ET LES GROUPEMENTS ECOLOGIQUES	146
II.2. LES PRINCIPAUX GROUPEMENTS VEGETAUX DE LA FORET DE KHODIDA	147
<u>CHAPITRE. IV. DETERMINATION DES ZONES</u>	150
I. ZONE A	151
II. ZONE B	152
III.ZONE C	153
IV.ZONE D	154
V. DISTRIBUTION SPATIALE DES ESPECES FEUILLUES ET DES ESPECES RESINEUSES A FORTE DENSITE	155
VI.DISCUSSION	159
VI.1. LA NOTION DE PEUPELEMENTS PURS	159
VI.2. DE LA BIODIVERSITE A LA MONOCULTURE	160
VII. ETAT PHYTOSANITAIRE	162
<u>CONCLUSION GENERALE</u>	164
<u>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u>	166

Introduction

INTRODUCTION

La politique forestière algérienne a encouragé, après l'indépendance, les plantations d'essences résineuses pour mettre en valeur des forêts feuillues peu productives et des terres en friche. Cependant, l'introduction de résineux, surtout à l'état pur, impose au sol des modifications physico-chimiques et biologiques.

De nombreuses études ont été effectuées sous des peuplements résineux artificiels (Genssler, 1959 in Bonneau, 1973 ; Holmsgaard, 1968 ; Duchauffour et Bonneau, 1961 ; Schlenker et al., 1969 ; Brethes et Nys, 1975 ; Bonneau et al., 1976 ; Nys, 1976) afin de savoir si les baisses de fertilité des sols qui les portent constituent ou non des altérations réversibles et s'il existe des risques de "dégradation" au sens pédogénétique. Des mises au point sur les conséquences pédologiques réelles des monocultures de résineux ont été publiées (Noirfalise et Vanesse, 1975 ; Bonneau, 1978).

Le manque de travaux, en Algérie, a suscité une telle étude après un demi-siècle de reboisement des maquis incendiés par le pin d'Alep et d'autres conifères provenant d'autres pays.

Le point de départ des modifications édaphiques est toujours l'accumulation de matière organique. Sous les conifères, en effet, les litières s'accumulent en couches holorganiques beaucoup plus épaisses que sous les feuillus (Delecour, 1980). Ce phénomène n'est pas dû à des retombées annuelles plus importantes mais à un retard à l'humification qui a pour origine les propriétés histochimiques des litières des résineux (Noirfalise et Vanesse, 1975) :

- 🌲 Teneurs en lignine et rapport C/N élevés favorisant la constitution d'un humus brut et affectant la nutrition azotée.
- 🌲 Libération lors de la décomposition de composés phénoliques ou comportant des radicaux phénoliques (acide gallique, phloroglucinol par exemple), qui sont des inhibiteurs de certaines activités microbiennes et enzymatiques (Bauzon et al., 1967 ; Toutain, 1974).

La biocénose en est affectée. On constate en effet une régression de certaines espèces de la faune et de la microfaune, le cas le mieux connu étant celui des lombrics dont le rôle dans le processus d'incorporation et de décomposition de la litière est capital (Schlenker, 1971). La flore bactérienne subit une forte inhibition en nombre et en activité (Bauzon et al., 1969).

L'accumulation de litière non décomposée perturbe le cycle biologique et provoque la non dégradation au niveau de l'horizon A₁ des composés organiques

acides ou complexants nés dans les horizons A₀ et qui peuvent agresser les minéraux du sol et amorcer le processus de podzolisation.

Sur les peuplements eux-mêmes, la conséquence de l'accumulation de la matière organique est la diminution de la nutrition azotée du fait du blocage de l'azote sous forme de complexes tannin-protéines et du ralentissement de sa minéralisation (Duchauffour, 1977 ; Bonneau, 1978).

Il est donc intéressant d'effectuer une étude comparée des caractères physico-chimiques des sols sous les deux types de peuplements.

L'objet de ce travail est d'étudier les interactions possibles entre feuillus & résineux en s'intéressant aux modifications physico-chimiques du sol survenues à la suite de la colonisation et de reboisement des zones occupées initialement par les feuillus.

Il a pour but d'établir des références et de faire le point sur les questions suivantes :

- 🌲 Les résineux dégradent-ils les sols ?
- 🌲 Les résineux provoquent-ils un déséquilibre irréversible du fonctionnement de l'écosystème ?
- 🌲 Les résineux peuvent-ils agir sur la sylviculture des feuillus en place ?

La présente thèse comportera six parties :

La première partie traitera le cadre physique, biotique et socio-économique du site d'étude.

La seconde partie fera l'objet d'une monographie du chêne vert et du pin d'Alep.

La troisième partie sera consacrée à l'analyse des facteurs anthropozoogènes dans la forêt de Khodida (site d'étude).

La quatrième partie regroupera les résultats de l'étude des sols sous feuillus & sous résineux et une synthèse édaphique.

La cinquième partie présentera une synthèse sur la végétation et quelques caractéristiques sylvicoles des peuplements de chêne vert et des peuplements de pin d'Alep (les conséquences sylvicoles possibles suite aux interactions entre feuillus & résineux). Nous conclurons par la dynamique des écosystèmes forestiers en liaison avec les conséquences du phénomène d'enrésinement sur certains types de sols et de montrer les avantages écologiques des peuplements mixtes "feuillus & résineux".

Site D'ETUDE

<u>PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE</u>	003
<u>LE CADRE PHYSIQUE</u>	003
SITUATION GENERALE	003
GEOLOGIE	005
PEDOLOGIE	008
<u>CADRE CLIMATOLOGIQUE</u>	011
<u>CADRE SOCIO- ECONOMIQUE</u>	028
MILIEU HUMAIN	028
L'ELEVAGE	030
L'AGRICULTURE	033
RESSOURCES HYDRIQUES	037
<u>CADRE BIOTIQUE</u>	041
FAUNE	041
FLORE	045

PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE

I. SITUATION GENERALE

I.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

La wilaya de Sidi Bel'Abbes est caractérisée par un relief présentant trois aspects :

- Les monts de Tessala et de Beni-chougrane (forêts du nord),
- Les monts de Dhaya (massif forestier de Télagh),
- Les hautes plaines steppiques au sud.

Le couvert végétal forestier est estimé à 209.779 Ha et 153.390 Ha d'alfa, soit un taux de boisement d'environ 22 % par rapport à la superficie totale de la wilaya qui est estimée à 913.490 Ha.

La circonscription des forêts de Télagh « Ouest » s'étend sur 52752 Ha de surface forestière et 119.850 Ha d'alfa. Celle de « l'Est » ne compte que 7213 Ha de surface forestière et 25790 Ha d'alfa.

La daïra de Télagh, avec une superficie de 179,09 Km², se situe au sud de Sidi Bel'abbes à une cinquantaine de kilomètres du chef lieu de la wilaya (figure n°1). Elle est limitée à :

- L'Est par la commune de Moulay Slissen,
- L'Ouest par la commune de Mérine,
- Au Nord par la commune de Téghalimet,
- Au Sud par la commune de Dhaya.

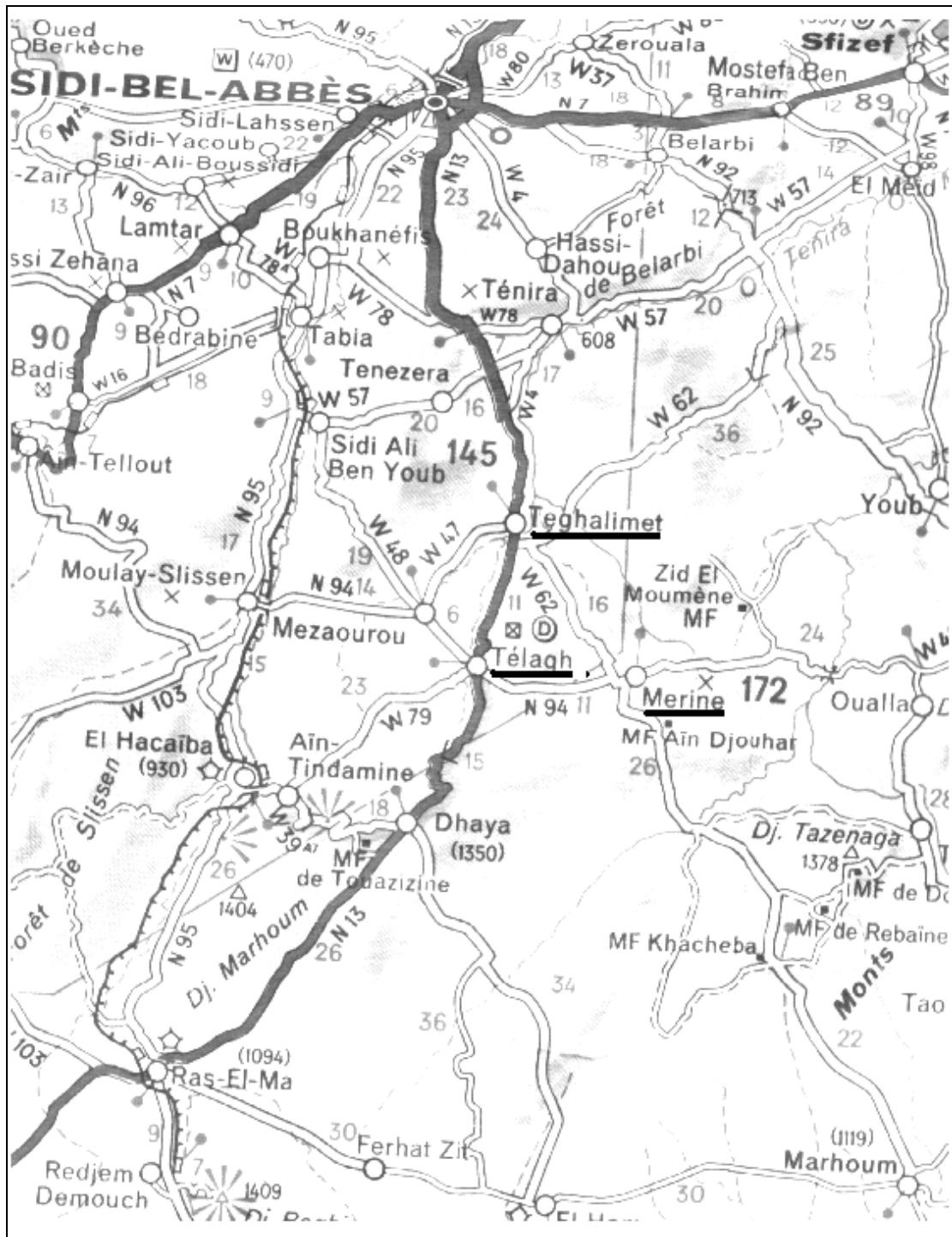
La zone d'étude est l'une des forêts de la circonscription des forêts de Télagh « Est ». Elle se trouve à deux kilomètres à l'est de Télagh, à six kilomètres au Sud de Téghalimet, à 15 kilomètres au Nord de Dhaya et occupe une superficie de 2477 Hectares.

Elle est située au Sud-Est de la ville de Télagh couvrant en totalité Djebel Mezouche et Djebel El Guessâa.

Le point le plus haut de la forêt se trouve à 1070 m d'altitude. Il correspond au sommet du djebel Guessâa ; le point le plus bas se situe à 860 m.

La structure physique de la forêt de Khodida est presque exclusivement montagneuse et présente peu de zone de plateaux ou de hautes plaines. Ces dernières n'occupent que 9 % de la surface totale de la forêt. Elles présentent des pentes allant de 1 à 3 % d'inclinaison. Les fortes pentes (>30 %) touchent, à elles seules, 65 % de la superficie du site d'étude ; le reste, de l'ordre de 26 %, est constitué par de moyennes pentes généralement recouvertes par une sylvie bien venante.

La forêt de Khodida se caractérise par une orographie de ligne directrice Est Sud-Est et Ouest Nord-Ouest (ESE – WNW).



Echelle : 1/500.000

Figure n° 1 : Carte de localisation du site d'étude (forêt de Khodida).
(Source : Michelin, 1988).

II. GEOLOGIE

Les travaux de Kieken (1962) et Auclair & Biehler (1967) servent de base pour l'étude géologique du milieu physique de la forêt. La nomenclature utilisée est du type lithostratigraphique. Les contours relevés sur le terrain correspondent à des limites de lithofaciès avec subdivisions en « Formations » et « Membres ». De ce fait les différences de correspondance entre formations et étages géologiques conventionnels ont pu être minimisés par l'étude de la microfaune (Auclair et Biehler, 1967).

La totalité du site d'étude est constitué de roches sédimentaires datant du secondaire et du quaternaire. Le substratum géologique joue un rôle déterminant dans le façonnement des paysages. La connaissance, dans un premier temps, des principales unités stratigraphiques et lithologiques est essentielle.

II.1. PRINCIPALES UNITES STRATIGRAPHIQUES ET LITHOLOGIQUES

Les ensembles stratigraphiques identifiés dans le site d'étude se limitent au quaternaire et au crétacé inférieur passant par le jurassique. Ils se présentent sous forme de mosaïque où le jurassique et le crétacé inférieur occupent une très grande surface. Le quaternaire est localisé dans les dépressions et très peu à moyenne altitude (Figure n° 2). Il est à l'origine des sols alluviaux de formation récente.

II.1.A. QUATERNAIRE

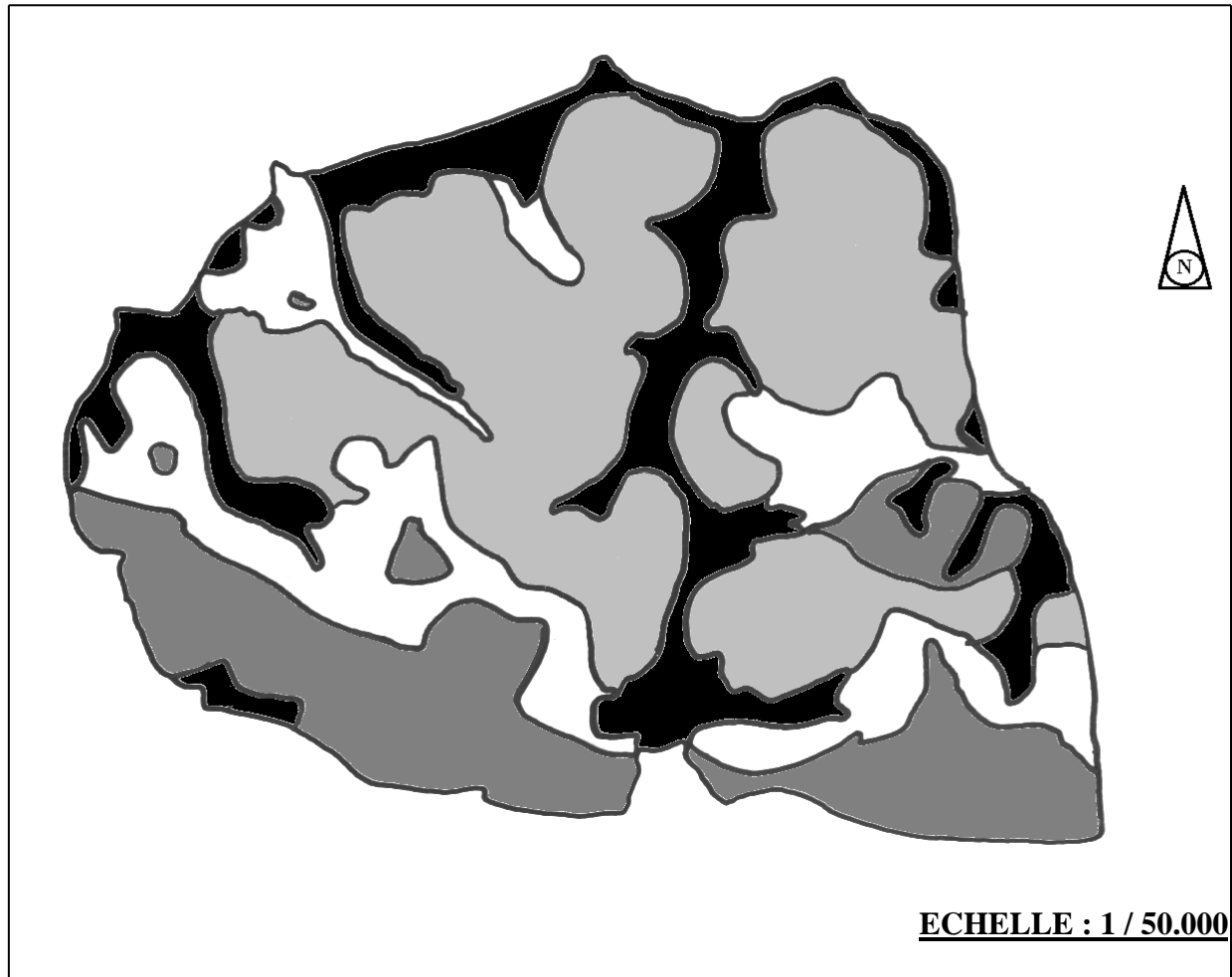
A l'intérieur de cet étage aucune distinction n'a été faite. Les recouvrements masquent les terrains secondaires et tertiaires, rendant difficile l'interprétation des limites géologiques et des accidents (Auclair et Biehler, 1967).

Il est constitué par des dépôts limoneux mal consolidés, des éboulis qui s'accumulent localement aux pieds des montagnes.

II.1.B. JURASSIQUE SUPERIEUR

Il correspond au Membre marno – calcaire « Remaïlia B ». Il s'agit d'un ensemble formé d'une alternance plus ou moins régulière de calcaires et de marnes. Les marnes, blanc - verdâtres, sont surtout abondantes à la base de la série qui commence par quelques niveaux gréseux. Les calcaires, en général bien lités, en banc de 20 centimètres à 1 mètre, sont par endroit de différents types :

- Argileux, jaunes ou gris, avec altération en boule,
- Graveleux ou oolithiques,
- Gréseux, à patine rousse,
- Rubanés gris – rosé, en banc de 10 centimètres,
- Vermiculés gris – noir et jaune, souvent fétides.



La légende :



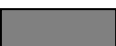
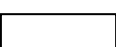
	QUATERNAIRE
	Jurassique supérieur (Remaïlia B : Membre marno - calcaire)
	Crétacé inférieur (Remaïlia D : Membre calcaréo – gréseux)
	Crétacé inférieur (Remaïlia C : Membre marno – calcaire à dominante marneuse)

Figure n° 2 : Carte géologique de la forêt de Khodida
(Source : carte géologique de Télagh ; 1959)

On note une dominance de calcaires durs et dolomies alternant avec des bancs de marnes et localement de grès quartzeux. La série se termine généralement par une corniche de calcaire roux et graveleux.

II.1.C. CRETACE INFERIEUR

Le crétacé inférieur est identifié par deux membres à savoir :

- Membre calcaréo - gréseux « Remaïlia D » (Valanginien supérieur – Hauterivien)
- Membre marno – calcaire « Remaïlia C » (Berriasien – Valanginien)

⇒ MEMBRE CALCAREO – GRESEUX

Il montre de bas en haut de la marne verte à intercalations de petits bancs gréseux, tendres et calcaires. Il devient, à quelques mètres plus haut, gréseux – jaunâtre, mal stratifié, restant parfois en relief. Il se termine, à un niveau supérieur, par une alternance de calcaires marneux ou gréseux ; le sommet est plus massif.

Cet ensemble passe progressivement à la formation de « grès de Berthelot » très riche en argiles.

⇒ MEMBRE MARNO - CALCAIRE

Il affleure sensiblement aux mêmes endroits que le membre calcaréo – gréseux « Remaïlia D ». Il est caractérisé par un taux élevé de marnes. On observe de bas en haut une alternance de marnes jaunes et de calcaires gréseux ou marneux. Les calcaires, à un niveau supérieur, deviennent roux et graveleux avec quelques intercalations de grès ; ils se montrent plus massif vers le sommet et forment souvent une corniche.

II.2. TECTONIQUE

Le style tectonique de la région est du type cassant. Les failles, subverticales pour la majorité d'entre elles, sont le résultat probable de déformations du socle. Elles déterminent ainsi une série de horst et de graben.

Localement les directions sont Est Sud Est et Ouest Nord Ouest (ESE – WNW). Nous assistons ici, au niveau des Djebels El guessâa et mezouche qui forment la forêt de khodida, à l'ennoyage Sud et Ouest de l'anticlinal de « Remaïlia » qui se prolonge sur les localités avoisinantes.

III. PEDOLOGIE

La description des différents types de sols de la forêt de Khodida s'est basée sur les travaux effectués par BNEF (1979). Elle est complétée par des analyses physico-chimiques d'une quarantaine de profils effectués dans différentes zones de la forêt et la nature du substratum géologique.

Les principaux types de sols inventoriés appartiennent aux classes des sols peu évolués du groupe d'apport alluvial et des calcimagnésiques de la sous classe des sols carbonatés des groupes des rendzines et des bruns calcaires (C.P.C.S, 1967). Ainsi on distingue, en fonction des ensembles lithologiques, successivement :

- Les sols formés sur le substratum géologique (roches mères)
- Les sols des formations alluviales (matériau alluvionnaire).

III.1. LES SOLS FORMES SUR LE SUBSTRATUM GEOLOGIQUE

Ils se sont formés et évoluent directement sur la roche mère. La présence des deux grandes catégories de roches carbonatées, roches calcaires dures et roches calcaires tendres, se traduit donc par deux types de milieux : (Lamouroux, 1972 ; Pedro, 1972)

- Les roches calcaires dures qui se désagrègent difficilement. Les carbonates, dissous dans les eaux pluviales, migrent plus profondément en années humides et remontent vers les horizons de surface en années sèches. Il se forme des sols peu profonds où le système racinaire de la végétation pérenne ne peut se développer, à des exceptions près, qu'horizontalement.
- Les roches calcaires tendres où l'évolution est rapide car l'altération se manifeste aisément en profondeur. La fragmentation plus poussée de la roche permet une meilleure progression du système racinaire de la végétation pérenne. Les sols ainsi formés sont profonds et susceptibles à l'érosion en cas de disparition du couvert végétal.

Dans la catégorie des roches calcaires dures et calcaires tendres on distingue successivement :

III.1.A. LES SOLS BRUNS CALCAIRES

Ces types de sols se caractérisent par la répartition profonde de la matière organique. Ils laissent apparaître la roche mère à partir de 50 cm. Ils ont une texture constituée surtout d'éléments grossiers où le taux se situe entre 40 et 90 %, les limons totaux varient de 15 à 30 %, le taux d'argile est faible dans tous les cas, il est compris entre 7 et 8 %. La structure la

mieux construite (grumeleuse fine à moyenne) apparaît sur les 20 premiers centimètres (agrégats fin et grumeaux). Elle devient ensuite polyédrique subanguleuse en profondeur.

Sous les vieux peuplements assez fermés la matière organique peut s'accumuler en surface et donner naissance à un horizon A₀/A₁ où le taux de carbone peut atteindre 20 %.

La teneur en azote total varie de 0.05 % à 1.6 %. Le rapport C/N est compris entre 9 et 15. Les valeurs les plus élevées sont observées dans les 5 premiers centimètres (A₀/A₁) où la matière organique mélangée à la matière minérale n'a subi qu'une faible décomposition.

La teneur en calcaire total est comprise entre 2.2 % et 3.8 %, les horizons de surface apparaissent moins riches en calcaire que ceux situés en profondeur. La teneur en calcaire actif varie entre 1.1 à 2.9 %.

Le pH, supérieur à 7.5, peut atteindre 8.8 dans les horizons profonds. Il est moins élevé en surface qu'en profondeur en raison de la libération de substances organiques par la litière.

III.1.B. LES RENDZINES

Elles sont formées sur du calcaire fissuré, sont peu profonds, à texture sablo-limoneuse avec une teneur en argile très faible et structure grumeleuse avec de nombreuses racines et débris. L'humus est du type mull calcique, à pH basique et à bonne teneur en calcaire actif. Le taux de carbone, faible en profondeur (< 1%), peut atteindre 4 % dans les premiers centimètres de l'horizon de surface. Le rapport C/N est plus bas que celui observé sur les sols bruns calcaires. Il s'agit souvent de rendzine humifère typique avec un horizon de couleur brun rougeâtre foncé à très foncé.

III.1.C. LES SOLS BRUNS CALCAIRES SUR MARNO – CALCAIRES

Ils sont localisés sur des substrats tendres constitués de marno – calcaires. Ils sont caractérisés par un horizon A₁ plus profond que celui des rendzines. Les profils montrent une profondeur allant de 50 à 80 cm. La texture est assez équilibrée et la structure est grumeleuse.

Le carbone organique diminue de haut en bas, à une teneur de 3 à 4 % dans les horizons superficiels et autour de 1 % jusqu'à 50 cm. Le rapport C/N varie de 12 à 15 avec une diminution progressive de cette valeur en profondeur tournant autour de 10.

Le pH, faible en surface (libération d'acides organiques), augmente en profondeur où il atteint 8.5.

Les sols bruns calcaires sur marno – calcaires assurent la transition entre les marnes et les calcaires durs.

III.2. LES SOLS DES FORMATIONS ALLUVIALES

Les sols peu évolués d'apport regroupent les sols alluviaux et les sols colluviaux. Ils se distinguent par leur position géomorphologique et leur origine. Les premiers constituent les dépôts récents des oueds à écoulement occasionnel où ils occupent le "lit majeur" très souvent inondé des rivières. Les seconds caractérisent les bas de pente et sont constitués d'un matériel d'apport provenant de l'érosion des hauts des pentes.

Les deux types de sols ne représentent que 10 à 15 % de la surface totale de la forêt de Khodida. Ils sont colonisés par un mélange de feuillus et de résineux évoluant en parfaite harmonie.

III.2.A. SOLS ALLUVIAUX

Ces types de sols peu évolués se caractérisent par un substrat riche en cailloux et en pierre provenant des produits d'érosion des calcaires datant du jurassique et du crétacé inférieur. L'épaisseur varie entre 40 et 110 cm. Le total des éléments grossiers est compris entre 45 % et 55 %, les limons totaux entre 30 % et 35 % et l'argile entre 10 % et 12 %. La texture est assez équilibrée. Le pH est généralement supérieur à 8, il dépasse 8.8 en profondeur. L'humification est généralement activée en période humide donnant un humus du type mull actif. Cependant, en période sèche assez longue, il passe au moder voire le mor. Lorsque la fraction du calcaire actif est assez importante l'humification se comporte comme sur des rendzines.

Les sols alluviaux constituent les dépôts récents de l'érosion hydrique. Ils sont généralement fertiles en raison de leur richesse en minéraux en cours d'altération et malgré l'absence de structure.

III.2.B. SOLS COLLUVIAUX

Il s'agit de sols d'apport, généralement en situation de "piémont", à profil homogène et dépourvu d'horizons, très poreux, tantôt constitués par un mélange de matériaux fins et grossiers, tantôt au contraire, de matériaux fins.

La composition granulométrique moyenne est représentée par 35 à 40 % de sables, 50 à 55 % de limons et de 5 à 15 % d'argiles. La texture est moyenne à fine. La teneur en matière organique est moyenne à faible. Le pH se situe entre 7.5 et 8.

IV. CADRE CLIMATOLOGIQUE

IV.1. CLIMAT REGIONAL

La région de Télagh, selon les travaux de Seltzer (1946) se trouve sous l'influence de deux grands types de climat : le climat de l'Atlas Tellien au Nord et le climat des hautes plaines steppiques au Sud. Ces climats correspondent respectivement aux étages bioclimatiques semi-aride frais à froid au Nord et aride froid à frais au Sud (Figure n° 3).

Le climat de la région de Télagh est du type méditerranéen caractérisé par deux saisons très distinctes : la saison sèche et la saison humide.

➤ La saison sèche dure quatre à six mois (entre mai et octobre en général). Le même temps, beau et calme, règne pendant plusieurs semaines ; le ciel est serin, les températures élevées pendant le jour, les nuits sont cependant assez fraîches. A certains moments, souffle le sirocco (vent chaud) venu du désert.

➤ La saison pluvieuse éclate en général brusquement au mois d'octobre avec le mauvais temps qui amène un abaissement notable des températures. Le temps d'hiver est caractérisé par des averses brutales, des orages, des vents violents. Les courtes périodes de mauvais temps (3 à 8 jours) alternent avec des périodes de beau temps. Parfois même, au milieu de la mauvaise saison s'intercale une longue période ensoleillée et sans pluies.

Le climat de la région présente des irrégularités qui sont de deux types :

➤ Périodiquement la sécheresse s'étend sur toute la région, faute de pluies suffisantes pendant la période humide ; les précipitations, à un même endroit, peuvent diminuer de moitié. Certaines années, la région reçoit moins de 400 mm.

➤ La seconde forme d'irrégularité est la place des pluies pendant la saison humide. Normalement ces pluies tombent en automne et en printemps ; parfois les pluies manquent ou sont absentes pendant les saisons pluvieuses.

Le semi-aride règne presque exclusivement dans la région de Télagh, exception faite pour l'étage bioclimatique sub-humide sur les sommets des montagnes dépassant les 1400 m d'altitude. Ces zones humides se trouvent paradoxalement au Sud de la région sur l'Atlas tabulaire distingué par Tintouin (1946). Ce dernier est revêtu d'une couverture végétale ligneuse formant de belles forêts luxuriantes constituées principalement de pin d'Alep (*Pinus halepensis*), chêne vert (*Quercus ilex*) et de Thuya (*Tetraclinis articulata*). Il constitue une barrière physique contre toute influence climatique des zones steppiques.

La pluviométrie décroît de 500 mm au Nord – Ouest à 200 mm au Sud – Est de la région de Télagh, en bordure du Chott Ech Chergui (Figure n° 4). Cependant les précipitations les plus élevées sont enregistrées au djebel de Slissen (700 mm) et celui de Dhaya (600 mm).

La continentalité augmente du Nord au Sud, en relation avec l'orographie et l'éloignement de la mer.

Les températures moyennes annuelles se situent entre 13° C et 16 °C. Les températures moyennes mensuelles varient de 5 °C en janvier à 24 °C en Août. L'amplitude thermique journalière dépasse les 20 °C en saison d'été.

Les gelées blanches, survenant de novembre à avril, durent 15 à 20 jours par an.

La neige persiste en moyenne, pendant 20 jours par an sur les reliefs au-dessus de 1000 m. Elle se fait rare depuis les années 80, période durant laquelle la sécheresse climatique ne cesse d'influer sur la dynamique de la végétation ligneuse et les systèmes de production agronomique.

L'Atlas Tellien est caractérisé par une pluviométrie moyenne annuelle d'environ 400 mm, (de 300 mm à 700 mm suivant les stations). Il pleut annuellement 50 à 70 jours. La période pluvieuse s'étale de novembre à février et la période sèche de juin à la fin d'août. La grêle est assez fréquente et occasionne pratiquement chaque année d'importants dégâts aux cultures. L'humidité relative de l'air présente un cycle diurne assez marqué avec en moyenne 70 % au petit matin et 45 % au milieu de la journée.

IV.2. CLIMAT STATIONNEL

Les données climatiques utilisées sont extraites du climat des travaux de Seltzer (1946). Elles concernent les postes météorologiques de Téghalimet, Mérine et Dhaya (Tableau n°1).

Les données demeurent anciennes et les seules disponibles pour la région limitrophe du site d'étude. Cependant un seul poste météorologique, celui de Sidi Ali Benyoub, situé à une quinzaine de kilomètres, demeure encore fonctionnel. Les extrapolations, à partir de ce poste météorologique, ne peuvent donner une description climatique précise du site d'étude à cause des barrières orographiques les séparant. La comparaison des données anciennes aux données récentes de ce poste et celui du chef lieu de la wilaya de Sidi Bel'Abbes renseignera sur la persistance de la sécheresse qui frappe la région depuis un quart de siècle.

Tableau n° 1: Caractérisation géographique des stations météorologiques.

Stations	Position géographique	Distance / à la forêt	Altitude	Latitude	Longitude
Téghalimet	Nord - Ouest	3 Km	650 m	34° 53'	0° 33 W
Mérine	Sud - Ouest	10 Km	973 m	34° 35'	0° 11 W
Dhaya	Sud - Est	15 Km	1400 m	34° 40'	0° 37 W
Sidi Ali Benyoub	Nord - Nord - Est	15 Km	693 m	34° 57'	0° 44 W
Sidi Bel'Abbes	Nord	50 Km	476 m	35° 10'	0° 09 W

IV.2.1. DONNEES CLIMATOLOGIQUES

IV.2.1.1. PLUVIOSITE

A. PLUVIOSITE MOYENNE ANNUELLE

La zone d'étude est plus ou moins arrosée ; les précipitations moyennes annuelles (Tableau n° 2) y varient de 334 mm (Téghalimet) à 486 mm (Dhaya). Cette tranche pluviométrique s'avère, dans le territoire considéré, tout à fait limitée au développement de la sylve. Notons cependant, que la végétation ligneuse n'y obtient pas son optimum de développement.

Tableau n° 2 : Données pluviométriques des stations météorologiques de la région de Télagh (Seltzer, 1946)

Stations	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Jillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Total
Téghalimet	47	35	34	28	32	17	03	06	14	24	48	46	334
Mérine	49	36	34	29	32	18	05	07	16	25	49	47	347
Dhaya	49	30	49	48	57	30	12	20	21	40	78	53	487

B. PLUVIOSITE MOYENNE MENSUELLE

L'examen du tableau n° 2 fait apparaître un minimum de pluie notamment au mois de juillet et août au cours de la période estivale (entre 03 et 07 mm) ; le maximum de pluie tombe au cours des mois de novembre, décembre et janvier (de 48 à 78 mm).

C. LES REGIMES SAISONNIERS

Le tableau n° 3 résume les caractères essentiels du régime pluvieux saisonnier ; celui-ci est fondé sur le calcul des quantités de pluies automnales, hivernales, printanières et estivales. Il est du type **H P A E** pour la station de Téghalimet située au Nord et la station de Mérine située au Sud et du genre **P A H E** pour la station de Dhaya située aussi au Sud du site d'étude. La différence dans les régimes pluviométriques est due à la différence d'altitude entre les stations.

Tableau n° 3 : Régimes saisonniers (Seltzer, 1946)

Stations	Distance / à la forêt	Altitude	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Régime saisonnier
Téghalimet	3 Km	650 m	86	<u>130</u>	94	26	<u>H P A E</u>
Mérine	10 Km	973 m	83	<u>129</u>	101	34	<u>H P A E</u>
Dhaya	15 Km	1400 m	139	132	<u>154</u>	62	<u>P A H E</u>

D. LA CONTINENTALITE PLUVIALE

La continentalité pluviale, représentée par le coefficient « C », est déterminée comme étant le rapport de la somme des précipitations des 6 mois les plus chauds (**P_I**) et de la somme des précipitations des 6 mois les plus froids (**P_{II}**).

$$C = P_I / P_{II}$$

Le coefficient « C » associé à l'indice de continentalité « K », défini par Daget (1977), est une valeur commode pour la recherche de la continentalité.

Pour l'ensemble des stations de référence, les 6 mois les plus chauds s'étendent du mois de mai au mois d'octobre ; les 6 mois les plus froids de novembre à avril comme indiqué au tableau n° 4.

Tableau n° 4 : Données sur la continentalité pluviale « C » (Seltzer, 1946)

Stations		M	J	J	A	S	O	Σ	C=
		N	D	J	F	M	A		P _I /P _{II}
Téghalimet	P _I	32	17	03	06	14	24	96	0.403
	P _{II}	48	46	47	35	34	28	238	
Mérine	P _I	32	18	05	07	16	25	103	0.422
	P _{II}	49	47	49	36	34	29	244	
Dhaya	P _I	57	30	12	20	21	40	180	0.586
	P _{II}	78	53	49	30	49	48	307	

E. INDICE DE SECHERESSE ESTIVALE D'Emberger (1942)

L'indice de sécheresse estivale est représenté par le quotient :

$$I = \frac{P_E}{M}$$

Où P_E désigne la pluviométrie estivale (en mm) et M la moyenne des maxima des mois les plus chauds.

Le tableau n° 5 suivant indique les valeurs obtenues pour la région de Télagh.

Tableau n° 5 : Indice de sécheresse estivale (Seltzer, 1946)

Stations	Distance / à la forêt	Altitude	P _E	M	I
Téghalimet	3 Km	650 m	26	32	0.81
Mérine	10 Km	973 m	34	33	1.03
Dhaya	15 Km	1400 m	62	32	1.94

L'indice de sécheresse estivale oscille entre 0.81 et 1.94. Il indique que la station de Téghalimet est plus sèche en été par rapport aux autres stations. Le gradient croissant de l'indice de sécheresse estivale est proportionnel au gradient d'altitude du nord au sud de la région de Télagh.

La pluviométrie estivale est beaucoup plus importante au sud qu'au nord de la région de Télagh. Il s'agit d'une situation spécifique répondant aux caractéristiques physiques et floristiques de la région.

F. PHENOMENES SECONDAIRES

➤ **LA NEIGE :**

Elle est présente dans cette zone pendant la saison d'hiver. Elle dure, en période humide, de 15 à 20 jours sur les hautes altitudes (+ 1000 m).

➤ **L'ORAGE :**

Les précipitations sous forme d'orage surviennent pendant les mois chauds et rarement sous forme de neige (23 orages enregistrés à Téghalimet par an).

➤ **LES GELEES :**

On enregistre 20 jours de gel à la station de Téghalimet. Ils sont répartis sur la période de novembre à avril.

IV.2.1.2. TEMPERATURES

A. TEMPERATURE MOYENNE MENSUELLE

La température moyenne mensuelle, en combinaison avec la pluviométrie, permet de déterminer la période sèche et la période humide à travers le tracé du diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussien (1953). La période sèche se manifeste lorsque la pluviométrie devient inférieure au double de la température moyenne mensuelle.

La température moyenne mensuelle la plus faible (4.5 °C au mois de Janvier) est enregistrée à la station météorologique de Dhaya ; la plus importante (26.5 °C au mois d'Août) à Téghalimet (Tableau n° 6). Le mois de Janvier est le plus froid pour toutes les stations confondues ; le plus chaud est Août.

Tableau n° 6 : Données thermiques des stations météorologiques de la région de Télagh (Seltzer, 1946)

Stations	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Jillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Téghalimet	9.5	10.5	12.5	15.5	18.0	22.5	25.5	26.5	18.0	19.0	14.0	11.0
Mérine	7.5	9.5	12.0	14.5	17.0	21.5	25.0	26.0	17.5	18.0	13.0	9.5
Dhaya	4.5	6.0	8.0	11.0	14.5	19,5	24.0	24.0	20.0	15.0	9.0	5.50

B. TEMPERATURE MINIMALE, MAXIMALE, ANNUELLE ET AMPLITUDE THERMIQUE

L'amplitude thermique extrême, obtenue à partir de la différence entre la valeur de la température maximale du mois le plus chaud et la valeur de la température minimale du mois le plus froid, est un facteur qui permet de définir l'indice de continentalité de la région. (Debrach, 1953). Ainsi on distingue quatre types de climat :

- Climat insulaire → $M - m < 15 \text{ °C}$
- Climat littoral → $15 \text{ °C} < M - m < 25 \text{ °C}$
- Climat semi-continentale → $25 \text{ °C} < M - m < 35 \text{ °C}$
- Climat continental → $M - m > 35 \text{ °C}$

Les valeurs du tableau n° 7 indiquent que le climat est du type semi-continentale. Elles sont relativement plus importantes au Nord qu'au Sud du site d'étude.

Tableau n° 7 : Température minimale (**m**), maximale (**M**), moyenne annuelle ($(M+m)/2$) et amplitude thermique (**M - m**).

Stations	M	m	M - m	$(M + m)/2$	Types de climat
Téghalimet	32	6	26	19	Semi-continentale
Mérine	33	1.5	31.5	17,25	Semi-continentale
Dhaya	32	0.0	32	16	Semi-continentale

La température moyenne annuelle ($(M+m)/2$) constitue un bon critère de détermination de l'étage bioclimatique ; en effet cette valeur entre dans le calcul du coefficient pluviothermique d'Emberger. Lorsque la valeur de ce paramètre s'élève le climat tend vers l'aridité. Ce critère est utilisé par Rivas-Martinez (1981) pour définir des étages de végétation.

C. CONTINENTALITE THERMIQUE

La continentalité thermique est exprimée par l'indice « **K'** ». La formule, selon les modifications effectuées par Daget (1977), s'écrit comme suit :

$$K' = \frac{1.7.A}{\sin(\alpha+10+9h)} - 14$$

Où :

A : Amplitude thermique moyenne annuelle en °C

α : Latitude en degrés d'Arc

h : Altitude en Kilomètres.

Tableau n° 8 : Données sur la continentalité thermique « K' »

Stations	Altitude (m)	h (Km)	A = M - m	K'
Téghalimet	650 m	0,650	26,00	372,81
Mérine	973 m	0,973	31,50	167,16
Dhaya	1400 m	1,400	32,00	110,72

Le tableau n° 8 montre que les valeurs de la continentalité thermique « K' » sont inversement proportionnelles à l'altitude et l'écart thermique. La station météorologique de Téghalimet, se trouvant au Nord, dans une cuvette, présente une continentalité plus prononcée que celle de Mérine et Dhaya dans la partie Sud de la région de Télagh.

IV.2.2. EXPRESSIONS SYNTHETIQUES DU CLIMAT

A. DIAGRAMMES OMBROTHERMIQUES DE Bagnouls ET Gausсен (1953)

Les deux auteurs considèrent comme mois sec « un mois où le total mensuel des précipitations exprimé en millimètres est inférieur ou égale au double de la température moyenne mensuelle exprimé en degré Celsius : « $P < 2 T \text{ }^{\circ}\text{C}$ ». Cette relation permet de représenter sur un même graphique, appelé communément diagramme ombrothermique, le mois de l'année en abscisse et en ordonnée d'une part les précipitations et d'autre part les températures.

Le tracé des diagrammes ombrothermiques permet de délimiter entre autres la période sèche. Son intensité est représentée par l'intersection des deux courbes. L'intérêt du diagramme ombrothermique est de saisir les rapports entre les précipitations et les températures et par conséquent « le bilan de l'eau » du site d'étude.

Les stations météorologiques de référence, pour l'étude du climat du site d'étude, présentent une période de sécheresse allant de trois (3) à sept (7) mois (Figure n° 4). Les stations de Téghalimet et de Mérine situées respectivement au Nord et au Sud d'étude comptent sept (7) mois de sécheresse allant d'Avril à Octobre. La station de Dhaya, plus méridionale, présente une période sèche de trois (3) mois allant de juillet à septembre.

B. INDICE XEROTHERMIQUE DE Bagnouls ET Gausсен (1953)

Les méthodes utilisées précédemment sont complétées par l'indice xérothermique « X » dont l'utilisation est plus avantageuse, puisqu'il intègre des facteurs supplémentaires importants tels, le brouillard, la rosée, l'humidité atmosphérique et la répartition des pluies.

Tableau n° 9 : Indice xérothermique « X »

Stations	Indice xérothermique	Type de bioclimat
Téghalimet	130	Thermoméditerranéen
Mérine	125	Thermoméditerranéen
Dhaya	84	Mésoméditerranéen

Les valeurs de cet indice (tableau n° 9) permettent de discerner les divers bioclimats pouvant être représentés dans le site d'étude. Ainsi on distingue :

- Un étage bioclimatique thermoméditerranéen pour les stations de Téghalimet et Mérine.
- Un étage bioclimatique mésoméditerranéen pour la station de Dhaya.

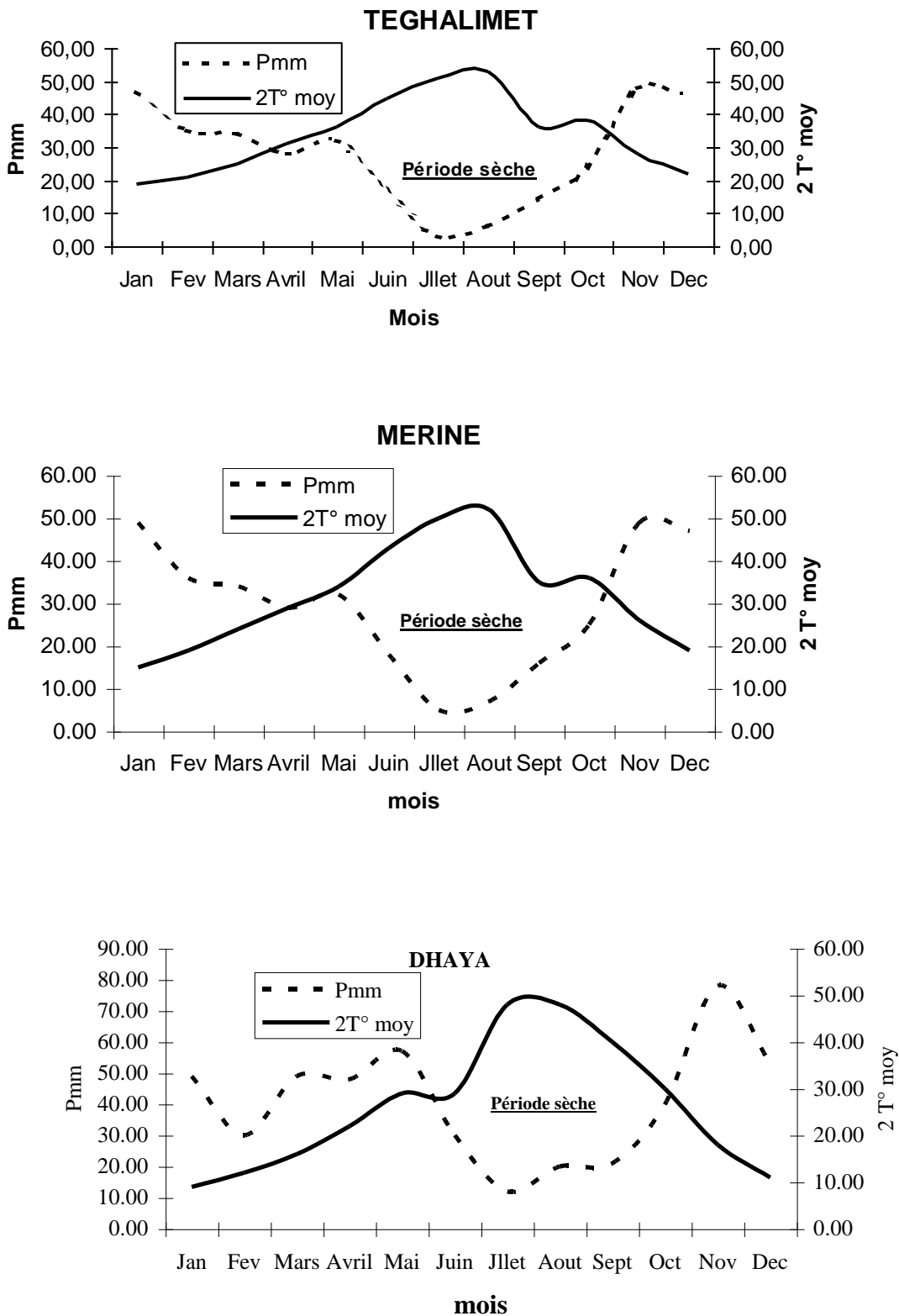


Figure n° 4 : Diagrammes ombrothermiques des stations de référence.

C. QUOTIENTS PLUVIOTHERMIQUES

Le quotient pluviothermique Q_2 d'Emberger (1930 - 1955) s'exprime par la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{2000.P}{M^2 - m^2}$$

Où :

P : Pluviométrie moyenne annuelle exprimée en millimètres

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en °K

m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid en °K

$$(T \text{ °K} = T \text{ °C} + 273 \text{ °C})$$

Stewart (1969) propose une autre formule pour calculer le Q_2 :

$$Q_2 = 3.43 \frac{P}{M - m}$$

Où :

P est exprimé en mm de pluie annuelle

M et **m** sont exprimés en °C.

Les valeurs du quotient pluviothermique, calculées à partir des deux formules citées ci-dessus, diffèrent peu entre elles pour une même station (Tableau n° 10).

Tableau n° 10 : Valeurs du quotient pluviothermique.

Stations	Q_2 d'Emberger (1952)	Q_2 de Stewart (1969)	« m » en °C
Téghalimet	44.78	44.85	06
Mérine	37.95	37.78	1.5
Dhaya	52.66	52.20	0.0

Selon les valeurs du Q_2 et de la température minimale « **m** » du mois le plus froid, la station de Téghalimet se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride à variante douce, celle de Mérine dans le semi-aride à variante fraîche et Dhaya dans le sub-humide inférieur à variante fraîche (Figure n° 5).

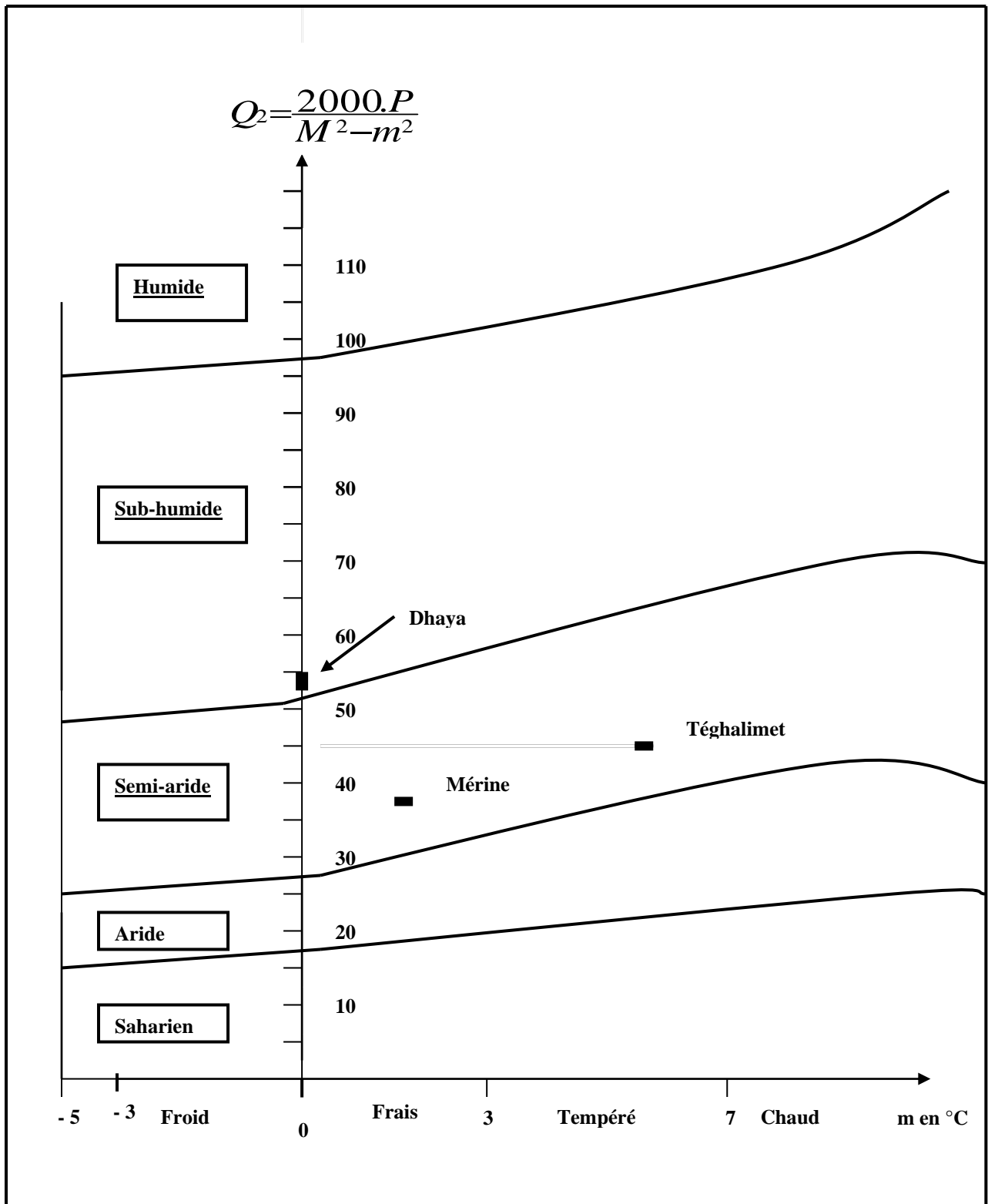


Figure n° 5 : Climagramme pluviothermique d'EMBERGER.

D. EXPRESSION SYNTHETIQUE DE LA CONTINENTALITE

La continentalité climatique d'une station est un caractère réalisé par la combinaison des continentalités thermiques et pluviales (Djellouli, 1981). Les deux valeurs s'organisent en un climagramme proposé par Daget (1968) qui comporte, en ordonnée les valeurs de la continentalité pluviale « C », en abscisse les valeurs de la continentalité thermique « K' » (Figure n° 6).

Les stations de référence se situent dans la catégorie des climats semi-continentaux. Les valeurs des températures minimales « m » les différencient en variantes douces et fraîches.

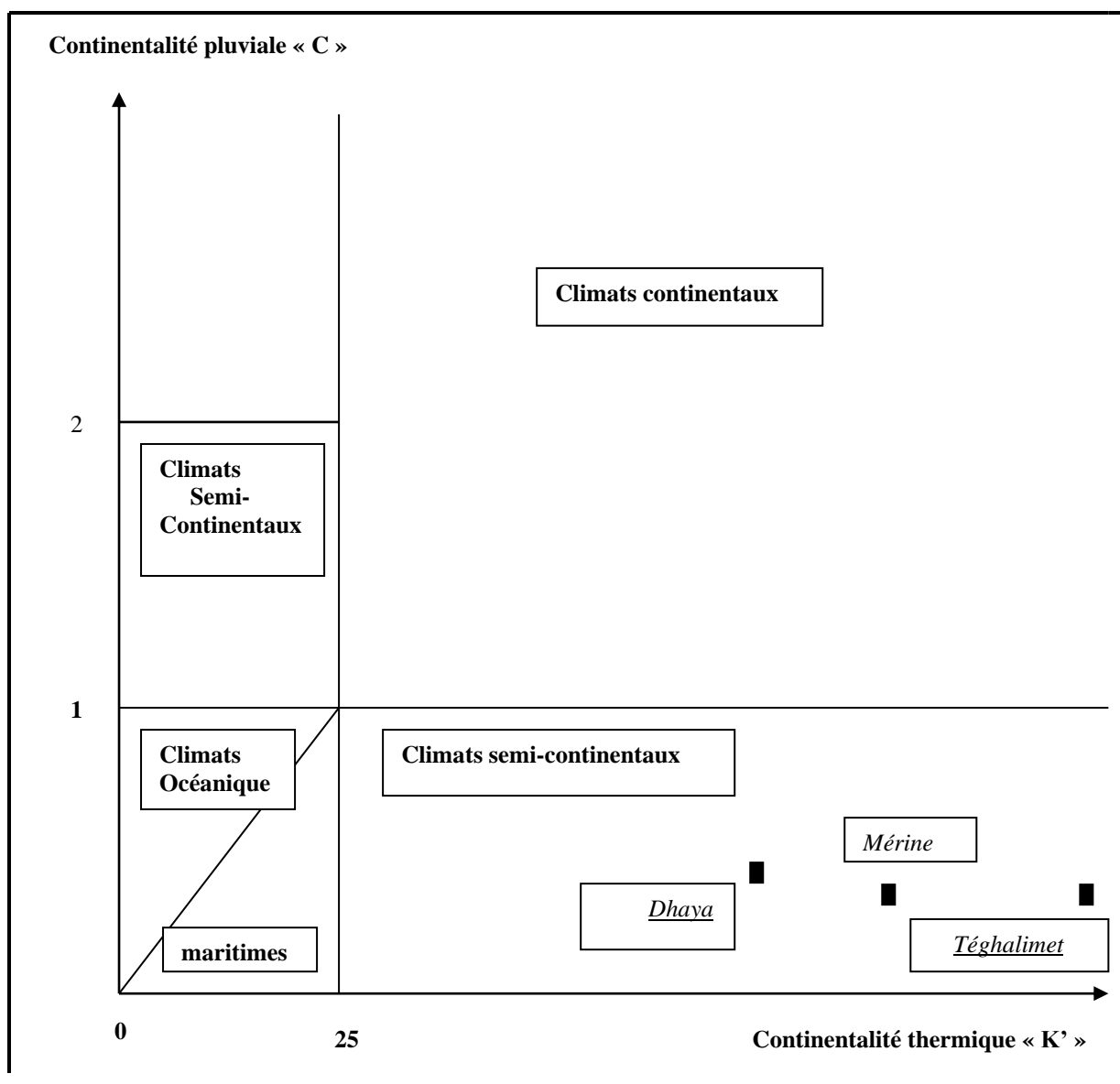


Figure n° 6 : Diagramme des continentalités.

CONDITIONS PLUVIOMETRIQUES ACTUELLES

La comparaison des données anciennes de Seltzer (1946) aux récentes valeurs pluviométriques de l'O.N.M. (1997), relatives à la ville de Sidi Bel'Abbes, a révélé que la situation hydrique est préoccupante (figure n° 7).

Les tranches pluviométriques de la seconde période d'observation (1985 - 95) sont en général moins importantes que celles enregistrées durant la première période d'observation (1913 – 38) par Seltzer (1946) ; la différence se chiffre à 100 mm.

La station de Sidi Ali Benyoub connaît la même situation que celle de Sidi Bel'Abbes (figure n° 8). La moyenne annuelle des précipitations en seconde période d'observation se chiffre à 339 mm. La différence par rapport à la moyenne annuelle de la première période d'observation (1913-38) est de 121 mm.

La baisse de la tranche pluviométrique annuelle dans les deux stations exprime bien le phénomène de la sécheresse hydrique qui frappe la région ouest de l'Algérie occidentale et en particulier celle de Télagh. L'impact de cette sécheresse s'est bien répercuté sur la production céréalière et la végétation ligneuse (Hellal, 1996). Des années agricoles ont été déclarées sinistrées et la période a connu de nombreux incendies de forêts. Ils ont été favorisés par le stress hydrique.

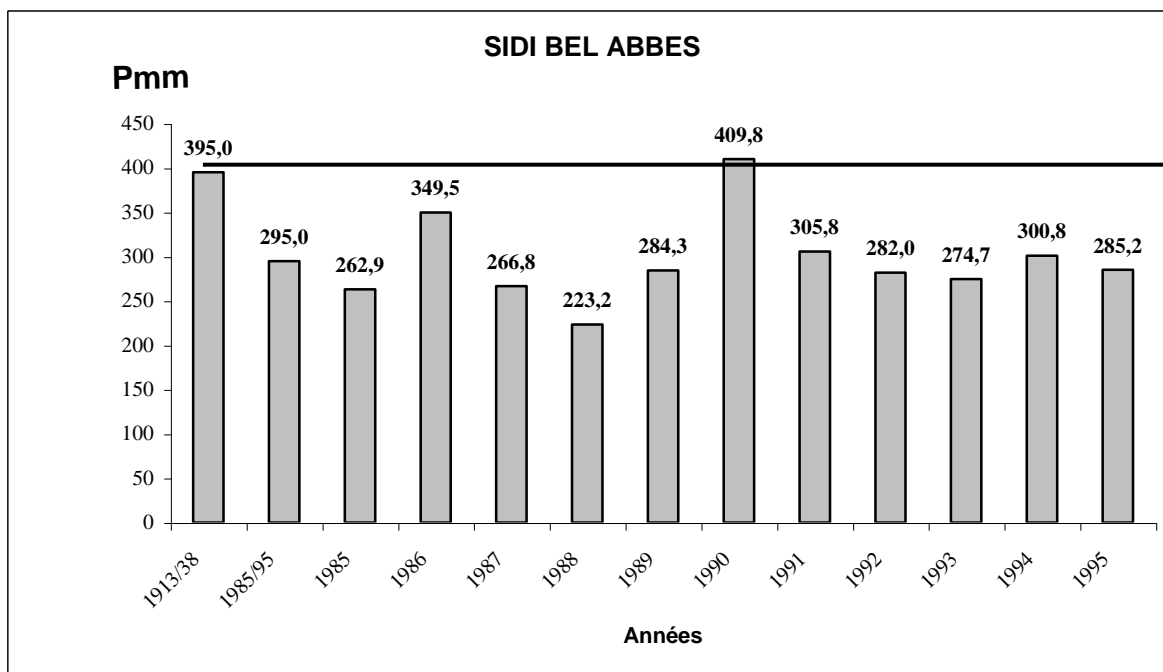


Figure n° 7 : Précipitations annuelles de Sidi Bel'Abbes enregistrées en deux périodes d'observation (1913-38 et 1985-95)

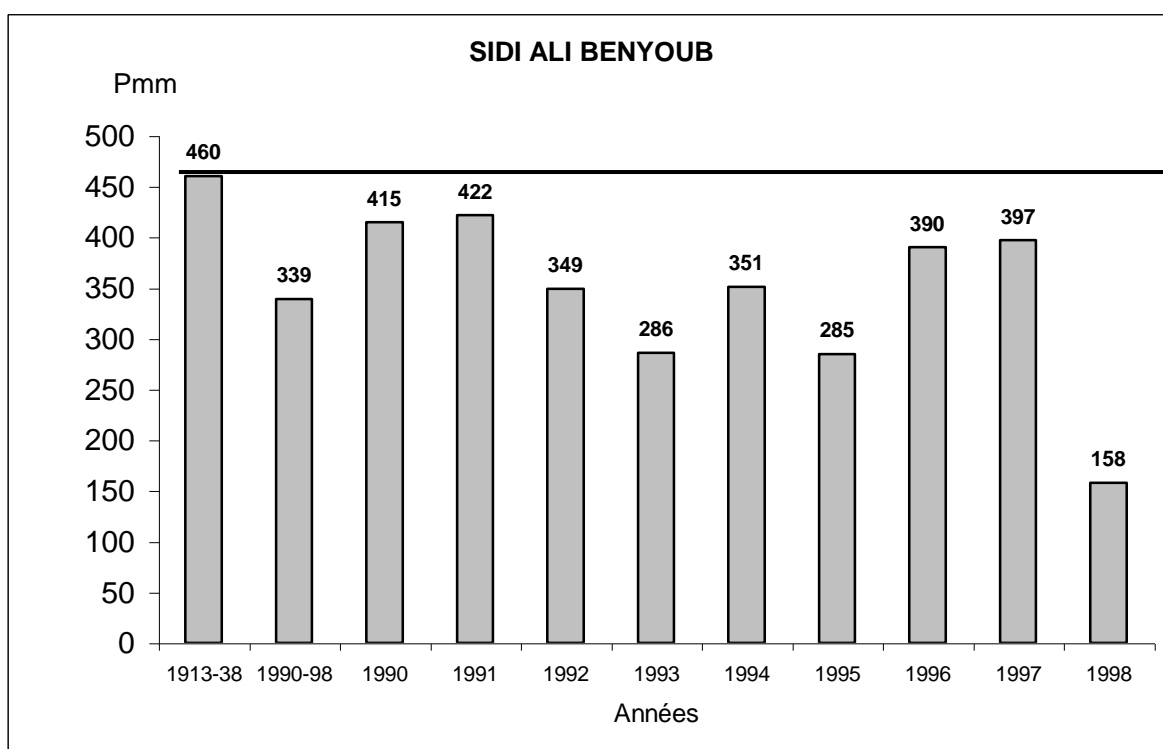


Figure n° 8 : Précipitations annuelles de Sidi Ali Benyoub enregistrées en deux périodes d'observation (1913-38 et 1990-98).

LE CADRE SOCIO- ECONOMIQUE

I. LE MILIEU HUMAIN :

L'homme, avec son troupeau, est l'un des principaux facteurs écologiques qui influent sur le milieu. Il utilise la forêt comme un terrain de parcours presque tout le long de l'année. Il pâture, exploite les clairières et défriche dans certains cas à la périphérie de la forêt. Son impact est bien visible sur l'état de la sylvie par l'effectif, la pyramide des âges, la densité et les différentes activités professionnelles des individus de la population.

I.1. L'EFFECTIF :

L'effectif de la population de chaque commune est consigné dans le tableau n° 11

Tableau n° 11 : L'évolution de la population par commune et par année (1986/98)

Commune	Superficie (Ha)	1986	1989	1991	1993	1995	1998
Télagh	17909	17016	17822	18666	19550	20475	20875
Mérine	18935	5440	6000	6287	6534	6771	7218
Téghalimet	187,94	5350	5607	5993	6243	6541	6984

L'accroissement de la population de cette région est en moyenne de l'ordre 192 individus par an. Cet accroissement est surtout élevé en période 1989-1993 où il arrive jusqu'à 225 individus par an.

I.2. LA PYRAMIDE DES AGES :

Les données de la répartition de la population par classe d'âge sont reportées dans le tableau n° 12.

Tableau n° 12 : répartition de la population par commune et par classe d'âge :

Classe d'âge Commune	0-6 ans	7-15 ans	16-19 ans	20-24 ans	25-59 ans	+ 60 ans
Télagh	2690	3400	2110	3980	7113	1582
Mérine	1550	2113	800	593	1780	412
Téghalimet	1439	1961	803	0569	1793	419

Dans les trois communes, le nombre de jeunes est plus important que les adultes. La majorité des jeunes outre que ceux intégrés dans le secteur d'industrialisation et de l'urbanisation s'occupent de la garde des troupeaux.

I.3. REPARTITION DE LA POPULATION PAR ACTIVITE :

Les données de la répartition de la population par activité de notre zone d'étude sont consignées dans le tableau n° 13.

Tableau n° 13 : répartition de la population par activité

Commune	Population totale	Population active	Taux d'activité	Population agricole	Activités		
					Permanents	Saisonniers	Eleveurs
Télagh	20875	5661	27%	2500	654	670	519
Mérine	7218	1094	22,7%	851	200	302	212
Tégghalimet	6984	1089	22%	869	209	296	219

La lecture du tableau n° 13 indique que le nombre d'ouvriers saisonniers est relativement plus élevé que celui des autres activités.

Le nombre d'éleveurs est assez appréciable ce qui explique, en partie, l'état de dégradation de la végétation naturelle. En effet cette région est connue depuis longtemps par sa vocation agro-sylvo-pastorale à qui de nos jours s'ajoutent l'industrialisation et l'urbanisation au détriment du milieu forestier.

I.4. TAUX ET DENSITE :

Le taux et la densité de la population de cette région sont reportés dans le tableau n° 14.

Tableau n° 14 : densité et taux de la population par commune

Commune	Taux de natalité (%)	Taux de mortalité (%)	Taux de croissance (%)	Densité par année /Km ²					
				86	89	91	93	95	98
Télagh	50	15	33	95	99,5	104	109	114,1	116,5
Mérine	47	12	30	29,25	31,6	33,2	34,5	35,7	38,1
Tégghalimet	45	13	30	28,46	29,8	31,8	33,2	34,8	37,1

Selon les données du tableau n° 14 on constate que le taux de natalité dans la commune de Télagh est élevé par rapport à celui de Mérine et de Tégghalimet.

Ceci s'explique par la diversification des activités (agricole, élevage, industrie) liée au grand nombre de personnes actives dans la commune de Télagh ; les communes de Mérine et de Tégghalimet comptent un grand nombre de personnes sans activité permanente.

II. L'ELEVAGE :

La population de la région de Télagh est généralement rurale, vivant essentiellement d'élevage et d'agriculture.

La zone est à vocation agro-sylvo-pastorale où est concentré un grand nombre de troupeaux composés essentiellement d'Ovins, Bovins, Caprins et Equins.

Durant la période d'Octobre à Juin, les troupeaux pâturent dans les forêts où ils broutent les espèces appétibles qui s'y trouvent. Le tableau n° 15 donne l'effectif du cheptel des trois communes : Télagh, Mérine, et Téghalimet.

Tableau n° 15 : l'effectif du cheptel par commune et par têtes de bétail

Cheptel Commune	OVINS	BOVINS	CAPRINS
Télagh	4045	296	157
Téghalimet	4826	185	149
Mérine	4495	145	145
Total	13366	626	451

Le cheptel Ovin est représenté par un effectif plus élevé que les cheptels Bovin et Caprin (Figure n°9).

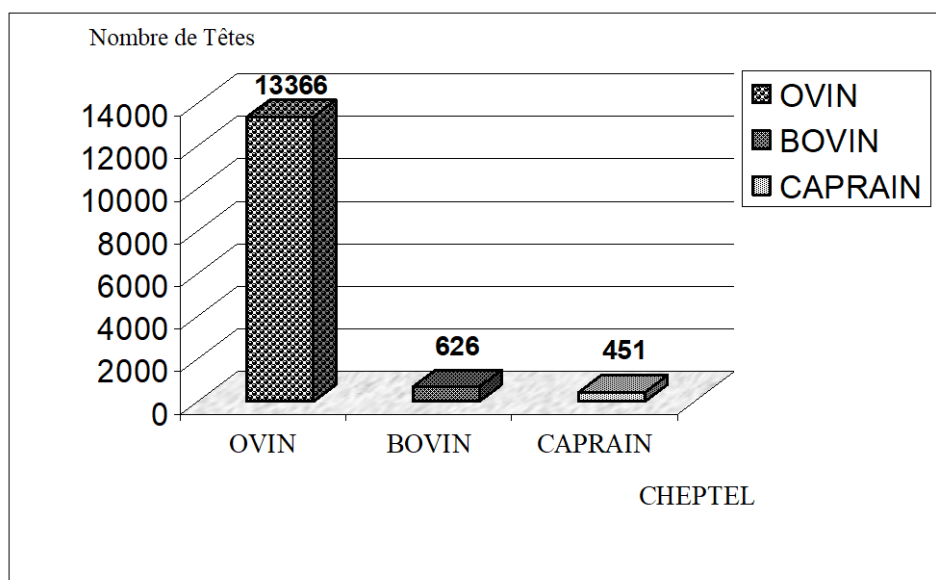


Figure n° 9 : Histogramme des cheptels Ovins, Bovins et Caprins dans les communes de Télagh, Mérine et Téghalimet.

La région de Télagh (Télagh, Mérine, Téghalimet), est à vocation agro-sylvo-pastorale, où un fort effectif de troupeaux composé essentiellement d'ovins, bovins et caprins est répartie comme suit :

- Télagh regroupe un nombre de 4498 têtes.
- Mérine regroupe un nombre de 4785 têtes.
- Téghalimet regroupe un nombre de 5160 têtes.

Les 2/3 du nombre total des troupeaux de la commune de Télagh utilisent la forêt de Khodida comme un terrain de parcours (surtout la partie ouest de la forêt).

Pour la commune de Mérine seul le 1/3 du nombre total des troupeaux fréquente la forêt de Khodida ; les 2/3 parcourent dans les forêts voisines.

Pour la commune de Téghalimet le 1/3 du nombre total des troupeaux pâture dans la forêt de Khodida.

La figure n° 10 indique l'occupation de la forêt de Khodida par les troupeaux des trois communes avoisinantes.

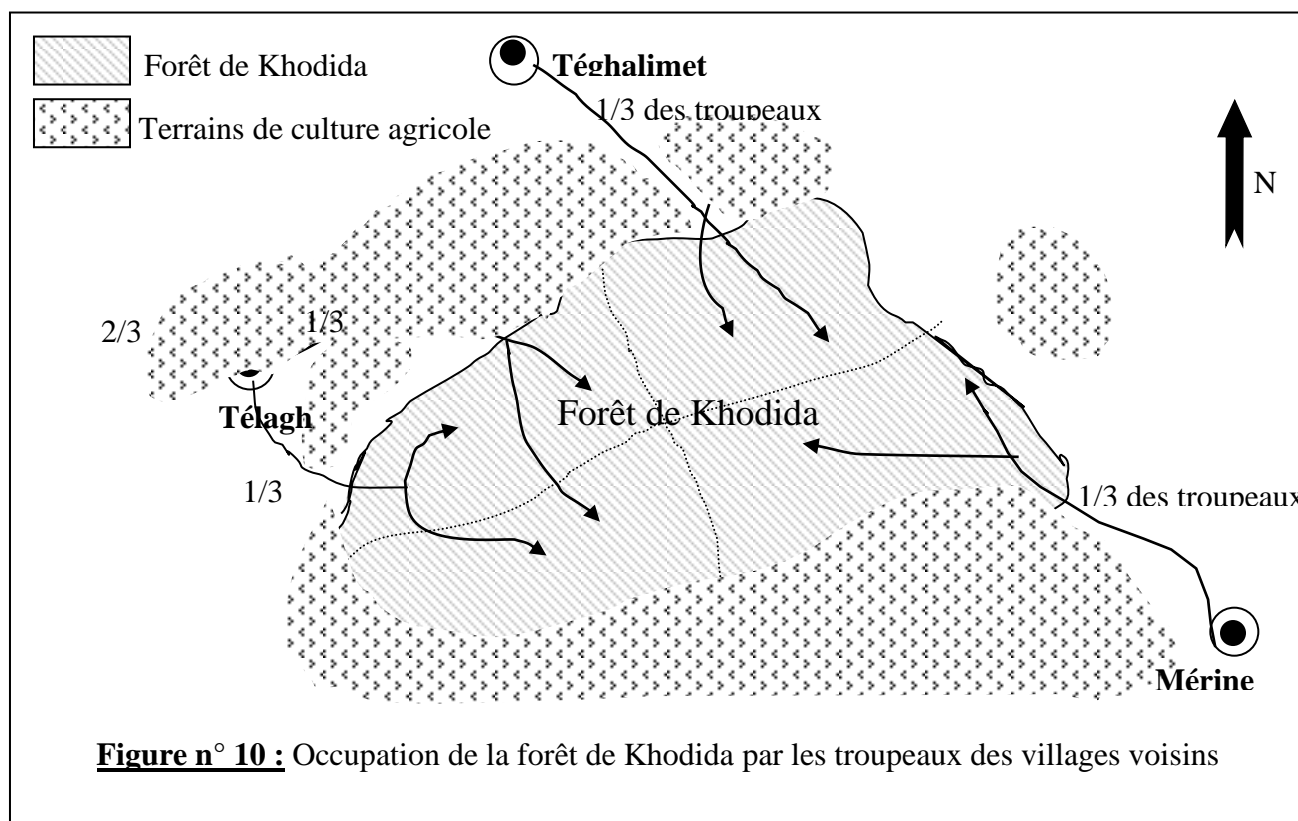


Figure n° 10 : Occupation de la forêt de Khodida par les troupeaux des villages voisins

La superficie occupée par les espèces forestières appétibles est relativement importante ; ceci est à l'origine de son utilisation abusive par les troupeaux.

En effet ces surfaces sont entourées par les terrains agricoles, et sont réservés obligatoirement aux parcours riverains.

La figure n° 11 montre les zones de parcours de la forêt de Khodida.

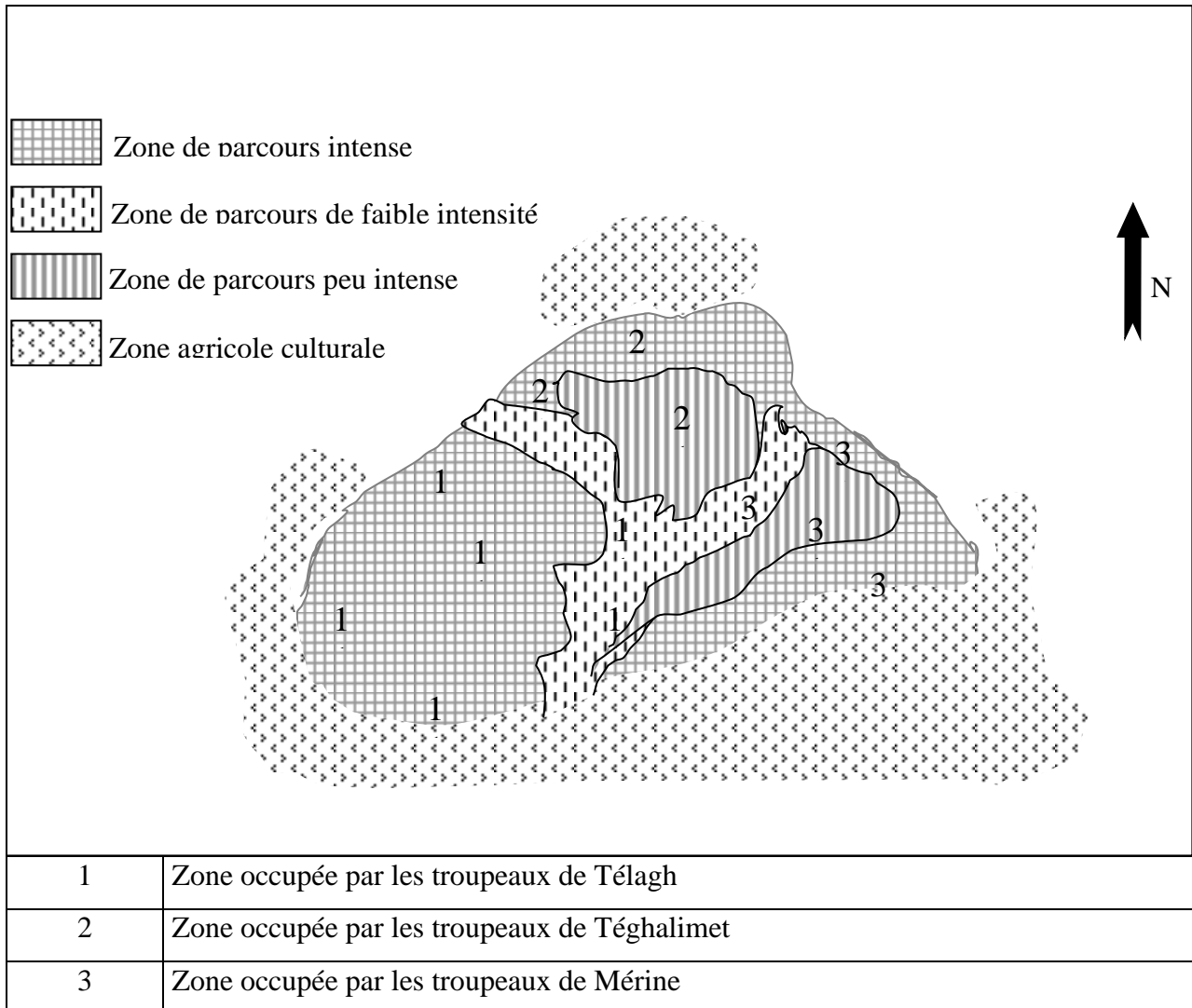


Figure n° 11 : les zones de parcours de la forêt et leur intensité de pacage.

Les périodes de parcours sont organisées de la façon suivante (figure n° 12) :

- Janvier à Mars : terrains de parcours.
- Avril à Juillet : biomasse herbacée.
- Septembre à Novembre : biomasse arbustive appétible.

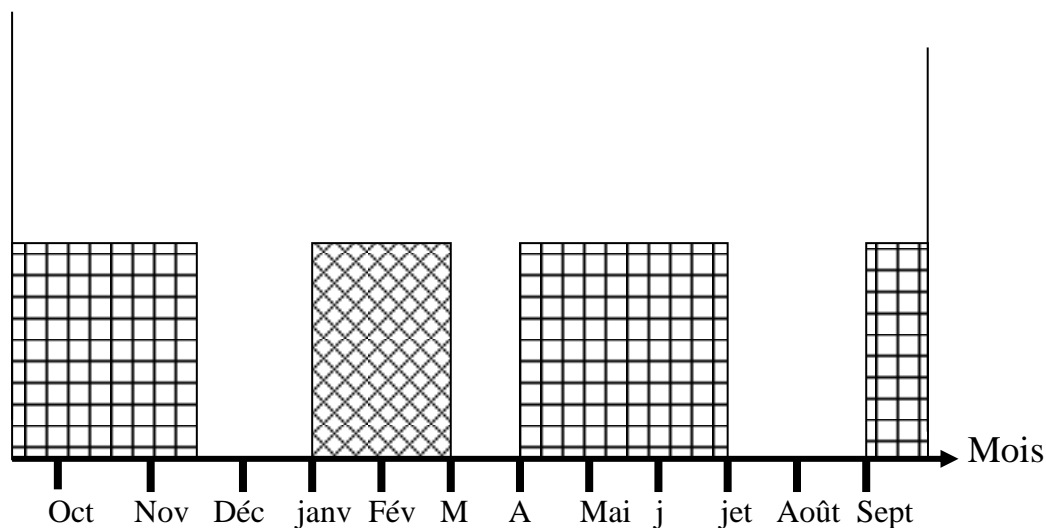
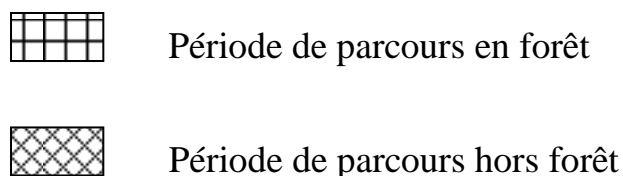


Figure n° 12 : Les périodes de parcours dans la forêt de Khodida et les terrains agricoles de voisinage.

III. L'AGRICULTURE :

Dans notre zone d'étude, on ne rencontre que les prairies temporaires dont les terrains de parcours sont ouverts pendant la période estivale. Les principales cultures pratiquées sont :

- Les céréales.
- Les jachères.
- Les fourrages.

III.1. L'ACTIVITE AGRICOLE :

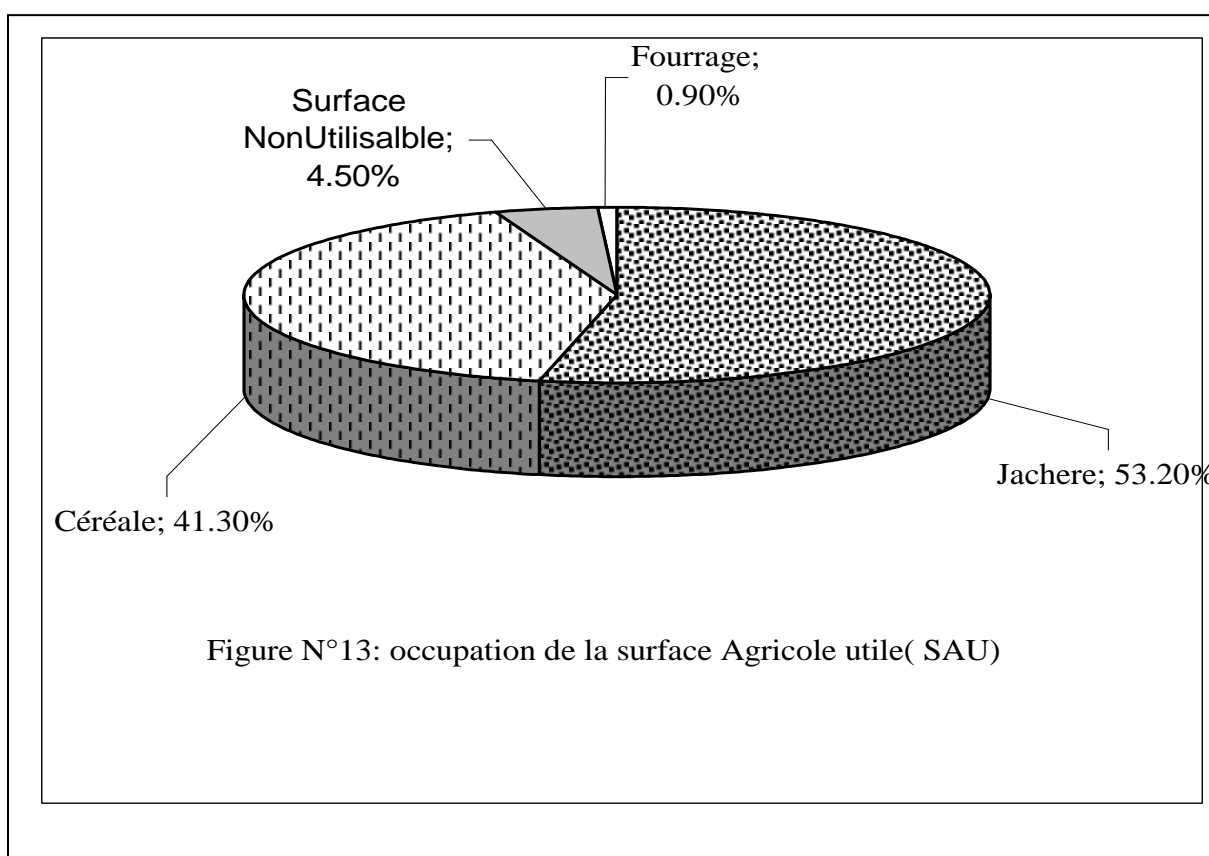
La surface agricole utile (SAU) est occupée par les céréales, les jachères et les fourrages.

Le tableau n° 16 et la figure n° 13 renseignent sur la situation de la Surface Agricole Utile.

Tableau n° 16 : Occupation de la surface agricole utile (S.A.U).

S.A.U : Surface agricole utile.

Commune	S.A.U (Ha)	Céréales (Ha)	Jachères (Ha)	Fourrages (Ha)
Télagh	11506	4928	7153	110
Mérine	10923	4625	4212	100
Tégghalimet	13396	4832	7157	110
Total	34825	14385	18522	320



Les fourrages ne représentent en moyenne qu'une faible superficie (0.90%) par rapport aux jachères (53.20%) et aux céréales.

Les céréales occupent une proportion relativement élevée (41.30%), malgré leur rendement aléatoire.

La production en paille garde relativement les troupeaux pendant un à deux mois dans les champs de culture.

Les spéculateurs marchandent pendant ces années maigres et sèches sur certaines quantités de paille et de graines destinées à l'alimentation du bétail.

III.2. LA PRODUCTION AGRICOLE :

Les hautes plaines de Télagh présentent une vocation polyvalente : agricole, sylvicole et pastorale. L'occupation de la surface agricole utile est dominée par les grandes cultures (céréales, fourrages et légumes secs). Les rendements moyens enregistrés restent toujours faibles dans des conditions de sécheresse et d'utilisation irrationnelle des moyens de production.

La région de Télagh connaît la sécheresse depuis une vingtaine d'année et les conséquences se manifestent durablement sur la production agricole.

Durant la période allant de 1991 à 1999, le rendement moyen était de 8 qx/ha pour l'orge et de 4 à 5 qx/ha pour les autres catégories (figures n° 14 et 15) ; comparé à celui obtenu dans les plaines de sidi bel'abbes, il demeure toujours faible. La sécheresse et l'utilisation irrationnelle des moyens de production sont à l'origine du faible rendement enregistré sur des terres agricoles où il ne descend pas en dessous de 20 qx/ha. La sécheresse s'y manifeste par de courtes périodes pluviales et de faibles quantités de précipitation. Les moyens de production tels que l'utilisation des engrais et le respect du plan cultural ne sont plus d'actualité face aux gains rapides qui sont générés par la spéculation. En conséquence, la production de grains et de paille ne pouvant plus suffire pour l'alimentation des troupeaux, a poussé les éleveurs à fréquenter de plus en plus les milieux forestiers à la recherche de fourrage.

Les milieux forestiers connaissent de sérieux problèmes de voisinage. Les bergers ne cessent d'agresser par leurs troupeaux, la flore à caractère nutritif située à proximité des terrains agricoles. Ils sont souvent attirés par la gratuité du fourrage pouvant être fourni par les milieux forestiers et la forte spéculation enclenchée par le faible rendement des produits agricoles.

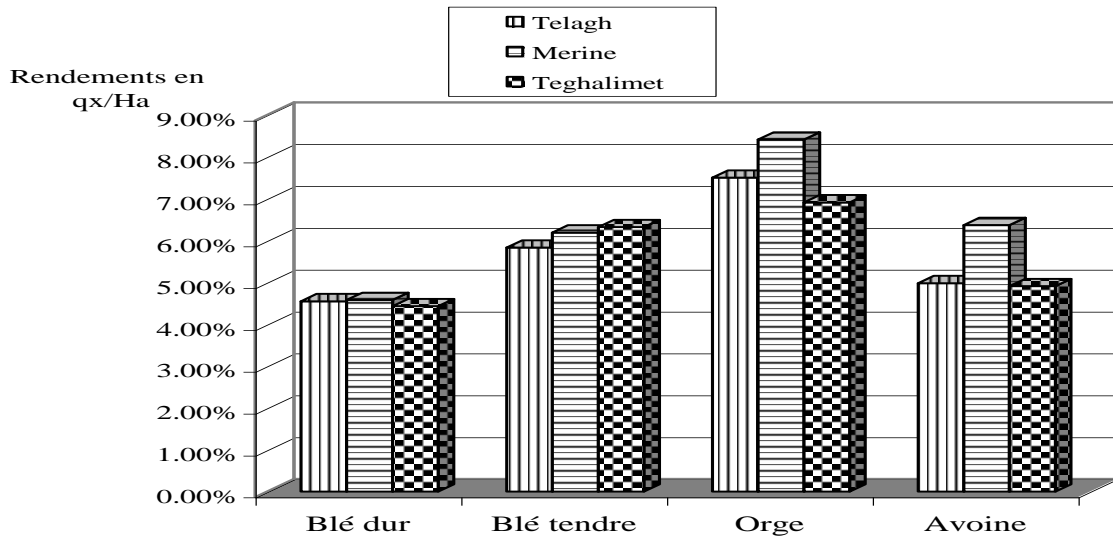


Figure n° 15 : Histogramme des rendements en céréales dans les trois communes du sud de la wilaya de sidi bel'abbes

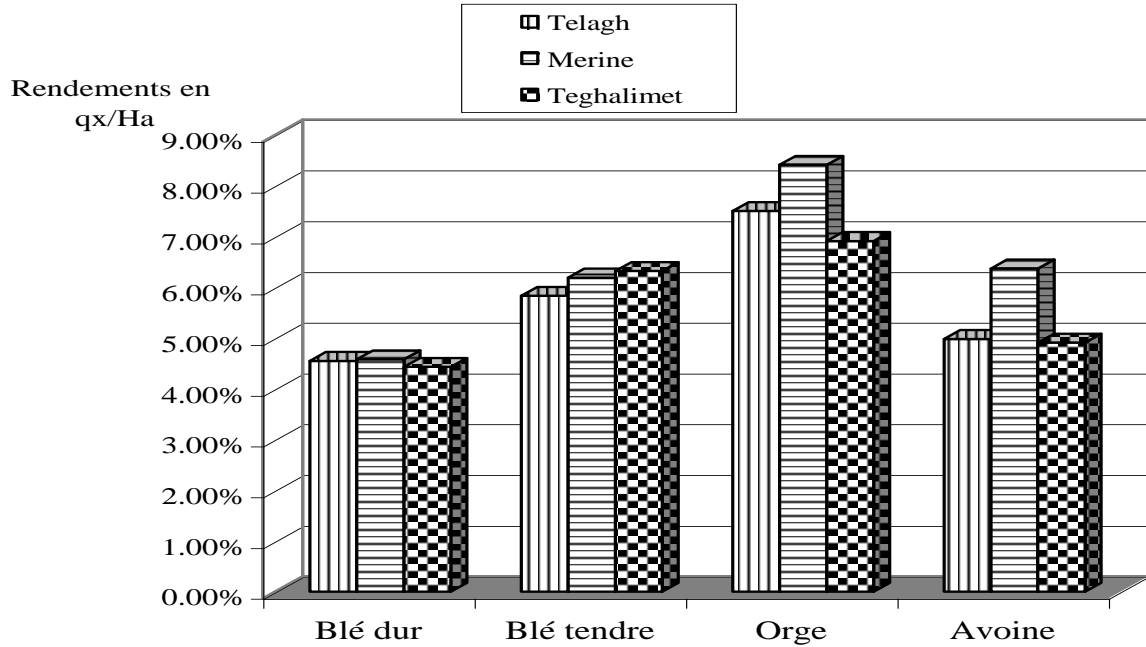


Figure n° 15 : Histogramme des rendements en céréales dans les trois communes du sud de la wilaya de sidi bel'abbes

IV.1. RESSOURCES HYDRIQUES

La région de Télagh se caractérise par un réseau hydrographique peu développé, constitué de trois bassins présentant sur le plan économique un certain intérêt (Figure n° 16) :

- Le bassin de la Mekerra,
- Le bassin de l'oued El Hammam constitué par le sous bassin d'Oued Sefioun et le sous bassin de l'Oued Neksifia,
- Le bassin fermé de Chott Ech Chergui.

Le bassin de la Mekerra prend sa source dans le Djebel Timzirine, au Sud – Est de Redjem Demmouche et de Ras Elma (Hellal, 1999). Il traverse toute la partie Ouest de la région de Télagh. Les potentialités sont évaluées à $17 \text{ Mm}^3 / \text{an}$ dont les apports pérennes de la haute Mekerra seule seraient de $9 \text{ Mm}^3 / \text{an}$. La période des hautes eaux se situe le plus souvent en janvier – février mais peut s'étaler d'octobre à mars. De nombreuses crues subites peuvent se produire à la suite des gros orages d'été.

Le bassin de l'Oued El Hammam couvre les plaines et les zones forestières du massif forestier Est de Télagh. Les formations jurassiques et crétacées des monts de Dhaya sont à l'origine des ressources pérennes importantes. Dans le sous bassin de l'Oued Neksifia traversant les plaines de Télagh et de Téghalimet, la perméabilité peut être considérée comme moyenne.

Les potentialités y sont évaluées à $10,6 \text{ Mm}^3 / \text{an}$ pour les eaux pérennes et à $7,5 \text{ Mm}^3 / \text{an}$ pour les eaux souterraines.

Le sous bassin de l'Oued Sefioun a peu de potentialités exploitables, du moins dans les limites de la région de Télagh.

Le régime climatique tranché en deux saisons contrastées a une influence directe sur les cours d'eau. Ces derniers ont un caractère torrentiel, excessif, irrégulier car ils vivent au rythme des averses. Pendant la saison sèche, les rivières sont soumises à une longue période de maigre ; tout écoulement superficiel peut disparaître. Les oueds « se réduisent alors à un lit de pierres, interrompu parfois par des flaques qu'entourent des lauriers-roses que hantent les tortues ». Pendant la saison humide les oueds sont parcourus par des crues violentes et souvent dévastatrices. Ces crues sont subites, désordonnées et de courte durée. Le flot se précipite alors en grondant poussant devant lui boue et cailloux ; les champs sont submergés, les ponts souvent emportés. Il parvient jusqu'au chef-lieu de la wilaya où il cause d'importants dégâts matériels et parfois humaines.

Il est à noter que presque toutes les ressources en eau superficielles de la wilaya de Sidi Bel'Abbes sont mobilisées et utilisées par les wilayas limitrophes.

IV.2. RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES

La région de Télagh n'est pas totalement couverte par des études. Cependant il est possible de donner quelques appréciations fournies par l'agence des bassins (Hellal et Ayad, 2002). Les eaux souterraines contenues dans les formations aquifères peuvent être présentées comme suit (Figure n° 17) :

1. La nappe de Tenira qui participe à l'alimentation de la ville de Sidi Bel'Abbes à raison d'un prélèvement de 200 l/s à partir de forages reste non maîtrisée quantitativement.
2. La nappe alluviale d'oued Melrir (Ras Elma) non estimée et mise en évidence grâce à quelques forages.
3. La nappe de Chott Chergui, d'une capacité de 60 millions de m³/an, est située à l'extrémité de la wilaya et reste peu utilisée.

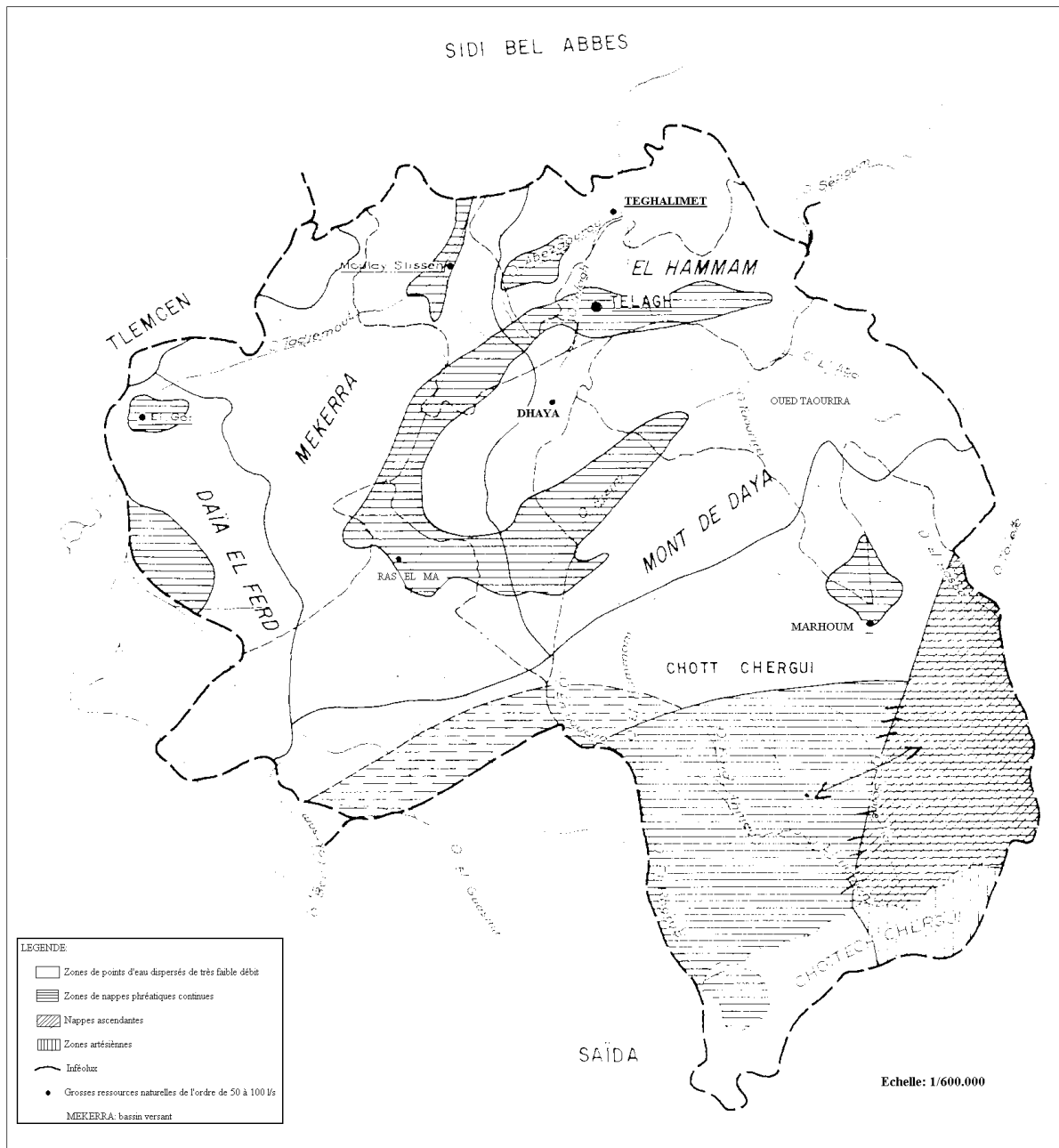


Figure n° 17 : Carte des ressources hydriques souterraines de la région de Tlagh.

(Source : BNEDER, 1992).

I. FAUNE

Chaque écosystème est défini par sa phytocénose et sa zoocénose. Les différents types du couvert forestier sont caractérisés par une faune mobile de grande, moyenne et petite taille (mammifères, oiseaux et reptiles) participant aux interactions génésiques, qui associent les deux règnes animal et végétal, en favorisant la dissémination des graines et des fruits (El Hai, 1969). Chacune des fractions de cette faune possède des représentants dans toutes les strates de la végétation, ceci est en relation avec les capacités de chacune d'elle de s'adapter aux différents biotopes forestiers.

La wilaya de Sidi Bel'Abbes est caractérisée par un relief présentant deux aspects d'une part, les hautes plaines steppiques et les monts de Dhaya (massif de Telagh), d'autre part les monts de Tessala et de Beni Chougrane (forêts du nord) entrecoupant d'Ouest en Est les plaines de Sidi Bel'Abbes et de Melghir (Figure n° 18).

Le couvert végétal forestier est estimé à 209.779 Ha et 153.390 Ha d'alfa, soit un taux de boisement d'environ 22 % par rapport à la superficie totale de la wilaya qui est estimée à 913.490 Ha. La surface forestière de la circonscription de Telagh « Est + Ouest » s'étend sur 59965 Ha.

Adou (1927) rapportait que la région de Sidi Bel'Abbes était infestée par des bêtes sauvages : *Hyène, Renard, Chacal, Gazelle, les Panthères, les Lions et les Guépards* tenaient une place importante dans ce cortège faunistique.

Le même auteur écrivait « les premiers colons eurent peu l'occasion de voir des *Lions*, mais ils connurent des chasseurs qui avaient eu à se mesurer à ces terribles carnassiers ».

Le *Lion* fréquentait essentiellement la zone d'Oued Sebaa (d'où elle tire son nom). Selon la description faite, il s'agirait du « *Lion d'Atlas* » caractérisé par son menton noir et sa petite taille, le différenciant ainsi du lion d'Afrique.

La *Panthère* mouchetée fréquentait la forêt de Bouyetas, alors que l'*Hyène* rayé était présente dans la région de Ras Elma, précisément dans le Djebel Crampel. Le *Daim* fréquentait la forêt de Slissen.

D'autres mammifères ont été cités, tel que : le *sanglier*, le *lièvre brun*, le *lapin de Garonne*, le *porc-épic*, le *hérisson*, la *Genette*, la *Mangouste* et la *Belette* répartis presque dans toutes les forêts de la région.

Les oiseaux les plus fréquemment rencontrés sont la *Tourterelle des bois*, la *Perdrix*, les *pigeons ramiers et biset*, la *Caille*, le *pinson des arbres* et la *Grive*.

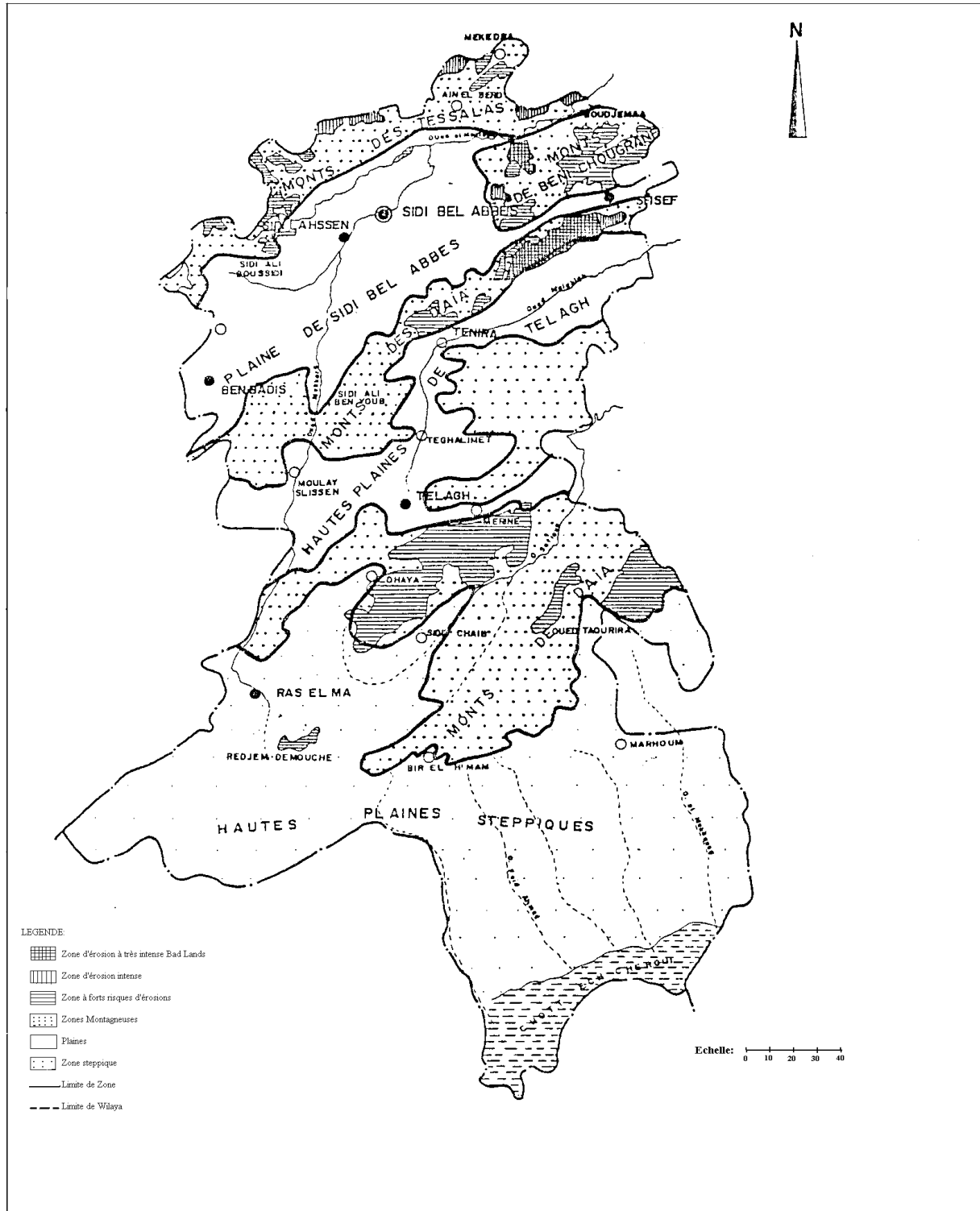


Figure n° 18 : Carte physique de la wilaya de Sidi Bel'Abbes.
(Source : BNEDER, 1983)

Le patrimoine faunistique a subi, et subit actuellement des pertes importantes dues principalement à l'action anthropique, qui reste l'une des principales causes de l'extinction des espèces, victimes de destruction des forêts :

- Le dernier *Lion* fut abattu dans la localité d'Oued Taourira, par un chasseur de la région.
- Un *Guépard* fut tué dans la même localité en 1973, précisément à 400 m Ouest de Khechba.
- L'Hyène rayé fut exterminée en 1968.
- Le *Mouflon à manchette* a disparu vers les années 1978-79, juste après l'installation de l'armée dans la zone de Ras Elma.
- Une *gazelle de montagne* a été sauvagement abattue par un chasseur dans la forêt domaniale de Bouyetas.
- Un *serval* a été tué par un automobiliste en 1981 sur la route reliant Téghalimet à Oued Sarno.
- Une *Panthère* a été vue pour la dernière fois en 1962 dans la forêt de Bouyetas.

Une étude détaillée de la relation faune - flore dans la forêt de Kounteida située à 10 Km de la forêt de Khodida indique une richesse faunistique composée de 50 espèces d'oiseaux, 09 espèces de mammifères et 05 espèces de reptiles dont la majorité est d'origine biogéographique boréale (Koudache, 1994). Les groupes faunistiques ainsi déterminés sont inféodés à des groupements végétaux. Une tétracliniaie très dégradée héberge l'Epervier (*Accipiter nisus*), le Faucon crecerelle (*Falco tinnunuculus*) et le Serin cini (*Serinus serinus*). Un taillis de chêne vert et maquis de thuya dégradés abrite L'alouette des champs (*Carduelis canabina*), la Huppe fasciée (*Upupa epops*), la Merle noire (*Turdus merula*), l'Alouette lulu (*Lullula arborea*), le gros bec (*Coccyzus Coccyzus*) et la caille des blés (*Coturnix Coturnix*). Enfin un taillis de chêne vert héberge le Geai des chênes (*Garrulus glandarus*) et la buse féroce (*Buteo rufinus*).

L'avifaune de l'écosystème forestier inventoriée par Koudache (1994) compte 30 % d'espèces insectivores, 32 % de granivores, 24 % de polyphages et 10 % de carnivores. Elle est représentée par 68 % d'espèces sédentaires strictes, 12 % d'estivantes, 02 % migratrices et 02 % hivernantes. Elle est taxonomiquement diversifiée de sorte qu'elle est constituée par 21 familles appartenant à 07 ordres dont deux sont plus représentés. L'ordre des Passériformes est plus fourni en familles et compte à lui seul 35 espèces. L'ordre des Rapaces compte 07 familles et 05 espèces.

L'avifaune se déplace en permanence et sa répartition est souvent liée aux phénophases de la végétation dont elle dépend pour ces besoins nutritifs et sa physiologie dont elle dépend pour sa nidification (Koudache, 1994).

Les mammifères, représentés par le sanglier, le renard, le lièvre et le lapin, sont relativement indépendants des biotopes ; la diversité est surtout liée à l'abondance des aliments disponibles. Elles sont généralement erratiques ; néanmoins chaque groupe d'individus de même espèce est lié à un espace bien défini répondant à la notion de territoire.

Les rares espèces présentes naturellement et protégées réglementairement au niveau des forêts de la wilaya sont : la Gazelle de montagne, le Porc-épic, le Chacal et les Rapaces.

Au sud de la forêt de Khodida, à 8 Km, la forêt de zegla, où se trouvent les réserves de Djefafa et de Tefessouk, abrite entre autres le Cerf (*Cervus sp*), le Chevreuil (*Capreolus sp*), la Gazelle des montagnes, le faisan (*Phasianos sp*) et le daim (*Damys dona*)

A l'échelle stationnelle la forêt de Khodida est fréquentée par un gibier pauvre en espèces. La perdrix (*Alectoris barbara*), le lièvre (*Lepus capensis*) et le lapin de Garonne (*Oryctolagus cuniculus*) se développent bien. Ils font l'objet de prélèvements lors des campagnes de chasse organisées chaque année. Il s'ajoute la palombe (*Palumbus sp*), la caille (*Coturnix Coturnix*), d'autres mammifères tels que le Sanglier (*Sus scrofa*), le Renard roux (*Vulpes vulpes*) et quelques reptiles comme l'Agame variable (*Agama mutabilis*), le Caméléon commun (*Chameleon chameleon*) et le Lézard vert (*Lacerta viridis*).

II. FLORE

La forêt de Khodida est située dans le vaste massif de pin d'Alep qui formait autre fois entre le Sud de Sidi Bel'Abbes , Saida et Sebdou un seul bloc continu d'au moins 500.000 Ha.

De nombreuses agglomérations ont été installées dans ce massif : Télagh, Téghalimet, Moulay Slissen, Tenira, Mezaourou, Dhaya ... qui est découpé actuellement en 28 forêts, la plupart isolées les unes des autres par des terrains agricoles. Les essences présentes se classent en deux grands groupes : les feuillus et les résineux.

II.1. LES RESINEUX :

Le **pin d'Alep** (*Pinus halepensis*) n'occupe pas plus de 200.000 Ha. Il est le plus souvent représenté dans le triangle Sidi Bel'Abbes, Saida, Tlemcen avec comme zone centrale Télagh et atteint près de 180.000 Ha. Il n'est pas exigeant du point de vue de la qualité du sol et arrive à pousser sur les sols les plus stériles et squelettiques.

Le pin d'Alep continuera à jouer un rôle important dans le reboisement pour la lutte contre l'érosion, la reconstitution du sol et du couvert végétal.

Les futaies qu'il forme ont été soit exploitées ou incendiées et se présentent sous l'aspect jardiné.

Le **Thuya** (*Tetraclinis articulata*) est une essence caractéristique de la région couvrant près de 130.000 Ha. Il constitue des peuplements de petites tailles dégradées et sans protection vu sa faible valeur économique mais très intéressant écologiquement de par sa faculté de rejeter des souches et ses faibles exigences. Il est par contre résistant aux incendies qui causent des maux sévères aux autres résineux.

II.2. LES FEUILLUS :

Le **chêne vert** (*Quercus ilex*) s'étend dans la région sur une surface identique. On le trouve sur du calcaire légèrement siliceux et les dolomies du jurassique tandis que le pin d'Alep préfère les formations crétacées et miocènes représentés par des marnes et des calcaires. Il se présente le plus souvent en taillis dégradé.

Le **chêne kermès** (*Quercus coccifera*), couvrant une surface de 30.000 Ha, est sujet à une exploitation intensive avec extraction de souche. Il se maintient grâce à sa faculté de rejeter des souches et sa résistance aux incendies. Il forme avec le lentisque un sous bois remarquable et intéressant dans plusieurs peuplements.

Dans la zone de Télagh, la répartition des essences est récapitulée comme suit :

Pin d' Alep = 65.000 Ha

Thuya = 61.000 Ha

Chêne vert = 18.000 Ha

Chêne kermès = 6.000 Ha

II.3. DIFFERENTS TYPES DE VEGETATIONS RENCONTREES

II.3.1. NOTION D'ASSOCIATION

Toutes les strates sont représentées. Les principales espèces caractéristiques des groupements de chêne vert, de pin d'Alep et de Thuya sont présents : le chêne vert (*Quercus ilex*), le thuya (*Tetraclinis articulata*), le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) et le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*) en strates arborescentes et arbustives. La strate buissonnante est colonisée par la filaire (*Phillyrea media*), le lentisque (*Pistacia lentiscus*), le Diss (*Ampelodesmos mauritanica*), l'alfa (*Stipa tenacissima*), le Romarin (*Rosmarinus tournefortii*), la Globulaire (*Globularia alypum*), le Ciste (*Cistus villosus*), le Palmier nain (*Chamærops humilis*) et le Calicotome (*Calycotum spinosa*). La strate herbacée, sous couvert dense, est quasiment inexistante mis à part les clairières qui sont revêtues entre autres par l'Asphodèle (*Asphodelus microcarpus*), les hélianthèmes (*Helianthemum* sp) et quelques graminées. La zone d'étude est constituée par des forêts pures de pin d'Alep, des forêts mixtes et des matorrals.

II.3.2. FORETS :

Ce sont des peuplements regroupant les espèces arborescentes qui croissent sur une parcelle donnée. Ces peuplements sont dits « purs » s'ils ne renferment qu'une seule espèce d'arbre dans la même strate. Ils sont dits « mélangés » lorsque plusieurs espèces différentes se côtoient mutuellement.

Le pin d'Alep est l'espèce dominante. Il se trouve essentiellement dans les trois strates : arborescente, arbustive et buissonnante. La strate herbacée est très localisée vu la faible régénération par semis de l'espèce.

II.3.3. AIRES GEOGRAPHIQUES ET BIOCLIMAT DE LA FORET

Pineraie pure

Elle est située entre 400 et 1000 m d'altitude. La pineraie pure est représentée essentiellement par la strate arborescente, très rare dans les autres strates.

Pin d'Alep et thuya

La strate arborescente ne compte que du pin d'Alep et du thuya. Cette formation correspond à un bioclimat plus chaud.

Pin d'Alep et chêne vert

Le chêne vert, bien qu'il occupe un fort pourcentage par rapport au thuya, il est rarement présent en strate arborescente. Ce groupement forme un matorral moyen. Il correspond le plus souvent à un bioclimat plus froid.

II.3.4. RECENSEMENT ET LOCALISATION DES ESPECES FOURAGERES LIGNEUSES

Les espèces fourragères ligneuses peuplant la forêt de Khodida sont représentées par : *Quercus ilex*, *Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus*, *Phillyrea media*, *Stipa tenacissima*, *Ampelodesmos mauritanica* et *Arbutus unedo*

Quercus ilex

Le chêne vert, bien que peu représenté, ne se trouve pas à l'état arborescent. Ces groupements forment un matorral moyen plus ou moins arboré. Il peut se trouver à une altitude de 900 à 980 m suivant les zones. Il est plus abondant en exposition Nord et Nord - Ouest, se développe faiblement en exposition Sud et Sud - Est et peut supporter l'exposition chaude par endroit.

C'est une espèce qui s'accommode à des terrains calcaires et n'est pas très exigeante du point de vue sol. Il se développe sur les rendzines et parfois sur des sols superficiels lorsque les conditions climatiques lui sont favorables ; à défaut, il est envahi par le thuya.

Le chêne vert est souvent mêlé au pin d'Alep et dans certains cas à quelques pieds de filaire, lentisque, romarin et alfa dans un stade régressif.

Quercus coccifera

Il est plus abondant que le chêne vert. On le rencontre dans la strate arbustive et buissonnante. Il se développe surtout en exposition Nord - Est et Sud - Est à une altitude moins élevée que celle du chêne vert et généralement sur sous - bois.

Le chêne kermès est moins fréquent sur sol calcaire que sur terra rossa reposant sur des blocs de gré. C'est une espèce liée à la présence de thuya, romarin, alfa, pin d'Alep et lentisque.

Pistacia lentiscus

Il se trouve à l'état arbustif. Il constitue des matorrals moyens clairs et est plus répandu aux expositions Sud - Est, Sud - Ouest et Nord - Ouest. Il est présent sur sol argilo - limoneux, disparaît ou est faiblement représenté quand le sol s'appauvrit et devient fortement calcaire. Il est souvent accompagné de pin d'Alep, chêne kermès et l'alfa.

Phillyrea media

C'est une espèce peu abondante dans la forêt. Elle se trouve à l'état arbustif et s'accommode à toutes les altitudes. Elle préfère les expositions Sud - Est, Sud - Ouest et les sols calcaires. Elle est liée au thuya, pin d'Alep, alfa et à d'autres espèces secondaires.

Stipa tenacissima

Elle est présentée en fort pourcentage dans notre zone d'étude. Elle peut se développer indifféremment à l'altitude et supporte toutes les expositions notamment Sud - Est et Sud - Ouest. C'est une espèce du semi-aride et de l'aride. Elle préfère les sols très calcaires, peu profonds et est rencontrée aussi sur sols argileux, terra rossa et sol caillouteux. C'est une espèce qui n'est pas exigeante du point de vue sol. Elle constitue le plus souvent la plus forte proportion du sous-bois quand elle se développe dans les peuplements de pin d'Alep, thuya, et chêne vert.

Ampelodesmos mauritanica

Elle est faiblement représentée dans la zone d'étude. Sa présence semble être conditionnée par l'humidité, l'argile et les sols siliceux, sur terra rossa et les sols sablo argileux. Elle indique la limite entre le semi-aride supérieur et le sub-humide inférieur.

Arbutus unedo

Elle est très faiblement représentée. C'est une espèce généralement de l'étage sub-humide et humide et préfère un sol calcaire en présence de chêne vert.

MONOGRAPHIE DU CHENE VERT ET DU PIN D'ALEP

LA MONOGRAPHIE DU CHENE VERT 050

LA MONOGRAPHIE du pin d'Alep 064

CHAPITRE I : LA MONOGRAPHIE DU CHENE VERT

I - DENOMINATION USUELLE DU CHENE VERT :

En philologie ; les noms de peuplement du chêne vert sont en latin : "ILICITUM", "ILIGNUM", "LICEUM "; certains botanistes disent " ILIÇAIES " et d'autres encore plus simplement " chênaie verte ".

Les phytosociologues préfèrent le terme de *Quercetum ilicis*. (Kasi-Aoual, 1982).

Dans le monde, le chêne vert est connu sous diverses appellations :

- " Holm oak " en anglais
- " Chêne gense " en français
- " Stemeiche " en allemand
- " Ballout " en arabe
- " Kerrouch " en berbère
- " Encina ", " carasco " en espagnoles
- " Azinheira " en portugais
- " Leccio " en italien
- " Prinos " en grecque

II - TAXONOMIE DU CHENE VERT DANS LE MONDE VEGETAL :

Un problème taxonomique s'est posé à propos de cette essence, car elle est très polymorphe.

LINNE a distingué trois espèces de chêne vert : (*Quercus ilex*), (*Quercus cromintia*), (*Quercus smilax*).

LAMARCK ne reconnaît seulement que deux espèces : (*Quercus ilex*) et (*Quercus rotundifolia*). La différence entre ces deux espèces est alors fondée sur quelques caractères morphologiques tels que, ceux relatifs aux feuilles ; les feuilles de (*Quercus ilex*) étant plus longues que celles de (*Quercus rotundifolia*).

BESTONTAINES a ajouté une troisième espèce (*Quercus ballota*) aux deux dernières. Elle est considérée comme une variété de (*Quercus ilex*), par plusieurs auteurs.

Sur la base de la saveur du gland (Amer ou doux), on distingue deux variétés ; la variété (GUENINA P. cout), à glands amers et âcres et la variété (BALLOTTA desf), à glands doux.

L'absence d'argument favorable à cette conception conduit les botanistes à maintenir la seule espèce (*Quercus ilex*) pour tout le bassin méditerranéen (Dahmani, 1984)

Plus récemment Otto et Jowele, (1971 in Hamoudi, 1981) présentent la classification de l'espèce comme suit :

Embranchement	:	Spermaphytes
Sous Embranchement	:	Angiospermes
Classe	:	Dicotylédones
Famille	:	Fagaceae
Genre	:	Quercus
Espèce	:	Quercus ilex
Variété	:	Ballota

III - CARACTERISTIQUES BOTANIQUES ET PHYSIOLOGIQUES :

III - 1/ CARACTERISTIQUES BOTANIQUES :

Le chêne vert est un arbre de taille moyenne de 8 à 10 mètres pouvant atteindre 15 à 20 mètres en ambiance humide, et acquérir 2 à 3 mètres de circonférence.

Le houppier est de forme ovale, arrondi à l'état isolé ; les ramifications sont serrées et denses, les jeunes rameaux sont pubescents.

L'écorce est peu épaisse, lisse, grise, claire, brillante et ne devenant squameuse qu'avec l'âge.

Les feuilles sont persistantes sur deux à trois ans, de forme très changeante (ovoïdes allongées ou lancéolées), 3 à 7 cm de long, arrondies ou cunéiformes à la base, bord entier ou légèrement dentelé. Elles sont vert foncé sur la face supérieure, pubescentes et grises sur la face inférieure, avec des nervures proéminentes, la nervure centrale droite avec 7 à 11 nervures latérales (Ingrid Peter et Schonf Elder, 1988).

La cime est ovale à arrondie ; la tige est trapue, robuste, le plus souvent unique.

La floraison est monoïque, ne s'effectue que sur la première pousse de l'année pour les fleurs femelles, mais peut se retrouver également sur la pousse de l'année précédente pour les fleurs mâles (Floret et al., 1983).

La fructification annuelle (Novembre – Décembre) se produit dès l'âge de 10 à 12 ans, mais elle n'est appréciablement abondante qu'à partir de 25 à 30 ans.

L'enracinement est profondément pivotant ; cependant il possède de nombreuses et puissantes racines latérales (Boudy, 1952).

III - 2/ CARACTERISTIQUES PHYSIOLOGIQUES :

La longévité du chêne vert est élevée. Il peut atteindre 300 ans sur les faciès humides et fertiles ; en moyenne, elle est de deux cents ans.

Sa vitalité physiologique est remarquable, car sa faculté de rejeter est très grande. Il repousse abondamment et vigoureusement des souches, jusqu'à un âge avancé.

IV - REPARTITION GEOGRAPHIQUE :

IV -1 / LE CHENE VERT DANS LE MONDE :

Le chêne vert (*Quercus ilex*. L) est une espèce dont la répartition est très vaste. Il est présent en Chine et en Himalaya jusqu'en grande Bretagne et aux confins du Sahara (Boudy, 1950).

IV -2 / LE CHENE VERT DANS LE BASSIN MEDITERRANEEN :

Le chêne vert est une espèce spontanée dans le bassin méditerranéen. Il est considéré comme espèce " *Circum méditerranéenne* ".

Il est très fréquent dans la zone occidentale, moins abondant dans la péninsule volcanique, rare en Anatolie et disparaît dans le secteur sud- oriental (Boudy, 1950).

Le chêne vert est particulièrement abondant en Afrique du nord où il forme le fond de la forêt de montagne. L'importance du chêne vert au Maroc (1.346.000 Ha) a été soulignée par Boudy (1950). Il est par contre peu représenté (83.000 Ha), en Tunisie.

IV - 3 / LE CHENE VERT EN ALGERIE :

Le chêne-vert est l'une des essences forestières les plus importantes en Algérie. On le trouve partout, de la frontière tunisienne à la frontière marocaine, de l'Atlas mitidjien à l'Atlas saharien.

Dans la partie Est de l'Algérie, il est en mélange avec le pin d'Alep et le cèdre, il abonde dans les massifs de belezma et du bonaif, Sgag et d'oued fédala.

Au centre du pays, il est toujours associé au pin d'Alep, il recouvre les versants de l'atlas mitidjien sous forme des boisements dégradés.

A l'Ouest du pays, le chêne vert constitue les plus importants massifs, dans les régions de Tiaret, Frenda et Saida avec les grandes forêts de Hassasna en taillis dégradés faisant suite aux vieilles futaies de Tlemcen, représentées par les forêts de Khemis, Ouled Nahar et surtout des Beni Bou Saïd, constituées par une futaie bien venante.

Dans l'atlas saharien, on retrouve le chêne vert associé au pin d'Alep, comme dans les massifs de djelfa, soit en taillis clairs et dégradés dans les monts d'Aflou, Djebel Amour, les monts de Ksour et Djebel Tonila de Aïn-Sefra (Boudy, 1950).

IV - 4 - SUPERFICIE DE CHENE VERT EN ALGERIE :

Boudy note que le chêne vert, en 1950 occupait une superficie de 680.000 Ha ; trente ans plus tard, l'administration des forêts rapporte qu'il n'occupe seulement que 354.000 Ha

(Leutreuch-Belaroussi, 1991). Il est classé en 3^{ème} place après le pin d'Alep et le chêne liège.

En comparant les données de Boudy à celles de l'administration des forêts, on remarque une diminution de 50 % de cette essence en Algérie ; cela peut être dû aux incendies, aux coupes abusives non contrôlées et au pacage excessif.

V - ÉCOLOGIE DU CHÊNE VERT :

Le chêne vert s'accommode bien à des conditions écologiques les plus variées et les plus vigoureuses. Comme pour les autres espèces, les facteurs écologiques influant sur l'évolution du chêne vert sont :

- L'altitude
- Les conditions climatiques
- Les conditions édaphiques
- Les facteurs biotiques

V - 1 / L'ALTITUDE :

En Algérie, dans les monts de Hodna, du Belezma et dans les Aurès, on le trouve entre 1200 et 900 mètres, entre 1500 et 2200 mètres dans l'Atlas saharien. Au Maroc sa limite supérieure est à 2900 mètres tandis qu'en France il ne dépasse pas les 500 mètres.

Le chêne vert est une espèce de plaine ou de collines en France tandis qu'en Afrique du Nord, c'est une véritable essence de montagne.

V - 2 / CONDITIONS CLIMATIQUES :

Le chêne vert est une essence robuste, très plastique qui s'accommode à différents types de climats. Il résiste bien au froid, et par sa faible transpiration en période de sécheresse. En effet, le chêne vert peut supporter un indice xérothermique de 0 à 150 (Gausson, 1954).

Ainsi, pour le chêne vert, les principaux facteurs climatiques sont : La lumière, La température, les précipitations et l'action du vent.

V - 2 - 1 / LA LUMIERE :

Le chêne vert est à la fois une essence d'ombre et de lumière, il n'est menacé nullement d'éviction par une autre essence, lorsque celle-ci arrive à être dominante dans le peuplement. En effet, il s'adapte à une vie ralentie en sous bois pour resurgir dès que les circonstances les lui permettent (Boudy, 1952).

V - 2 - 2 / LA TEMPERATURE :

Le chêne vert supporte des températures extrêmes considérables allant de -15°C jusqu' à 42°C avec un optimum de 13°C (Sauvage, 1961 ; Loisel, 1976 ; Plaisance, 1978).

Malgré la robustesse de l'essence, la répartition et l'intensité des températures ont une influence directe sur sa croissance et le déroulement de son cycle végétatif.

En effet, la température intervient sur la levée de dormance des glands lors de la germination car les semences nécessitent une température basse (Come, 1970). En outre, le débourrement ne s'effectue qu'après que les bourgeons aient reçu un certain degré de température basse (Kazi-Aoual, 1982).

Par conséquent le seuil thermique minimal de la croissance radriculaire est de 2 à 4°C; celle-ci diminue à plus de 30°C et s'annule à 40°C (Zeraia, 1981).

En fin, le seuil thermique minimal de la floraison est de 10°C et le seuil thermique maximale et de 31°C. (Zeraia, 1981).

V - 2 - 3 / LES PRECIPITATIONS :

En vue de sa plasticité, le chêne vert admet une tranche pluviométrique allant de 300 mm à 1462 mm (cas de Djelfa et l'Aurès) (Boudy, 1952). Il peut en outre supporter durant la saison sèche 250 mm de pluie au minimum, sinon au-dessous de cette dernière, son bois devient alors mal aoûté (Plaisance, 1978).

Notons que la pluie a une grande importance pour le développement de l'arbre. En effet, l'eau doit répondre aux exigences de l'espèce lors des différentes phases du cycle végétatif. Come (1975) indique à ce sujet que la teneur en eau doit être disponible aux semences pour que la germination de l'embryon s'effectue, ainsi que les bourgeons s'accroissent fortement et rapidement en Hiver (Kazi-Aoual, 1982).

Dans les zones montagneuses, les précipitations hivernales tombent sous forme de neige. Elle peut atteindre 50 à 60 cm d'épaisseur et recouvrir le sol durant plusieurs semaines et même plusieurs mois. La neige favorise la régénération naturelle et pouvant contribuer à la levée de dormance au niveau de la germination des graines. Toutefois l'excès de neige peut retarder la croissance de la racicule vers les horizons riche en eau utile. (Leutreuch-Belaroussi, 1991).

Les gelées peuvent occasionner des dégâts redoutables, car le chêne vert est très sensible aux gelées, surtout les jeunes pousses.

La grêle est aussi maléfique car elle détruit les bourgeons, les jeunes rejets et peut trouer les feuilles.

L'aptitude du chêne vert à s'accommoder aux conditions climatiques variées lui permet de couvrir plusieurs étages bioclimatiques depuis le semi-aride jusqu'à l'humide passant par le sub-humide. Dans l'étage semi-aride (400 à 500 mm de pluie) il représente le type xérophile de la chênaie verte, où l'on trouve à l'état de boisement dégradé, localisé en Algérie, dans les Aurès

et les montagnes du sud-oranaise. Mais c'est principalement dans les étages sub-humide et humide qu'il connaît son plein développement en peuplement de vastes massifs forestiers, surtout dans le centre de l'Ouest de l'Algérie (Teniet El Had, Miliana, Tlemcen). (Boudy, 1950).

V - 2 - 4 / LE VENT :

Le chêne vert présente une bonne résistance physiologique et mécanique au vent, malgré l'effet de ce dernier sur la végétation forestière par sa fréquence, son intensité, sa vitesse, sa température et son hygrométrie.

V - 3 / CONDITIONS ÉDAPHIQUES

Le chêne vert présente aussi une grande plasticité édaphique. Il s'adapte à tous les types de sols qu'ils soient siliceux ou calcaires. Il est peu être exigeant en fertilité et tolère les sols les plus secs, surtout calcaires (Guinier, 1971).

En Algérie, il existe principalement dans les étages jurassique et crétacé. Dans ce dernier, on le rencontre sur les sols marno – calcaires, dans les régions de l'Ouarsenis du Zaccar, de Ténès et Cherchell, on le trouve sur des marnes dures coupées de quartzite; dans l'Atlas mitidjien, sur les schistes nécomiens; Dans les régions d'Aumale, il se rencontre sur les schistes et grès de l'Albien et dans les hautes montagnes de Constantine et les chinons qui y sont disséminés, les monts du Hodna, du Belezma et de l'Aurès, sur les calcaires et les sols marno – calcaires du cénoomanien et du turonien.

Dans le jurassique, on le trouve sur les sols grès, calcaires, dolomies des monts de Tlemcen. (Boudy, 1950 ; Plaisance, 1978)

V - 4 / LES FACTEURS BIOTIQUES :

Les maladies cryptogamiques, les ennemis entomologiques, les incendies sont des facteurs biotiques très importants pour le chêne vert.

V - 4 - 1 / MALADIES CRYPTOGRAMIQUES - PARASITES DU BOIS :

Les principales espèces fongiques dépréciant fortement la croissance du chêne vert sont : *Microspacra quercina* qui engendre l'œdème ou « blanc des chênes », aboutit à un ralentissement ou à un arrêt de la croissance souvent associés à un jaunissement du feuillage et entravant l'élaboration chlorophyllienne (Hamoudi, 1981). Ainsi que le *pythium spp*, *Fusarium spp*, notamment *Fusarium axysporun* et *Rhizoctonia solani* qui provoquent la fonte des semis et les pourritures racinaires (Perrin, 1986).

Le chêne vert est aussi attaqué par les saprophytes et les parasites du bois tels que *Stercun fustuslosun*, *Polyporus dryadens*. pers, *Polyporus sulfurens* . B, et les formes *Ignarus*. L qui occasionnent la pourriture blanche du pied du chêne.

En effet, on utilise des traitements fongicides comme la lutte contre les champignons tel que le binimyle contre les *Fusarium*, l'iprodione et le quintigène s'opposant efficacement au *Rhizoctonia solani*. L'activité des *pythium* est combattue par le prothiocarbe, l'étridiazole, le furaloxyl et l'hymexasol, mais il faut toutefois rester très attentif car son usage répété peut conduire à l'apparition de souches résistantes qui peuvent avoir des effets néfastes, aboutissant à des aggravations de la maladie.

En outre, la lutte biologique assure la régulation des populations pathogènes.

Une forte proportion de sols forestiers est naturellement résistante aux maladies engendrées par *pythium* spp, et *rhizoctonia salani*.

Les mycorhizes offrent parfois un moyen de protéger la plante contre ses agresseurs telluriques.

Enfin, le pouvoir antagoniste de certaines bactéries (*pseudomonas*) pourrait être mis à profit pour lutter contre certaines espèces pathogènes comme les *fusarium*. (Perrin, 1986)

V - 4 - 2 / LES INSECTES :

Les insectes, les plus importants sont :

- Les xylophages : *Cerambya cado*.L, *Lymesylon navale*, *Xyloteus signatus*. fabr, et *Cossus Cossus*.
- Le lépidoptère *Lymantria dispar*. L, qui provoque la défoliation des chênes sur de grandes étendues ; il constitue une menace redoutable pour les chênaies, comme son invasion dans le massif de l'edoigh en 1925 qui ravagea 3000 Ha.
- Un coléoptère du genre « *Balanimus* », qui attaque les fruits et les feuilles du chêne.

V - 4 - 3 / LES INCENDIES :

Le chêne vert est peu sensible au feu, en comparaison avec d'autres essences. Les dégâts en général sont peu importants dans les futaies et les anciens taillis en raison du recépage et d'exploitations fréquentes du bois. Les jeunes taillis par contre de moins de 10 à 15 ans où l'importance de leurs rejets engendre une couverture abondante, assez épaisse en feuilles sèches et dures, sont très inflammables. Le feu dans ce cas, cause de sérieux dégâts.

D'une façon générale, le chêne vert est considéré comme espèce peu inflammable. Néanmoins, même s'il est incendié, il se régénère bien par cépées en nombre très important (Boudy, 1950).

V - 4 - 4 / LES MAUVAISES HERBES :

Le chêne vert est aussi influencé par des végétaux nuisibles tel que la cuscute (*Cuscuta monogyna*) qui attaque directement les jeunes taillis comme par exemple la région d'Immouzer du Kandar (Maroc) qui a été envahie totalement par ce parasite spécial. Ce dernier cause la mort des jeunes sujets (Dahmani, 1984).

VI / SYLVICULTURE DU CHÊNE VERT :

Le chêne vert a deux origines :

VI - 1 / ORIGINE ARTIFICIELLE : SEMIS ET PLANTATION

Les sujets issus du semis forment le régime de futaie, soit par plantation, soit par semis direct ; ce dernier est préférable car, il fournit des plants vigoureux, tout en évitant l'effet de la transplantation.

VI - 2 / ORIGINE NATURELLE : PAR REJETS ET DRAGEONS :

Le régime du taillis est basé sur la régénération asexuée sous forme de rejets de souche ou drageons. Donc, il existe deux régimes : régime de la futaie et régime de taillis. Les opérations sylvicoles sont :

a) Coupe de régénération :

Les exploitations seront faites à blanc étoc, au raz du sol sans laisser de réserves à un âge de révolution (vers 120 ans en moyenne) (Boudy, 1950).

b) Éclaircies :

L'éclaircie est une opération fondamentale pour le traitement du chêne vert. Elle consiste à enlever les sujets dominés afin d'obtenir des sujets de dimensions utilisables. En principe, on fera deux coupes d'éclaircie : La première effectuée entre 18 à 25 ans qui prélève environ le tiers du matériel existant et la seconde vers 40 à 45 ans qui enlève le tiers du matériel.

c) Dépressage :

Le dépressage consiste à enlever les sujets surabondants à commencer par ceux qui sont malades, tarés et mal conformes. (Leutreuch-Belaroussi, 1992)

d) Nettoiement :

En outre, il y aura également lieu de prévoir des coupes de nettoiement au stade gaulis. (Boudy, 1950).

VII / REGENERATION :

La régénération du chêne vert est faible. Elle est assurée par semis naturels ou par rejet.

A propos du semis, il ne joue qu'un rôle secondaire dans la régénération des massifs du chêne vert, malgré sa fructification abondante. En outre les jeunes brins de semence se développent très lentement, en nombre très réduit. C'est pourquoi la régénération par semis dans les forêts sèches fait pratiquement défaut, ce qui pose le problème de l'existence de vraies futaies.

Toutefois, la régénération du chêne vert s'effectue aisément par rejets de souches ou drageons. Ce mode est généralement assuré par l'exploitation qui favorise les rejets et provoque l'émission de drageons. Le chêne vert dans ce cas, garde sa faculté de rejeter vigoureusement et de fournir des rejets normaux jusqu'à plus de 200 ans.

VII - 1 - / LA GERMINATION

La germination est le phénomène par lequel la graine passe de l'état de vie ralentie à l'état de vie active sous l'influence des divers facteurs, tel que l'humidité, la température, l'aération et l'eau. (Quissance, 1987).

VII - 2 - / CONSERVATION

A court terme (6 mois), la conservation des glands permet l'étalement des semis-directs jusqu'au mois de Mars. A moyen terme (moins d'un an), elle a pour but d'assurer correctement les semis en pépinière. A long terme (plusieurs années), elle permet de pallier le déficit des années de faible glandée.

Compte tenu de son incidence défavorable sur la faculté germinative des glands, la durée de conservation doit être la plus courte possible.

Dans un premier temps, des traitements peuvent s'avérer nécessaires :

- Éliminer les impuretés et les glands tarés, au moins grossièrement, par un trempage à l'eau (tout ce qui flotte est rejeté) puis le cas échéant par un tri manuel plus strict.
- Traiter les glands avec un fongicide complet (Par exemple le PELTAR de chez PROCIDA à la dose de 500 g de produit pour 100 g de glands (à utiliser à sec après une très légère humidification) et exceptionnellement avec un insecticide à base de lindane lorsqu'une très forte proportion contient des larves de charançon.
- Les laisser ressuyer quelques jours (une semaine au plus) en les disposant en couches peu épaisses (10 à 15 cm) régulièrement brassées dans un local bien aéré et non chauffé.

- En cas de conservation en chambre froide en sac plastique, la température du local d'emballage doit être inférieure ou égale à celle du local destiné à l'entreposage (laisser les sacs ouverts 2 ou 3 heures au froid avant de les fermer).

- La teneur en eau des glands est maintenue autour de 48 % (graine récalcitrante).

Les glands sont ensuite stockés par diverses méthodes de conservation tel que la :

- Stratification et dans différents substrats (sable sec, perlite, sèche tourbe sèche et tourbe humide) en caisses plastique ajourées.

- Conservation en sacs de polyéthylène perforés (quelques trous de cigarette suffisent)

- Conservation des deux traitements précédents.

- Conservation en sacs de polyéthylène munis d'une fenêtre de diffusion de différentes dimensions (35 à 260 cm²) par lots de 10 kg.

- Conservation en chambre froide thermorégulée dont la température est comprise entre + 4°C et - 15°C, avec un optimum (de + 2°C à 0°C) favorable à une meilleure conservation et à hygrométrie contrôlée pouvant aller jusqu'à 100 %.

Ces conditions sont nécessaires pour limiter la respiration et la consommation des réserves de la graine.

La conservation des glands est plus délicate (risques phytosanitaires) et n'excède que rarement deux à trois années (Alexandrian, 1979 ; C.E.M.A.G.R.E.F, 1991).

VII - 3 - / DORMANCE

C'est le problème le plus important chez les semences de certaines feuillues. La dormance peut trouver son origine soit dans les enveloppes (inhibition tégumentaire) soit dans l'embryon (dormance embryonnaire) ou dans les deux simultanément.

De longs traitements au froid continu, ou combinés chaud - froid, sont souvent nécessaires pour lever la dormance embryonnaire des semences.

Ces traitements, appelés prétraitements, sont généralement appliqués après conservation et avant semis, mais ils peuvent être également appliqués avant conservation (Muller, 1992)

Cette nouvelle stratégie associe la levée de dormance et la conservation. Elle permet de fournir à tout moment des semences sèches, prêtes à germer sans aucun prétraitement préalable au semis.

Le prétraitement peut être réalisé avec milieu (stratification classique) ou sans milieu (à niveau d'humidité contrôlé).

VII - 4 - / RETRAITEMENT AVEC MILIEU

C'est la méthode classique où la dormance est éliminée par stratification à 3°C dans un milieu humide. La réhydratation est totale, ce traitement ne peut surmonter complètement l'hétérogénéité intra-lot. En effet, il est nécessaire d'arrêter le traitement et de déclencher le semis quand les semences les moins dormantes commencent à germer aux environs de 10 à 20 %. La germination qui suit le semis n'est pas toujours groupée ni complète. (Muller, 1992)

VII - 5 - / PRETRAITEMENTS SANS MILIEU

Afin d'aller plus loin dans la maîtrise de l'hétérogénéité intra-lot, l'application de la nouvelle méthode développée par Suszka (1979) s'avère nécessaire.

L'élimination de la dormance se fait durant un prétraitement sans milieu. Cela implique une réhydratation des semences à une teneur en eau bien précise permettant la levée de dormance sans autoriser la germination, puis maintien des graines à 3°C pendant une durée supérieure de quelques semaines à celle de la stratification, ce qui permet une bonne homogénéisation de la levée de dormance sans qu'il y ait germination. Après le prétraitement, les graines sont soit semées (cas d'un prétraitement après conservation), soit séchées en dessous de 10 % et conservées plusieurs années. C'est actuellement la meilleure méthode pour prendre en compte l'hétérogénéité intra-lot. La levée est toujours groupée et complète (Muller et Laroppe, 1993).

VIII / TYPES DE PEUPEMENTS

Le peuplement du chêne vert se devise en deux catégories, la futaie et le taillis.

VIII - 1 / LA FUTAIE :

A. Les futaies sèches (étage semi - aride) :

La forêt est ouverte, avec des peuplements subissés et relativement assez clairs ; Les autres sont de dimensions réduites 7 à 8 m de hauteur, la régénération par semis est presque inexistante.

La futaie de cet étage existe dans les montagnes sèches de l'Aurès, des Monts de Hodna et l'Atlas saharien.

B. Les futaies humides (étages sub humide et humide) :

Les peuplements sont fermés, très denses, le chêne vert a une très belle allure et peut atteindre 18 à 20 m de hauteur.

En Algérie, ce type de futaie se trouve dans l'Atlas tellien notamment dans la région de Tlemcen ; Ainsi au Maroc, elles constituent les 4/5 des forêts du moyen Atlas (Boudy, 1950).

VIII - 2 / LE TAILLIS :

On distingue :

A) Les taillis anciens qui proviennent, soit d'anciennes exploitations de charbonniers, soit des incendies. Ils dominent surtout au Maroc, leur âge est de 35 à 40 ans, avec une hauteur 3 à 5 m et 15 à 20 cm de diamètre.

B) Les taillis ordinaires proviennent des exploitations normales.

C) Les taillis dégradés sont les plus fréquents en Afrique du nord. Ils sont encore soumis à des exploitations abusives, un pâturage intensif et des incendies fréquents.

D) Les taillis en conversion : ce sont des peuplements où le chêne vert est en mélange avec le cèdre et le pin.

IX / L'ACCROISSEMENT ET LA PRODUCTION DU CHÊNE VERT

IX - 1 / L'ACCROISSEMENT EN HAUTEUR :

L'accroissement en hauteur du chêne vert est de 0,20 à 0,40 m par an pour les dix premières années (Boudy, 1952) puis diminue.

IX - 2 / L'ACCROISSEMENT EN DIAMÈTRE :

L'accroissement en diamètre du chêne vert dans les premières années est supérieur à 1 cm par an, puis il aura une diminution sensible avec l'âge (0,72 cm par an à 40 ans) jusqu'à un âge avancé où il sera constant et non négligeable.

L'accroissement peut atteindre 5 stères / ha / an (*un stère* $\equiv 0,66 m^3$ (Boudy, 1952)) pour les futaies en étage humide et sub-humide. Toutefois dans les taillis, on peut avoir en moyenne 2 à 4 stères / ha / an. Mais, dans l'étage semi-aride, l'accroissement moyen annuel en volume est de 1,5 à 2 stères / ha / an pour les futaies, 1 à 2 stères / ha / an pour les taillis. (Boudy, 1950)

X / UTILITÉ ET UTILISATION

X - 1 / LE BOIS :

a. Description :

Le bois du chêne vert est trop lourd, dur, compact et pesant ; sa densité est de 0,903 à 1,182 (Boulouar, 1982), sa couleur est rougeâtre claire et devient plus ou moins bonne chez les vieux sujets, les cernes sont rapprochés et très sinueux, il est richement et largement maillé, mais malheureusement se gerce en desséchant. En effet, il est préférable de procéder à une immersion dans l'eau poursuivie par un séchage à l'étuve, afin d'éviter ce défaut (Boudy, 1952 ; Leutrecht-Belaroussi, 1991).

b. Caractères anatomiques et mécaniques :

Les moyens ligneux sont très inégaux et les plus gros sont très épais avec une coloration marron foncé, ses vaisseaux étant presque égaux, très fins, tissus fibreux sont très denses et très cerné. Son écorce produit du tanin. (Plaisance, 1978)

Les caractères mécaniques varient selon la densité et la structure. Le chêne vert est peu altérable.

c. Utilisation :

En Afrique du Nord, le bois de chêne vert a été depuis longtemps utilisé comme combustible. En effet son utilisation véritable est de produire du charbon et du bois de chauffage, avec un pouvoir calorifique très élevé (environ 4500 calories par stère).

Il est utilisé ainsi, pour la fabrication des manches d'outils, des panneaux de fibres et des particules, poteaux de mines, instruments agricoles et membrures des bateaux.

Il est recherché en ébénisterie, comme bois de placage, et fréquemment utilisé comme traverses de chemins de fer.

On l'a beaucoup utilisé aussi pour le charonnage, axes de moulins, engrenages et dents, ainsi que pour essieux, poulies. (Boudy, 1950 / 1952).

X - 2 / LES FEUILLES :

Le feuillage, siège de la photosynthèse, assure avec le sol, la nutrition des végétaux supérieurs. Il est également un apport d'une litière abondante qui protège le sol de l'érosion hydrique et du lessivage intense ; Celle-ci par la formation d'humus qui va transférer les substances nutritives au sol, protège ainsi les glands pré germés.

D'autre part, Zeraia (1981) note que lors du débourrement, les bourgeons sont assistés par les feuilles mûres de l'année précédente, elles seraient l'organe d'éléments de croissance nécessaires au débourrement.

En fin, les feuilles sont très compétentes et très appréciées par le bétail, elles pourraient être un bon complément fourrager 200 UF / ha / an en taillis et 250 UF / ha / an en futaie.

X - 3 / LES FRUITS :

Le chêne vert produit des fruits (glands) doux, ils sont utilisés dans l'alimentation du bétail d'où son rôle dans l'économie pastorale.

En outre, ils sont comestibles également par la population humaine, ainsi qu'ils sont utilisés en Espagne pour faire des bouillies et du café (Plaisance, 1978).

X - 4 / L'ECORCE :

Le chêne vert est souvent utilisé pour son écorce très riche en tanins (Teneur en tanin à 20%). Ce tanin est utilisé actuellement pour la couleur des tentes (Peyerimoff, 1941).

X - 5 / UTILISATION EN PHARMACIE :

Tous les produits de cette essence sont astringents. En effet, la décoction est utilisée pour arrêter les hémorragies utérines et soigner les plaies, les scrofules et les hémorroïdes (Plaisance,1978).

Chapitre –II- : Monographie du pin d'Alep

I. Taxonomie

Embranchement	:	<i>Gymnospermes</i>
Ordre	:	<i>Coniférales</i>
Famille	:	<i>Pinacea</i>
Genre	:	<i>Pinus</i>
Espèce	:	<i>Pinus halepensis Mill.</i>

(Quezel et Santa, 1962/63)

Noms vernaculaires	}	- Snouber (Arab)
		- Tayda (Berber)
		- Pino Carrasco (Espagnol)

II. Aire géographique :

Le pin d'Alep est l'essence la plus largement répandue sur le pourtour méditerranéen ; son aire de répartition a été précisée par de nombreux auteurs. C'est une essence qui s'étend de l'Espagne jusqu'au bord de la mer noire.

En Espagne, elle est bien développée sur les chaînes littorales de Catalogne, des régions de Valence et de Murcia. Par contre, elle est moins fréquente en Andalousie. Vers l'intérieur, il se trouve en colonie disjointe dans la haute vallée du Tage et sur le pourtour de la vallée de l'Ebre.

C'est une essence qui se présente surtout dans le sud de la France, en Italie, en Yougoslavie et à l'ouest de l'Albanie. En Grèce, le pin d'Alep occupe une superficie importante. En Turquie, il est situé autour de la côte méditerranéenne, En Syrie, cette essence constitue quelques boisements sur les revers de la chaîne des Alaouites (Pesson, 1980). Au Maroc, le Pin d'Alep constitue quelques peuplements généralement isolés, situés sur le pourtour des grands massifs montagneux.

En Tunisie, le Pin d'Alep se développe sur tous les massifs montagneux. Il se trouve concentré surtout sur la dorsale tunisienne et Oued Mellègue (Kadik, 1986).

En Algérie, cette espèce a une très grande aptitude écologique, elle est très connue sauf dans le constantinois (Ledant, 1975).

Il est présent dans tous les étages bioclimatiques. La plus grande forêt de Pin d'Alep se trouve principalement dans l'étage semi-aride caractérisé par une tranche pluviométrique de 300 à 600 mm (Leutreuch-Belaroussi, 1982).

D'après Pesson (1980), le Pin d'Alep est fréquent sur tous les massifs, du tell littoral et l'Atlas Saharien. Il s'étend à lui seul, sur près de 850.000 ha ; il occupe 37 % de la surface effectivement boisée de l'Algérie.

Le Pin d'Alep présente de vastes peuplements en Oranie (Sidi-bel-Abbes, Saida, Tlemcen, Tiaret), dans l'algérois (Média, Boghar, Monts des Biban), sur l'Atlas Saharien (Mont de Ouled Nail) et dans le sud constantinois (Aurès, région de Tébessa).

III. Caractéristiques morphologiques :

Le Pin d'Alep est un arbre pouvant atteindre une hauteur de 30 mètres dans les stations les plus favorables. Le tronc est souvent tordu à un point qu'il est apparenté plus aux feuillus qu'aux résineux (Zarko, 1965).

L'écorce des jeunes sujets est lisse et gris argentée. Celle des arbres adultes est épaisse pro inflammable et présente une quantité notable de tanin (Boudy, 1948)

Les aiguilles sont fines, longues de 5 à 10 cm, réunies par deux dans une même gaine, large de plus de 1mm, d'un vert clair lorsque l'arbre est jeune, avec l'âge, elles s'étalent et deviennent vert foncé.

Selon Kadik (1980) le pin d'Alep fructifie vers dix à douze ans. Les graines ne sont aptes à germer et suffisamment abondantes qu'à partir de vingt ans. Elles conservent leur pouvoir germinatif plus de trois ans.

La nature du système racinaire dépend du sol et de sa fertilité. Dans les sols profonds et fissurés, le pin d'Alep présente un enracinement pivotant avec des racines latérales importantes. Par contre dans un sol peu profond et pauvre, le système racinaire apparaît à la surface du sol.

La floraison a lieu en avril, les fleurs mâles sont en chatons ovoïdes roussettes, groupées en paquets à la base des rameaux de l'année. Les fleurs femelles forment de petits cônes violacés situés au sommet des jeunes pousses (Meddour, 1983).

La longévité du pin d'Alep ne dépasse pas les 150 ans ; la moyenne étant de 120 ans. L'âge d'exploitabilité se situe entre 70 et 80 ans (Kadik, 1980).

IV. Caractères écologiques :

Le pin d'Alep a une large aptitude écologique puisqu'on le rencontre dans tous les étages bioclimatiques.

En peuplement, c'est une essence sclérophylle, assez thermophile, facilement concurrencée par les autres espèces à feuillage plus dense (Leutreuch-Belaroussi, 1981).

C'est une essence qui se rencontre à presque toutes les altitudes depuis le littoral jusqu'à 2000 m d'altitude dans l'Atlas saharien (Zarco, 1965).

La grande majorité des forêts de pin d'Alep se situe entre 800 m et 1200 m (Meddour, 1983). D'autre part, Ledant (1975) a montré que le pin d'Alep est surtout abondant dans l'étage bioclimatique semi-aride où il atteint une altitude de 1700 mètres. Cependant, Leutreuch-Belaroussi (1981), a précisé que le pin d'Alep peut être rencontré depuis le littoral jusqu'à 2200 m dans l'Atlas saharien (Djebel Aissa).

La limite altitudinale de la forêt Algérienne du Pin d'Alep varie selon les régions :

- 1300 à 1400 mètres dans l'Atlas tellien.
- 1600 mètres dans les Aurès.
- 2100 à 2200 mètres dans l'atlas saharien.

Selon Boudy (1950), les conditions optimales de croissance du Pin d'Alep sont de 400 mm de pluviométrie annuelle et une température moyenne de 4 °C, ce qui explique sa distribution très vaste dans l'étage semi-aride avec ses deux variantes Fraîche et Froide. Toutefois, le pin d'Alep peut supporter une forte continentalité ainsi que des aptitudes thermiques très élevées et supérieures à 32 °C.

C'est une essence dite tolérante du point de vue édaphique s'accommodant aussi bien à des sols calcaires qu'à des sols acides. Selon Ledant (1975), il préfère les sols calcaires et graveleux. Il supporte les sols superficiels même argileux.

V. Utilisation :

Le Pin d'Alep est l'essence de reboisement « type » de l'Algérie.

Il montre une très grande résistance à la sécheresse, son bois est de couleur claire, assez durable, il convient bien pour la caisserie, la charpenterie, la fabrication des panneaux de particules que les poteaux de mine et la papeterie.

Leutreuch-Belaroussi (1991) note que le pin d'Alep reste une essence de première importance en Algérie, compte tenu de la superficie qu'il occupe et les nouveaux débouchés pour l'utilisation de son bois (Panneaux de particules).

VI. Régénération du Pin d'Alep :

Le pin d'Alep est une espèce forestière présentant un intérêt dans le reboisement en Algérie. Elle pose un double problème, celui de la reprise dans les plantations et celui de la régénération dans les peuplements naturels (Kadik, 1975).

La régénération du pin d'Alep est facile. Il se produit aussi bien en plein découvert que sous bois assez dense. Le jeune plant supporte le couvert pendant de longues années.

La régénération des peuplements de pin d'Alep n'était assurée que par le feu, qui faisait tomber sur le sol une grande quantité de graines. L'incendie favorisait le semis par l'ameublissement de la couche superficielle du sol.

VII. Peuplement du Pin d'Alep :

On peut répartir le peuplement de pin d'Alep en 4 catégories.

- ◆ *La vieille futaie pleine* : le type n'est pas très fréquent ; c'est vers lequel tend normalement le peuplement de pin d'Alep. Le nombre d'arbre est très variable normalement de l'ordre de 150 arbres à l'hectare de 1,10 m de tour et de 12 m de hauteur.
- ◆ *La futaie jardinée* : le type est très répandu en Afrique ; le nombre de sujets à l'hectare est également variable, le peuplement étant irrégulier, les seuls possibles en mauvais terrains.
- ◆ *Jeune futaie pleine sur incendie* : type également très commun surtout en Oranie, ces peuplements se présentent actuellement sous forme de perchis de 2,5 à 3 ans de 0,25 m circonférence et 5 m de hauteur.
- ◆ *Futaie mélanges* : le pin d'Alep forme l'étage dominant et le chêne vert l'étage dominé.

VIII. La sylviculture du Pin d'Alep :

a Régénération naturelle :

Elle n'existe pas partout, elle a été remarquée sur le littoral ou dans quelques pare-feu du semis aride. Néanmoins, les incendies du sol et la destruction des semences (Boudru, 1994).

b Régénération artificielle :

La régénération artificielle intervient lorsque la régénération naturelle est inexistante. Elle implique l'action de l'homme par l'introduction des techniques appropriées : le semi direct ou la plantation (Boudru, 1994).

c Régénération par coupe unique :

Cette méthode consiste à exploiter tous les arbres de la parcelle à régénérer ; les graines seront fournies soit par les peuplements voisins par quelques arbres maintenus en portes graines.

Elle ne s'applique qu'aux essences de lumières, fructifiant abondamment, donnant des graines légères comme le pin d'Alep (Boudru, 1994).

d Accroissement de Pin d'Alep :

La croissance en hauteur se poursuit au delà de 100 ans. Elle est en moyenne de 14 à 18 cm par ans de 1 à 100 ans, mais plus faible pendant les 25 premières années (Kadik,1980).

La hauteur protectrice de 1,50 à 2 m contre les chèvres l'accroissement annuel des peuplements ne peut également être fixe qu'approximativement elle ne dépasse pas 1,20 m à 1,50 par hectare dans des bonnes conditions de sol et de végétation (Kadik,1980).

IX. Caractères dendrologiques et forestiers du pin d'Alep :

a/ Longévité :

La longévité du pin d'Alep est estimée à 150 ans avec une moyenne de 100 à 120 ans.

b/ Taille :

Elle peut atteindre 30 m dans les conditions écologiques les plus favorables ; elle dépasse généralement 20 m. En station moyenne, elle atteint 15 à 18 m.

c/ Tronc :

On trouve de beaux peuplements à fût, élancés droits et peu branchus (Aurès, Atlas Saharien). Sur le littoral le tronc est plutôt tortueux, branchu avec une hauteur de fût dépassant rarement 10 m.

d/ Ecorce :

Les jeunes sujets ont une écorce lisse, gris argenté. À l'âge adulte ils ont un rythidome plus ou moins gerçure en écailles minces larges, aplatie et de couleurs rougeâtres. Avec le temps, l'écorce devient fortement crevassée et s'épaissit ; l'épaisseur dépend de la zone géographique.

L'écorce du pin d'Alep contient une grande quantité de tanin, très utilisé par les populations pour le tannage des peaux.

e/ La couronne :

A l'état jeune la couronne est conique. Le ralentissement du développement de la flèche terminale provoque l'étalement. Cet étalement dépend aussi de la fertilité de la station ; il est beaucoup plus rapide dans les sols superficiels.

La couronne du pin d'Alep est claire, de couleur vert clair à vert foncé. Les branches sont étalées, les rameaux diffus, grêles, allongés d'abord vert clair puis gris clair.

f/ Les bourgeons :

Ils sont ovoïdes, aigus d'un brun rougeâtre à écailles libres souvent réfléchies au sommet.

g/ Les cônes :

Les graines s'échappent au cours du mois de juillet, août de la 3^{ème} année d'apparition du cône. Le Pin d'Alep fructifie de bonne heure (8 à 12 ans). Les graines ne présentent un taux de fertilité convenable et l'arbre une bonne fructification qu'à partir de la 20^{ème} année. Il y'a 45.000 à 50.000 graines environ par kilogramme. Elles conservent leur vitalité 3 ans et plus. Les cônes de pin d'Alep restent sur l'arbre après la dissémination (Kadik, 1986).

h/ Enracinement :

Le système racinaire et sa nature dépendent de la nature du sol et de sa fertilité. Pivotant dans les sols profonds, l'enracinement est superficiel sur les sols squelettiques. L'arbre profite de la moindre fissure pour enfoncer ses racines et puiser l'eau et les éléments minéraux dont il a besoin.

i/ Résine :

Gemmé depuis très longtemps le pin d'Alep donne environ 3 kg de résine par arbre et par an (Parajoannon 1954) le Pin brutia donne 1,5 kg en moyenne par arbre et par an (Nahal, 1962). La gemme pure contient 20 à 24 % d'essence de térébenthine et 75 % à 80 % de cellophane. Son essence est plus appréciée que celle du pin maritime et des autres pins d'Amérique ou d'Europe.

X. SENSIBILITES AUX PARASITES

Le pin d'Alep est l'une des espèces forestières en Algérie la plus attaquée par les insectes. Nous notons la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* schiff. C'est l'insecte le plus redoutable sur cet arbre, nous citons encore *Rhyacionia biliona*. La tordeuse s'attaque aux bourgeons, il résulte de ses dégâts un ralentissement de la croissance et une déformation de l'allure générale de l'arbre. *Lencarpis pussilla* Loew est une cochenille principale observée des différents reboisements dont le nuisiblement n'est pas encore à craindre. Néanmoins elle peut devenir une redoutable déprédatrice par suite d'intense pullulations où elle provoque le jaunissement et la chute prématurée due à l'affaiblissement de l'arbre, qui devient moins résistant aux attaques d'autres insectes.

Le pin d'Alep est attaqué par *l'Orthomicus arosus*, une espèce de scolyte responsable des trous dans les troncs d'arbres utilisés comme abris.

Le polypore (*Tranetes pini*) est un champignon causant la pourriture de la base du pin d'Alep. Il pénètre à l'intérieur de l'arbre par l'intermédiaire des blessures sur le tronc et les branches.

Le *Mellampsora caryophyllocea* connu sous l'appellation "*Balais de sorcière*" est assez fréquent dans les peuplements. Il est sans gravité sur la vie de l'arbre.

Analyse des facteurs de dégradation de la forêt de Khodida

LE PARCOURS	070
L'INCENDIE	078
L'EXPLOITATION MECANISEE ET LES COUPES ILLICITES	080
CONCLUSION	083

ANALYSE DES FACTEURS DE DEGRADATION DE LA FORET DE KHODIDA

I. GENERALITES.

La végétation a longtemps été soumise à des facteurs qui à première vue se montrent sans danger apparent mais par la suite entraînent des conséquences graves. La vocation agro-sylvo-pastorale de cette région semble être à l'origine de l'état actuel des peuplements forestiers. Le secteur privé n'arrivant plus à subvenir aux besoins alimentaires de son troupeau s'est engagé à pâturer dans les forêts (seule source fourragère de dernier recours) de façon à légal ou illégale.

Les incendies volontaires fréquemment causés par des éleveurs, pour rendre accessible à leurs troupeaux et à élargir la zone de pâturage, ont aussi leur part de responsabilité dans la dégradation.

Avec l'installation de l'usine du bois à Télagh, l'exploitation n'a pas manqué de participer au désastre surtout lorsqu'elle est irréfléchie.

II. LE PARCOURS.

Cette région a connu ce facteur déclenchant la dégradation de la forêt, depuis très longtemps. La population s'est intéressée à l'élevage plus qu'à l'agriculture et a réalisé des gains considérables au détriment de la forêt ; c'est ce qui a conduit à l'augmentation du nombre d'éleveurs et à croire que l'élevage libre est la seule activité répondant aux conditions de vie de cette région.

II .1. QU'EST-CE QU'UN TERRAIN DE PARCOURS ?

Plusieurs auteurs se sont penchés sur cette question afin de définir le terrain de parcours. Kuhnholz-Lordat (1938) le considérait comme « un terrain de pacage dans le sens le plus général se rapportant aussi bien à la lande découverte qu'à la garrigue ou au bois ». Quant à Long (1964) en se servant de la définition citée ci-dessus, nous apprend qu'*un terrain de parcours peut être également constitué par toute l'étendue d'un territoire sur lequel le bétail consomme l'herbe de toutes sortes de groupements végétaux, librement et sans contrôle.*

Le terme pâturage désigne à la fois l'acte de prélèvement direct de l'herbe ("grazing" en anglais) ou de ligneux ("browsing") et la nature du lieu perçu sous l'angle de son utilisation par le bétail; la notion de parcours ("range") englobe "toutes les terres produisant spontanément du fourrage utilisé pour l'alimentation animale, ainsi que celles qui se sont revégétalisées naturellement ou qui ont été revégétalisées artificiellement, pour fournir une végétation fourragère gérée comme une végétation naturelle" (Bourbouze et al., 1987).

L'espace pastoral regroupe ainsi des terres de nature différente, mais ayant toutes à un moment ou à un autre de l'année une fonction fourragère :

- Terres cultivées soumises à un assolement incluant un temps de jachère pâturée.
- Terres céréalières porteuses de chaumes pâturés après la moisson.
- Forêts pâturées.
- Matorrals (maquis, garrigues, etc.).
- Pelouses et prairies naturelles.
- Steppe.

II .2. LE PATURAGE EN MILIEU FORESTIER.

La notion de forêt ne doit pas être confondue avec celle de domaine forestier. Au sens donné par Lehouerou (1969), la forêt qui recouvrirait environ dix millions d'hectare est "une formation végétale d'au moins cinq mètres de haut ayant une densité d'au moins cent arbres à l'hectare". Cette densité minimum est celle pour laquelle il existe une concurrence au moins entre les rhizosphères.

Une conception plus large (Godron, 1980) étend la notion de forêt à "toutes les formations d'arbres de plus de deux mètres de hauteur", la rapprochant ainsi de la notion de domaine forestier défini comme l'espace du pouvoir de gestion des agents de l'administration forestière.

Le pâturage en forêt date de très longtemps dans la région méditerranéenne. Ce problème a été rappelé par Quezel (1976) « au milieu du 19^{ème} siècle s'est au moins les trois-quarts des forêts méditerranéennes qui avaient disparu. Cette hécatombe a été rendu encore plus lourd par le développement des populations de pasteurs dont les troupeaux, chèvres et moutons surtout, se sont progressivement répandu sur les forêts encore en place, et en particulier les massifs montagneux ».

Les formations forestières constituent la source fourragère la plus importante pour les éleveurs privés. Ces derniers ne possédant pas de terrains de parcours se sont trouvés dans l'obligation de pâturer en forêt à la longueur de l'année. La présence des troupeaux dans la forêt de façon permanente perturbe complètement la régénération et le démarrage végétatif des espèces appétibles.

Avec la disparition de la strate herbacée, les troupeaux attaquent les espèces appétibles de la strate buissonnante et dans des cas celles de la strate arbustive par l'intermédiaire de « l'homme berger ». À ce propos note Tomaselli (1976) « ce dernier (fourrage) est relativement abondant au début du printemps pour disparaître complètement ou presque surtout dans les régions les plus méridionales, vers la fin de l'été. Cette situation

pousse le bétail à attaquer en plus des herbes, de petits arbustes, les arbustes les plus élevés ainsi que les feuilles des branches basses des arbres. L'œuvre d'agression est souvent complétée par les bergers eux-mêmes pour nourrir les animaux ». Il en résulte la régression du tapis végétal et tassement du sol empêchant la régénération naturelle et favorisant la manifestation des phénomènes érosifs. Ceci rejoint l'idée de Quezel (1976) « la forêt a été brûlée pour faire apparaître des pâturages, dont le sol s'est dégradé sous l'influence de l'érosion, la régénération des essences sylvatiques étant rendue par ailleurs aléatoire, voire impossible par un pâturage intensif ».

II.3. LES PERIODES DE PARCOURS

Les formations forestières constituent une source non négligeable de fourrages pour l'alimentation du bétail. Elles fournissent éventuellement du bois et contribuent à la protection de l'environnement contre les phénomènes d'érosion, de pollution et de désertification. L'homme, ignorant les rôles joués par les forêts dans le développement de l'économie et la sauvegarde des terrains agricoles fertiles, s'est engagé volontairement à détruire les formations forestières dans l'intention d'élargir la zone de parcours et à étendre le pâturage à son profit. Il s'ajoute aussi que son troupeau les fréquente d'une façon permanente et n'obéit à aucune réglementation du parcours en forêts. De ceci il nous est très difficile de déterminer les périodes de parcours, néanmoins on peut connaître les saisons où les troupeaux se concentrent et se voient dans l'obligation de fréquenter les forêts (cas d'insuffisance en matière de fourrage dans les zones considérées réellement comme zone de parcours). On constate plus particulièrement, dans cette région située dans l'étage bioclimatique semi - aride et à vocation agro-sylvo-pastorale, une élévation rapide du pourcentage de bétail en mi-saison de printemps et celle d'été. En effet durant cette période la strate herbacée se développe et arrive à maturité (formation de la graine). Les troupeaux fréquentent les jachères puis les champs de cultures de céréales après la moisson. Quant aux formations forestières, elles sont colonisées par un petit nombre de troupeaux du secteur privé ne possédant pas de terrains de parcours. On assiste dans cette période à un démarrage végétatif des espèces appétibles qui se révèle par la taille des jeunes pousses, allant de 2,5 cm jusqu'à 5 cm en fin d'avril (cas du lentisque et du chêne vert). Une autre période s'étendant de janvier à mars est caractérisée par une pluviométrie remarquable par rapport aux autres saisons et dans de rares cas par la chute de la neige. Elles épargnent la végétation naturelle de l'action néfaste des troupeaux.

En dehors de cette période où les forêts trouvent le temps de se reconstituer et de procéder à la limitation des dégâts en renouvelant leur flore, une nouvelle vague de troupeaux est de retour du « pèlerinage ». En effet la période de septembre à octobre connaît une baisse

très nette en matière de fourrage dans les terrains de cultures et de parcours. De ce fait les troupeaux regagnent de nouveau les forêts où la biomasse est offerte sous forme de tiges et de feuilles encore non aoûtées des arbustes.

Les périodes de parcours sont donc organisées de la façon suivante :

- Janvier à mars : terrains des parcours
- Avril à juillet : biomasse herbacée
- Septembre à novembre : biomasse arbustive appétible.

II .4. COMPORTEMENT ALIMENTAIRE ET VALEUR NUTRITIONNELLE

Dans les systèmes pastoraux méditerranéens, l'étude du comportement alimentaire des animaux revêt une importance particulière, car la biomasse végétale disponible – avec sa flore complexe, diversifiée et hétérogène – ne peut donner qu'une médiocre idée de la composition de la ration ingérée.

L'animal, par le choix qu'il fait, manifeste un appétit de caractère instinctif déterminé par les qualités organoleptiques de l'espèce végétale choisie. Le choix d'une plante fait intervenir des éléments propres à cette plante (l'appétibilité) et propres à l'animal (la préférence). L'appétibilité est fonction de différents facteurs à savoir :

- La composition chimique de la plante.
- La proportion entre feuilles, tiges, fleurs et graines.
- L'effet saisonnier.

Les préférences marquées par les animaux dépendent de facteur comme l'âge, l'accoutumance à un site, amis surtout l'espèce animale. Bovins, ovins, caprins et chevaux ne consomment pas les mêmes espèces tant parmi les ligneuses, les graminées que parmi les autres herbacées. Les caprins sont capables d'ingérer de plus fortes quantités d'espèces ligneuses (50 à 90 %) que les ovins (20 à 40 %), les chevaux (10 à 30 %) ou les bovins (5 à 10%). La chèvre, sans marquer de prédilection particulière pour les ligneux, en consomme de nombreuses espèces : chêne vert, chêne liège, arbousier, bruyère, genêt, globulaire et cytise. Les ovins par contre ne se portent vers les strates ligneuses qu'en période hivernale et en fin d'été et collectant plutôt les fruits (glands) ; mais les herbacées sont toujours dominants dans leur ration.

La valeur nutritionnelle de la ration ingérée est fonction de plusieurs facteurs. En milieu méditerranéen, l'effet saisonnier est accusé, si bien qu'après la courte période végétative, la digestibilité et la teneur en matières azotées du parcours chutent rapidement. C'est des raisons pour lesquelles les animaux se tournent l'été vers les strates ligneuses qui en

fin d'été et en hiver comportent une plus forte teneur en protéine et en phosphore. Leur digestibilité reste cependant médiocre toute l'année, sauf à l'émergence des feuilles. Certaines espèces ligneuses sont cependant d'excellents fourrages comme le cytise. Quant au feuillage de chêne vert bien qu'il soit de qualité médiocre, il a l'avantage d'être disponible tout l'hiver et joue un rôle considérable dans la survie des troupeaux (tableau n° 17).

Tableau n°17 : Classement de différentes espèces végétales des parcours méditerranéens selon leurs valeurs nutritives.

Energie nette UFL/Kg MS				
Matière azotées % MS	< 0.35	0.35 à 0.50	0.50 à 0.70	> 0.70
7 %	Chêne vert	Glands Genévrier oxycèdre Arbousier <i>Erica arborea</i>	Thym	
7 à 10 %	Graminées sèches d'hiver	<i>Daphne gniduium</i>	Genévrier (printemps) Cistus	
10 à 15 %			Graminées (début d'été)	Graminées (printemps)
> 15 %			Genêt	Cytise sp

II .5. ARBRES ET ARBUSTES FOURRAGERES

L'emploi des feuilles des arbres et arbustes comme fourrage remonte à l'agriculture romaine ; il s'est conservé en Europe du Sud jusqu'au début de ce siècle et jusqu'à nos jours en Afrique du Nord. Dans toutes les régions maghrébines où les prairies sont rares, les éleveurs ont régulièrement recours aux feuilles des arbres cueillies d'août à octobre, soit pour nourrir immédiatement les animaux, soit pour alimenter le bétail pendant l'hiver à l'état sec ; les rameaux feuillus des arbres à feuillage pérenne sont surtout utilisés pendant l'hiver.

Les espèces sollicitées sont des arbres et des arbustes le plus souvent spontanés relevant du domaine forestier ; les espèces les plus sollicitées sont les chênes sclérophylles (chêne vert, chêne kermès) et les genévriers (oxycèdre, phoenicea, thurifera).

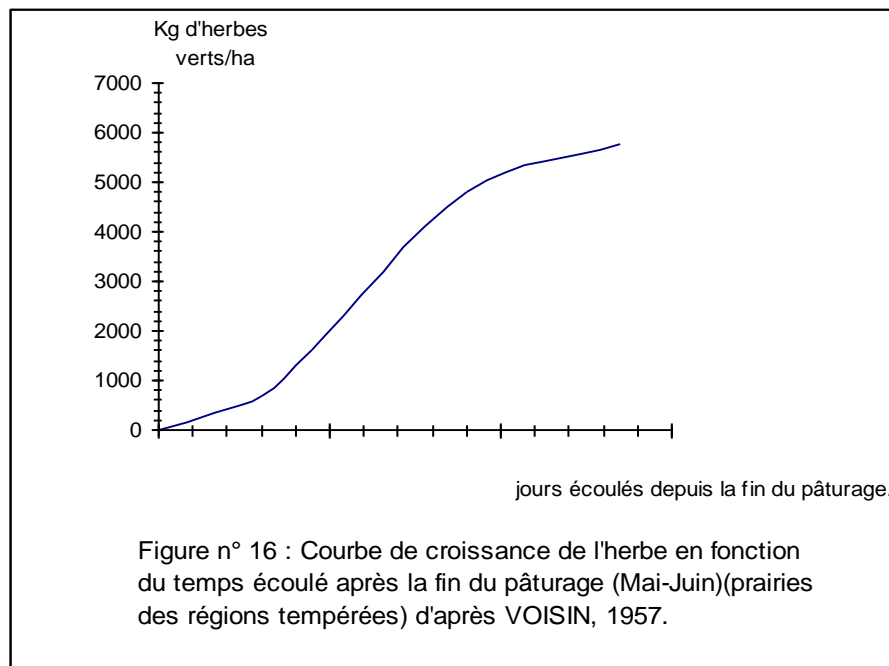
II .6. EFFET DE LA CUEILLETTE (OU DEFOLIATION)

L'animal, par broutage, fait disparaître des tissus photosynthétiques. La repousse ne s'effectuera qu'à deux conditions : l'utilisation d'une part des réserves glucidiques mobilisables et d'autre part les zones de croissance protégées tels que les bourgeons. Les substances photosynthétisées par les végétaux sont utilisées pour confectionner de nouveaux tissus (croissance) et comme source d'énergie (respiration) pour le fonctionnement des processus

physiologiques ; elles sont également mises en réserve pour des usages ultérieurs dans les racines et les tiges ; les substances stockées sont utilisées pour la respiration pendant les périodes de sécheresse ou de froid, ainsi que pour la reproduction.

Chez les espèces herbacées, après la période de dormance, les végétaux reprennent leur croissance dès que l'humidité du sol et les températures redeviennent favorables. Cette reprise d'activité est autorisée par les réserves accumulées, la saison précédant la dormance, au niveau des racines et de la base des tiges des végétaux pérennes ; si le pâturage a été trop important, l'importance de ces réserves organiques est diminuée et la reprise est moins active et plus tardive. Au cours d'un cycle de végétation, les réserves suivent une évolution en trois phases. La première phase, au printemps, est marquée par la diminution des réserves et la reprise des activités assimilatrices. Cette période peut durer quelques jours à plusieurs mois selon l'espèce végétale et les conditions du milieu. Elle enregistre une diminution de 50 à 80 % des réserves de la plante. La deuxième phase débute dès que la quantité des substances organiques élaborée par les nouvelles feuilles est supérieure aux besoins du métabolisme et de l'organogénèse. La quantité de réserves hydrocarbonées réduites augmente rapidement. La troisième phase connaît des variations plus ou moins importantes selon les espèces, au moment de la floraison et surtout de la fructification. Après la formation des graines, le niveau des réserves remonte, alors que les feuilles peuvent paraître inactives (phase de migration).

La courbe de repousse en fonction du nombre de jours écoulés après le pâturage est de forme sigmoïde ; elle tend vers un niveau asymptotique à partir de 18 – 21 jours ; ce temps s'allonge à 30 – 40 jours en août – septembre (figure n° 16).



Chez les végétaux ligneux, le phénomène d'évolution des réserves, moins connu, paraît plus diversifié selon les espèces ; chez les végétaux sempervirents, la baisse printanière des réserves n'apparaît pas comme chez les caducifoliées ; l'accumulation se fait dans de nombreux organes (racines, troncs tiges) et la mobilisation de ces réserves apparaît comme un phénomène complexe où la phénologie joue un rôle déterminant, notamment la période de floraison qui peut survenir en toutes saisons.

Si les prélèvements sont trop fréquents, les réserves glucidiques s'épuisent progressivement et peuvent entraîner la mort de la plante, par étiolement ; des taux glucidiques inférieurs à 1 % semblent constituer des seuils critiques.

De même, si le prélèvement intervient au début de la floraison, les réserves, qui sont alors à des niveaux élevés, permettront une repousse et la reconstitution des stocks glucidiques.

En conséquence le pâturage devrait être ni trop fréquent, ni trop intense et se dérouler à bonne époque. Le pâturage de mars - avril est le plus néfaste, quand les plantes disposent d'un minimum de réserves. Les espèces pérennes sont plus capables de s'en défendre, mais elles ont besoin d'un temps minimum en fin de saison pour compléter la maturation des graines. La proportion de la pousse annuelle pâturée par les animaux ne devrait pas dépasser 25 à 50 % selon les espèces (arbres et arbustes), le prélèvement devant avoir lieu en fin de saison ou en hiver pour les espèces toujours vertes.

Le surpâturage systématique est dangereux et il faut donner aux plantes vivaces, ne serait-ce qu'occasionnellement, la possibilité de refaire leurs réserves. La règle d'or utilisée sur les parcours est le fameux "take half, leave half" des fermiers américains, c'est-à-dire utiliser 50 % de la végétation, ni plus ni moins.

II.7. LE SURPATURAGE

Il est l'un des conséquences du parcours prolongé en forêt. Il se définit par la différence entre le prélèvement du fourrage et la production annuelle d'un même terrain. Lehouerou (1976) l'a défini comme « une action qui consiste à prélever une quantité de fourrage supérieure à la production annuelle ». Il a ajouté « l'intensité du surpâturage est donc proportionnelle à la différence entre la quantité de matière végétale prélevée et l'accroissement annuel ». Il est à remarquer que la charge moyenne par hectare est très élevée dans les groupements végétaux compte tenu du grand nombre de troupeaux et de leurs constituants. Or comme l'a constaté Lehouerou (1971) « la charge moyenne ne peut excéder l'unité sans risque de perturbations significatives ». Ce facteur (la charge moyenne) est très important dans la détermination des causes principales du surpâturage.

Selon les saisons on assiste à la phase de transhumance qui consiste à déplacer les troupeaux vers le Nord lorsque la source fourragère devient insuffisante au Sud et de nouveau les « renvoyer » à la steppe. Au cours du séjour au Nord des troupeaux venus du Sud, la baisse du taux de fourrage est très impressionnante entraînant des dommages très sérieux : Sol dénudé et tassé, sous-bois complètement ou presque disparu. En fait, c'est cette phase de transhumance qui en collaboration avec le parcours prolongé en forêt, renforce la dégradation du couvert végétal voire même sa disparition. Il favorise donc l'installation des espèces steppiques (alfa et armoise blanche) et la manifestation des phénomènes érosifs, l'ennemi le plus redoutable des terres fertiles.

Comme l'a illustré Benabdeli (1983), le surpâturage se traduit couramment par :

- La réduction du couvert végétal
- Le piétinement et tassement du sol
- Le développement et extension des espèces inaliénables

Quant- aux causes, il ajoute :

- La surcharge des terrains de parcours
- La structure du troupeau
- L'absence de développement intégré

La structure des troupeaux agit différemment sur la végétation. Ils sont constitués généralement de caprins, d'ovins et de bovins. Les moutons broutent les espèces herbacées et les jeunes pousses du sous bois ligneux.

Après leur passage répété sur une même zone, le couvert végétal disparaît graduellement et selon la structure du sol, la couche superficielle devient dure ou poudreuse. Les chèvres, beaucoup plus dynamiques que les moutons, s'attaquent aux arbustes atteignant les 2 m de hauteur. Les équidés cassent les branches et parfois les troncs frêles. De ceci il nous paraît clairement, l'effet nuisible de ce facteur.

La courte durée du développement intégré a favorisé la multiplication du nombre de troupeaux et a encouragé de plus la vocation agro-sylvo-pastorale. Le développement du secteur de l'industrie et l'activité du secteur agricole ont entraîné la diminution du nombre d'éleveurs. La population s'est accommodée au développement de la région dans les domaines de l'agriculture mécanisée, l'industrie et le commerce. Dans un futur si proche, les forêts de la région évolueront vers un état d'équilibre écologique, dans la mesure où l'incendie ne vient pas le rompre.

III. L'INCENDIE.

C'est un facteur écologique extrêmement important. Chaque année durant la saison d'été, il ravage des milliers d'hectares de forêts généralement peuplées de pin d'Alep (*Pinus halepensis*). Cette espèce résineuse se développe sur tous les sols et tolère les changements brusques du climat. Sa résistance vis-à-vis du feu est nulle. La résine et les « pommes de pin » favorisent la propagation du feu.

On distingue deux sortes de feu :

- Feu naturel : exemple la foudre
- Feu d'origine anthropique

Le feu d'origine anthropique est du, soit :

- A une imprudence des usagers de la route ou des campeurs (*bouts de cigarettes jetés sur les broussailles à proximité de la forêt, les restes de braises*). Le feu est parfois déclenché par l'effet du verre cassé, des restes de miroirs et des plaques métalliques chromées abandonnées à proximité des forêts. Ces matériaux s'échauffent et portent à leur tour, les plantes herbacées desséchées à la température de flamme provoquant ainsi le déclenchement du feu.

- A une action volontaire afin d'obtenir des surfaces herbagères. Les bergers, en raison de fournir du fourrage suffisamment à leurs troupeaux et leur permettent d'atteindre les zones riches en espèces herbacées déclenchent volontairement le feu.

III .1. BILAN DES INCENDIES DE FORETS

Les données, correspondant à la période de 1939-1997 sont consignées dans le tableau n° 18.

Tableau n° 18 : Bilan des incendies de la forêt de Khodida.

Année	Nombre d'incendies	Surface incendie (ha)	Causes
1939	1	1120	Imprudence au terme inconnu
1949	1	0,01	Imprudence au terme inconnu
1958	1	150	Imprudence au terme inconnu
1959	1	280	Imprudence au terme inconnu
1960	1	657	Imprudence au terme inconnu
197	1	2,90	Imprudence au terme inconnu
1975	1	85	Imprudence au terme inconnu
1983	1	0,20	Imprudence au terme inconnu
1994	1	1380	Bombardement militaire
1997	1	3	Imprudence au terme inconnu
Total	10	3678.11	

Les données du tableau n° 18 permettent de distinguer quatre (4) périodes :

- ⇒ Période 1 : Elle débute de 1939 à 1959 durant laquelle 1550 ha ont été incendiés dont 1120 ha en 1959.
- ⇒ Période 2 : Elles correspondent à la période de 1960-1980. La surface incendiée est de 755 ha.
- ⇒ Période 3 : Elle se situe entre 1981 et 1990 ou un seul incendie a été enregistré (1983).
- ⇒ Période 4 : Elle se situe entre 1990 et 1997 durant laquelle 1383 ha ont été incendiés dont 1380 ha en 1994.

La superficie totale touchée par le feu est de l'ordre de 3678,11 ha.

On constate que la période 1938-1959 est la plus incendiaire. La seconde et la troisième période sont moins alarmantes. Cette diminution de la surface incendiée est due à l'important investissement effectué notamment dans l'installation des postes de vigie et les travaux d'ouverture des pistes et des bandes de pare feu.

La 4^{ème} période (1990-1997) a touché une surface très importante de la forêt, de l'ordre de 1383 ha.

III .2. DETERMINATION DE LA PERIODE D'INCENDIE

Cette région est caractérisée par une saison sèche assez longue. Elle connaît 15 à 20 jours de sirocco par an. L'incendie est très fréquent pendant la saison d'été où la température arrive à son maximum et le dessèchement de la strate herbacée est très accentué. Elle s'étend jusqu'au mois de novembre où la fréquentation des forêts par les troupeaux est à son apogée. En fait, elle coïncide avec la phase de transhumance qui entraîne la concentration des troupeaux en forêts.

III .3. LES CAUSES DE PROPAGATION DE L'INCENDIE

Comme les a cité Benabdeli (1983) pour la région de Télagh, la propagation de l'incendie est fonction de :

- La nature de la végétation
- La nature des débris végétaux
- Le facteur humain
- L'infrastructure existante
- Les conditions météorologiques

Selon Monjauze (1969), « En réalité le troupeau sélectionne à rebours les essences naturelles, détruit les moins sensibles au feu en priorité, tasse le sol, entretient et développe la strate de végétation xérophile la plus propre à propager les incendies ».

L'homme avec son troupeau joue un rôle prépondérant dans la détermination du milieu forestier ; c'est un facteur causal important avec l'infrastructure qu'il a développée et les rôles multiples qu'il accorde à la forêt (parcours, exploitation du bois, chasse...). Après chaque abattage et ébranchage des arbres, les restes des jeunes rameaux de très faible diamètre sont abandonnés sur la placette d'exploitation. Les jeunes rameaux desséchés constituent un facteur causal de propagation du feu à la suite de son déclenchement. C'est un facteur de premier ordre créé par l'homme lui-même. Quant-aux conditions météorologiques, elles ont leur influence sur les risques d'incendie. L'élévation de la température, le vent (sirocco) et le déficit en eau dans le bilan hydrique du sol sont des facteurs qui favorisent les incendies. Les incendies sont dus dans leur quasi-totalité à l'inflammation des déchets végétaux du sous-bois. Pour que ces déchets s'enflamment ils doivent avoir atteint un certain degré de sécheresse.

IV. L'EXPLOITATION MECANISEE ET LES COUPES ILLICITES

Avec l'installation de l'usine de bois à Télagh de nombreuses coupes d'arbres ont été réalisées. Les différentes coupes réalisées dans les quatre coins du grand massif forestier de Télagh sont de deux types :

- Coupes d'enlèvement de vieux bois
- Coupes de régénération (progressive et rase)

IV. 1. COUPES D'ENLEVEMENT DE VIEUX BOIS

Elles se font dans des parcelles très hétérogènes contenant plusieurs strates. Elles intéressent les surfaces les plus ou moins importantes de semi – fourré et de terrain nu. Les portes graines qui assurent la régénération naturelle par anémochorie ne sont pas épargnés lors de l'abattage des sujets martelés.

IV. 2. COUPES DE REGENERATION

Elles comportent des coupes rases avec réserve de portes graines et des coupes rases par bandes alternées. Ces dernières sont très utilisées dans les forêts de Télagh (cas de Khodida et Touazizine). La largeur de la bande est en fonction de la hauteur du peuplement adjacent où est prévue la coupe. Elle ne dépasse pas les 30 m et l'intervalle entre deux coupes est de 10 ans en moyenne tout en sauvegardant le sous- bois généralement constitué de lentisque, chêne vert, chêne kermès, phyllaire et de pin d'Alep au stade semi – fourré.

Les deux types de coupes de régénération citées ci-dessus dépendent étroitement de l'état du terrain et de l'importance du pourcentage de recouvrement de la strate arborescente. En effet les forêts sont non seulement destinées à la production de bois mais aussi à jouer différents rôles, tel que la protection du sol contre les phénomènes érosifs. Les parcelles à relief peu accidenté et à pente assez forte (+25%) devront être épargnées des coupes rases afin d'éviter la disparition du sous-bois et la dégradation du sol. Quant à l'importance du pourcentage de recouvrement de la strate arborescente, son rôle est capital dans la régénération naturelle du peuplement. Une fois à maturité et expulsée du cône, la graine de pin d'Alep est disséminée très vite par le vent. Les graines sont légères et pourvues d'ailes leurs permettant de se répandre sur des surfaces situées à quelques centaines de mètres lorsque le vent est assez fort. Malheureusement les portes graines sont mal choisies (mauvais développement du houppier et état sanitaire médiocre). Ainsi selon l'étude de l'exploitation forestière dans le cadre d'application d'aménagement faite par des techniciens (1983), le mauvais choix d'arbres reproducteurs est dû au manque de connaissance d'une sylviculture appropriée ou d'une négligence caractérisée de certains agents.

IV. 3. TRAVAUX D'EXPLOITATION

L'exploitation de bois est une opération qui consiste à effectuer des coupes d'amélioration (coupes rases, progressives et coupes d'éclaircie). L'utilité et l'importance de ces coupes s'expriment en :

- ⇒ L'amélioration de la composition des peuplements en qualité de production ligneuse.
- ⇒ L'augmentation du rendement des peuplements et obtenir une production maximale.
- ⇒ L'amélioration des moyens défensifs et sanitaires des forêts.
- ⇒ L'amélioration de la résistance des peuplements contre tout état de dégradation (facteurs climatiques, maladies cryptogamiques).

L'objectif principal assigné à cette forêt était la production maximale de bois pour alimenter l'usine de panneau de particules de Télagh. Il a été prévu un volume de 9298.7 m³ ; soit un taux de 60 % d'exploitation de bois sur une décennie (1980 – 1990). Comme le montre le tableau n° 19 le volume de bois d'œuvre prélevé est de 3922 m³, 15370 stères et 1574 unités de poteaux.

Tableau n° 19 : Bilan des travaux d'exploitation de bois.

		Volume prélevé	Volume prélevé	Volume prélevé	
Année	Volume prévu	Bois d'œuvre	Bois de trituration	Poteaux de mines	Reste à réaliser
1980	837.17	0.0	0.0	0.0	837.17
1981	895.33	2081	7838	0.0	0.0
1982	984.50	260	981	0.0	724.50
1983	866.00	741	971	0.0	125.00
1984	1166.16	441	1791	0.0	725.16
1985	524.50	0.0	0.0	0.0	0.0
1986	983.33	222	1858	1574	761.33
1987	546.49	0.0	0.0	0.0	546.49
1988	990.66	177	1931	0.0	823.66
1989	667.00	0.0	0.0	0.0	667.00
1990	837.56	0.0	0.0	0.0	837.56
Total	9298.7	3922	15370	1574	6047.87

IV. 4. COUPES ILLICITES

Il n'est guère surprenant de rencontrer des arbres abattus de façons illégales étant donné que la forêt est fréquentée par les bergers tout le long de l'année. Les coupes illicites se distinguent des autres coupes par la manière dont les arbres sont coupés (coupe à 70 cm de la surface du sol). Les sujets attaqués par la hache ont un diamètre de 8 à 12 cm. Ces coupes illicites sont rencontrées dans différents endroits et plus particulièrement à proximité des pistes et les tranchés pare-feu. Elles constituent d'une part, un avantage pour le développement de la forêt lorsqu'elles ne sont pas accentuées et localisées, d'autre part participe à la déforestation avec toutes ses conséquences. Le nombre d'arbres abattus illégalement est très élevé. Ceci est lié au besoin en bois pour les habitants de cette région afin de se réchauffer pendant les saisons froides. L'utilisation du bois ne se limite pas à la cuisson et au chauffage, il sert aussi à soulever les tentes et à construire les parcs et les abris pour les troupeaux. C'est cette diversification dans l'utilisation du bois qui est à l'origine de l'accroissement du nombre de coupes illicites. La majorité des sujets abattus appartiennent au stade perchis. Une telle action freine le développement des successeurs du stade futaie et diminue de la potentialité de la forêt surtout qu'à cette dernière, l'homme a attribué le rôle de fournisseur de bois d'industrie.

IV. 5. BILAN DES TRAVAUX

Les informations concernant les travaux effectués dans la forêt de Khodida sont consignées dans le tableau n° 20.

Tableau n° 20 : Superficies reboisées et prévues par étude.

Année	Prévue par étude (ha)	Réalisée (ha)	Reste à réaliser (ha)
1980	152	-----	152
1981	-----	-----	-----
1982	-----	-----	-----
1983	104	21	-----
1984	-----	164	-----
1985	-----	-----	-----
1986	-----	-----	-----
1987	-----	-----	-----
1988	-----	-----	-----
1989	67	-----	67
1990	164	-----	164
Total	487	185	302

Sur les 487 hectares prévus pour être reboisé on n'enregistre que 185 ; soit un taux de réalisation de 38 %. L'objectif principal de cette opération est de repeupler les zones incendiées. Cependant la surface reboisée reste de loin insuffisante par rapport aux prévisions assignées par cette opération.

V. CONCLUSION

La détermination et l'étude des facteurs imposant des contraintes au développement de la forêt se sont avérées nécessaires, vu les rôles multiples qui lui ont été accordés.

Le parcours, principal facteur de dégradation de la forêt, a pris de l'ampleur dans cette région à vocation agro-sylvo-pastorale et où le développement intégré est presque absent. Ce dernier est l'un des moyens de lutte contre le parcours abusif que connaissent nos forêts où sa réglementation en fonction des cycles végétatifs des espèces est nécessaire. Les travaux entrepris dans la forêt tel que le reboisement des surfaces exploitées et dénudées, l'ouverture des pistes et des tranchés pare-feu doivent être étudiés et planifiés. En fin de compte, il s'agit de rétablir l'équilibre entre la reconstitution de la forêt et la pratique de l'élevage. Dans l'intention de réaliser un tel équilibre, une tentative d'encouragement des éleveurs à exercer l'engraissement s'est lancée depuis quelques années. Elle a déjà commencé à donner ses fruits, il suffit de subvenir aux besoins des éleveurs en aliments du bétail : foin orge, son, fève, fourrage, concentré.

Chaque année des milliers d'hectares de forêts sont ravagés par le feu. Ce dernier tient la part du lion dans la détérioration du milieu forestier à base de pin d'Alep (*Pinus halepensis*). L'incendie, le facteur le plus chaud de cette étude et le responsable de la déforestation, a lui aussi sa légende de destructeur de très haute performance. Ayant connu les différentes causes du déclenchement du feu et de sa propagation, il nous est possible de l'éviter ou de le maîtriser par divers moyens. L'ouverture des pistes à double fonction, l'installation des postes de vigie équipés de moyens de surveillance et la multiplication des tranchés pare-feu dans les zones les plus sensibles, constituent les principaux moyens de lutte contre ce facteur nuisible. La tâche la plus importante revient à l'homme qu'il soit campeur, éleveur, chasseur ou exploitant de la filière « bois ».

L'exploitation mécanisée irréfléchie et les coupes illicites constituent un autre facteur de dégradation ne manquant pas d'importance que les précédents. L'exploitation mécanisée, bien qu'elle soit planifiée et précédée par des études, ralentit le développement de la forêt. Les suivis, après exploitation ne sont plus à l'ordre du jour. Les produits secondaires de l'exploitation (branches et jeunes rameaux) sont abandonnés sur les lieux de l'ébranchage. Ce délaissement constitue d'une part, le pas d'amorce du déclenchement et de la propagation du feu, et d'autre part freine la régénération naturelle. Il serait plus sage de moraliser la relation « **H**omme – **F**orêt ».

Eude statique des sols

<u>CHAPITRE - I - MATERIEL ET METHODES</u>	085
I. LES PRELEVEMENTS des échantillons de sols	085
II. MESURE DES CARACTERES PHYSIQUES	085
III. MESURES DES CARACTERES CHIMIQUES	085
IV. ETUDE DE LA PEDOFAUNE	086
<u>CHAPITRE II SOL BRUN FORESTIER SUR MARNO – CALCAIRE</u>	087
I. MORPHOLOGIE D'UN SOL BRUN MARNO CALCAIRE	087
II. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES	088
III. CARACTERISTIQUES CHIMIQUES	093
IV. LA MATIERE ORGANIQUE	097
V. COMPOSITION MINERALOGIQUE DES FEUILLES ET DES AIGUILLES	100
VI. CARACTERISTIQUES BIOLOGIQUES	103
<u>CHAPITRE III SOL FORESTIER SUR CALCAIRE DUR</u>	107
I. MORPHOLOGIE D'UN SOL SUR CALCAIRE DUR	107
II. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES	108
III. CARACTERISTIQUES CHIMIQUES	112
IV LA MATIERE ORGANIQUE	114
<u>CHAPITRE IV RENDZINE SUR ENCROUTEMENT CALCAIRE</u>	117
I. MORPHOLOGIE D'UN RENDZINE	117
II. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES	118
III. CARACTERISTIQUES HYDRIQUES "RESERVES EN EAU" ET PERMEABILITE	120
IV. CARACTERISTIQUES CHIMIQUES	120
V. LA MATIERE ORGANIQUE	121
VI. MINERALISATION DE L'AZOTE	122
<u>CHAPITRE.V. "SYNTHESE EDAPHIQUE"</u>	124
I. LES DONNEES EDAPHIQUES ACTUELLES DES PEUPELEMENTS DE CHENE VERT ET DE PIN D'ALEP DE LA FORET DE KHODIDA	124
II. EVOLUTION DES "SOLS" DE LA FORËT DE KHODIDA	128
III. FACTEURS D'EVOLUTION DU SOL	130
III.1. L'EROSION HYDRIQUE	131
III.2. LA SECHERESSE	133

CHAPITRE - I - MATERIEL ET METHODES

I. LES PRELEVEMENTS DES ECHANTILLONS DE SOLS

Dans chacune des zones prédéfinies cinq profils de sols ont été prélevés pour les analyses physico-chimiques.

En raison de la présence de cailloux, nous avons prélevé une colonne de sol d'environ 33 x 33 cm de côté sur une profondeur de 70 cm par tranche d'épaisseurs variables. Les limites correspondent aux limites d'horizons et dans les horizons épais à des tranches systématiques. Le volume exact de chaque prélèvement est enregistré. Pour les humus les différentes couches ont été prélevées en 10 points des zones.

Le sol a été séché à l'air puis en étuve à 30°C et dans des fractions préparées selon les nécessités analytiques :

- Sol total broyé (analyses totales)
- Sol tamisé à 2 mm soit au tamis à mailles rondes, soit sur tamis à mailles carrées (caractérisation physico-chimique)
- Sol tamisé et légèrement broyé (éléments libres).

II. MESURE DES CARACTERES PHYSIQUES

La granulométrie est déterminée par la méthode internationale (Duchaufour, 1983). Les argiles sont séparées des éléments grossiers limon + sables en vue des analyses totales.

La densité apparente est évaluée par la méthode du volume mesuré de la colonne de sol prélevée.

L'indice de stabilité structurale est celui de Henin et al (1958, 1969).

La perméabilité est déterminée par la vitesse de filtration de l'eau à travers un échantillon de sol remanié. Le dispositif s'appuie sur un tube en verre cylindrique fermé à sa partie inférieure par une toile.

III. MESURES DES CARACTERES CHIMIQUES

Les principales méthodes d'analyses chimiques sont décrites dans Duchaufour (1970). Ce sont principalement les dosages de : carbone (C) par la méthode Anne, l'azote total (Kjeldahl), l'azote minéral NH_4 et NO_3 par colorimétrie, pH eau, acidité libre (eau) et acidité d'échange (KCl normal) par titration à la soude avec enregistrement des courbes dérivées de titration, les éléments échangeables (extraction à l'acétate d'ammonium ou à KCl normal), la capacité totale d'échange (méthode Metson). Les éléments mobilisables ont été dosés par extraction E.D.T.A + tétraphénylborate (Vedy 1973). Le carbone des acides humiques et fulviques est déterminé par la méthode de Dabin (1971 – 1976).

III. ETUDE DE LA PEDOFAUNE

Il s'agit d'un inventaire de la faune du sol sous les deux types de peuplements forestiers : feuillu & résineux.

Les échantillons de sol ont été prélevés à l'aide d'une bêche sur une profondeur de 2,5 à 4 cm (Bachelier, 1978). En effet cette opération a été précédée par la récolte de la litière (débris végétaux) se trouvant sur le sol. Les échantillons ont été mis dans des sacs en plastique puis transportés au laboratoire.

III.1. L'EXTRACTION DE LA FAUNE :

L'extraction de la faune se trouvant dans les échantillons de la litière et du sol a été réalisée par la méthode sélective en se servant de l'appareil de TULLGREN.

L'appareil étant mis sur pied, on a placé une quantité de sol et de litière en deux temps séparant l'extraction dans la boîte cylindrique soumise à la chaleur de la lampe électrique. Le dispositif est laissé à lui-même pendant plusieurs jours. La faune endogée se retrouve en fin de compte dans une suspension fixatrice à base d'un solvant organique de très faible concentration.

III.2. TRI ET DENOMBREMENT DES ANIMAUX :

Il s'agit maintenant de trier les récoltes, d'une part pour éliminer les quelques particules de terre et débris végétaux qui tombent souvent dans le milieu fixateur, d'autre part pour classer les individus par groupes, familles, genres et espèces.

Dans une première étape, on a procédé aux tries des animaux sous la loupe binoculaire.

En seconde étape, il s'agit de prélever les bestioles à l'aide d'un petit pinceau. Les bestioles, selon la taille, sont mises entre lames et lamelles pour observation sous microscope. Ce dernier est surmonté d'un appareil-photo fixé par un trépied.

ETUDE STATIQUE DES SOLS

CHAPITRE II

SOL BRUN FORESTIER SUR MARNO – CALCAIRE

Les descriptions morphologiques qui suivent correspondent au profil représentatif des types de sols de chacun des deux peuplements. Les variations à l'intérieur des peuplements sont faibles et jouent principalement par des micro changements des épaisseurs des horizons.

I MORPHOLOGIE D'UN SOL BRUN MARNO CALCAIRE

I.1. Profil type sous le chêne vert

La couche **L**, de 1 cm d'épaisseur, est constituée par des feuilles de l'année. La couleur est brune. La couche **F**, moins de 1 cm d'épaisseur, est formée de feuilles en voie de décomposition. Les débris foliaires sont plus ou moins blanchis et ajourés.

La présence des déchets fécaux des vers de terre et autres larves indique une activité intense de la pédofaune. Les couches **L** et **F** demeurent présentes sur les lieux avec une faible épaisseur. Elles sont composées essentiellement de feuilles à des stades divers de décomposition avec dominance des boulettes fécales dans la couche **F**.

L'horizon **A₁**, de couleur brune, est caractérisé par une structure grumeleuse friable et une texture limoneuse. Il est parcouru par un feutrage de fines racines.

L'horizon **B**, de couleur brun jaune et d'épaisseur 30 cm, a une structure sub-polyédrique friable et une texture limoneuse. Il contient une proportion appréciable de cailloux.

L'horizon **C** est calcaire marneux.

I.2. Profil type sous le pin d'Alep

La couche **L**, d'épaisseur 3 cm, est composée d'une litière d'aiguilles de pin d'Alep entières ou très peu décomposées. Les aiguilles contiennent, dans certains cas, des déjections d'orbitales et des boulettes fécales de diptères.

La couche **F**, d'épaisseur 2 cm, est formée par des aiguilles fragmentées et en voie de décomposition. Elle est composée d'un mélange de boulettes fécales, de couleur noire, de larves diverses et de débris végétaux plus ou moins mélanisés, disposant le matériel en couches successives.

La couche **H**, d'épaisseur 1 cm, est constituée de débris végétaux entièrement décomposés et non reconnaissables. Les boulettes fécales sont brunes plutôt que noires.

L'horizon **A1**, de 0 à 5 cm de profondeur, organo – minéral de couleur noir, structure particulaire. Texture limoneuse. Nombreuses racines fines.

L'horizon **Ah**, de 5 à 7 cm, marron foncé. Infiltration de matière organique. Structure sub-grumeleuse. Texture limoneuse.

L'horizon **B**, de 30 cm d'épaisseur, couleur brun clair à structure sub-polyédrique peu stable et à texture limoneuse.

L'horizon **C**, calcaire marneux.

II. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

II.1. Granulométrie

La composition granulométrique est presque identique sous le chêne vert et sous le pin d'Alep. L'usage du diagramme des textures selon Jamagne (Guillet et Rouiller, 1979) permet de les classer dans les limono – sableux (figure n° 17).

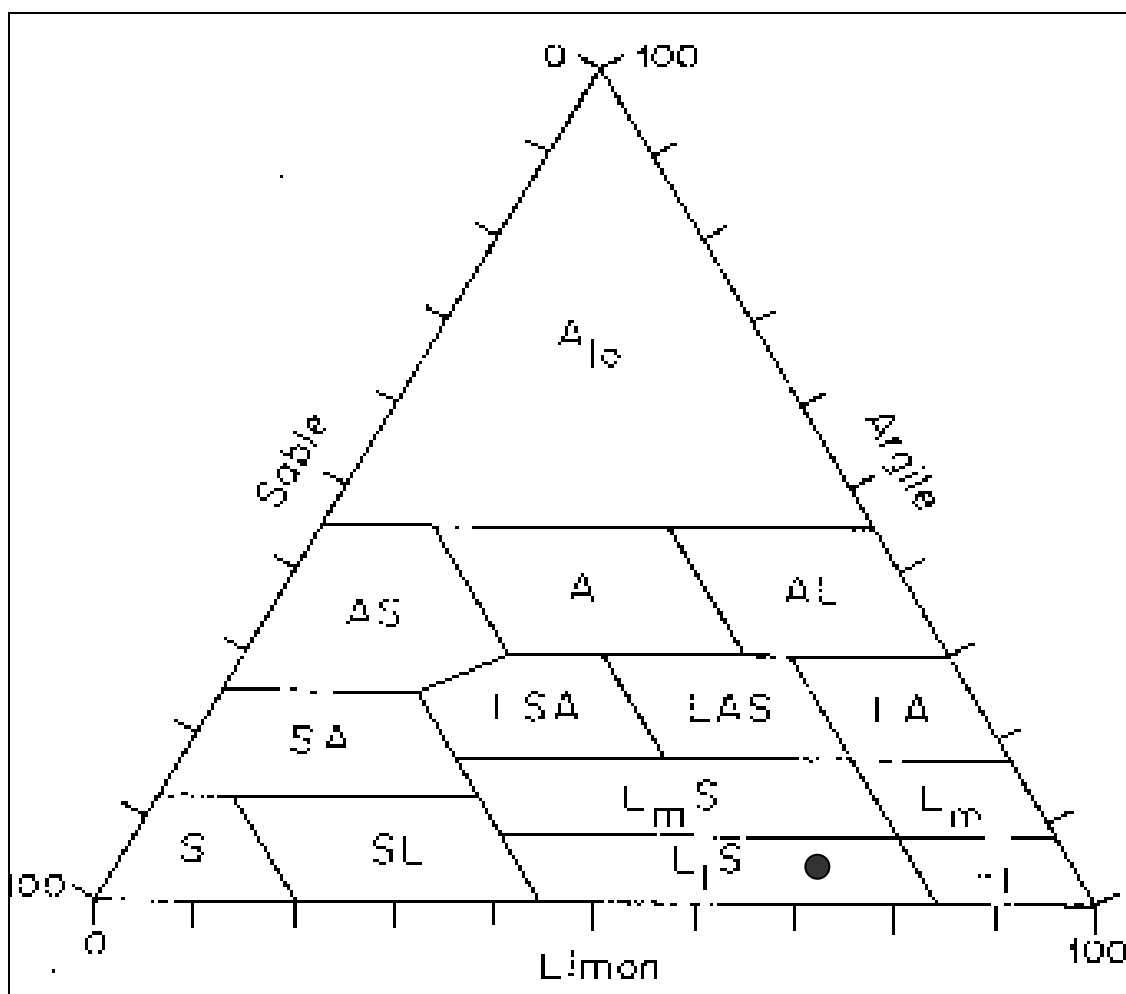


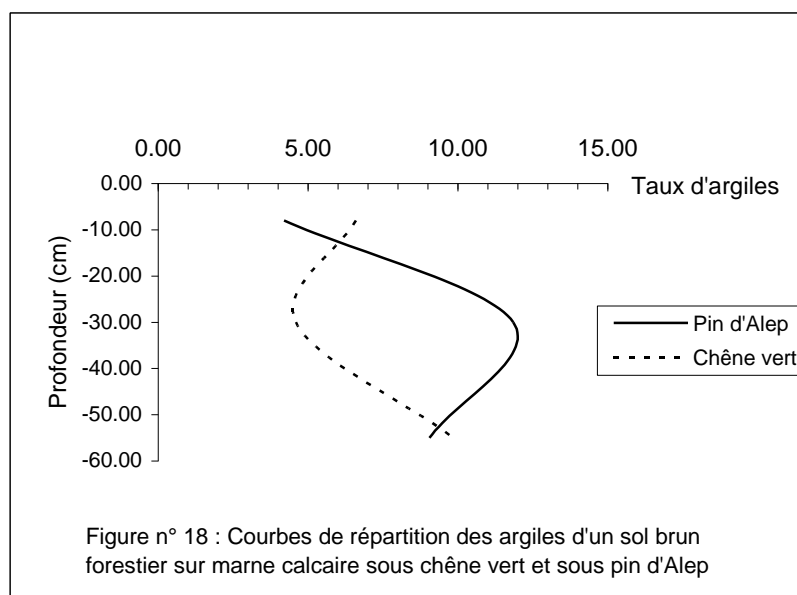
Figure n° 17 : Diagramme des textures selon Jamagne.

Les deux profils types, sous le chêne vert et sous le pin d'Alep, sont homogènes verticalement et semblables horizontalement (tableau n° 21). La variation verticale est régulière laissant penser que le matériau de couverture est dérivé de la roche mère.

Tableau n° 21 : les fractions granulométriques d'un sol brun forestier sur marne – calcaire.

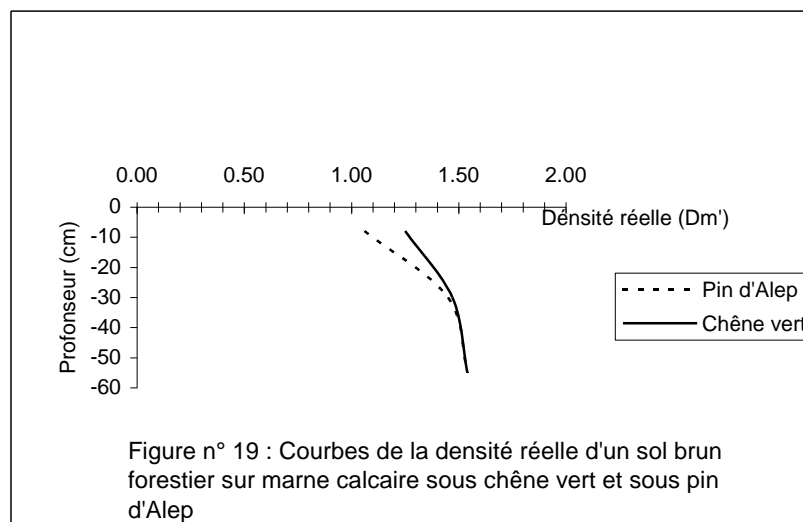
	Pin d'Alep			Chêne vert		
	0 à 8 cm	8 à 30 cm	30 à 55 cm	0 à 8 cm	8 à 30 cm	30 à 55 cm
Argiles	4,20	11,85	9,05	6,60	4,60	9,85
Limons fins	30,60	26,05	24,55	33,45	32,50	27,60
Limons grossiers	40,85	41,60	40,92	28,35	30,56	31,48
Sables fins	9,01	11,18	15,46	17,25	16,70	15,25
Sables grossiers	15,30	9,30	9,77	14,20	15,60	15,70
Granulométrie : total	99,96	99,98	99,75	99,85	99,96	99,88

Le profil de distribution des argiles (figure n° 18) indique une légère augmentation, d'environ 2%, en surface. La redistribution des argiles est beaucoup plus importante, en horizon B, sous le pin d'Alep que sous le chêne vert. Elle passe du simple au double.



II.2. Densité apparente et foisonnement

Les profils des densités apparentes du sol montrent que la densité apparente est inférieure sous le pin d'Alep, en surface, à celle mesurée sous le chêne vert (figure n° 19). Dans les horizons minéraux, il n'y a plus de différences significatives.

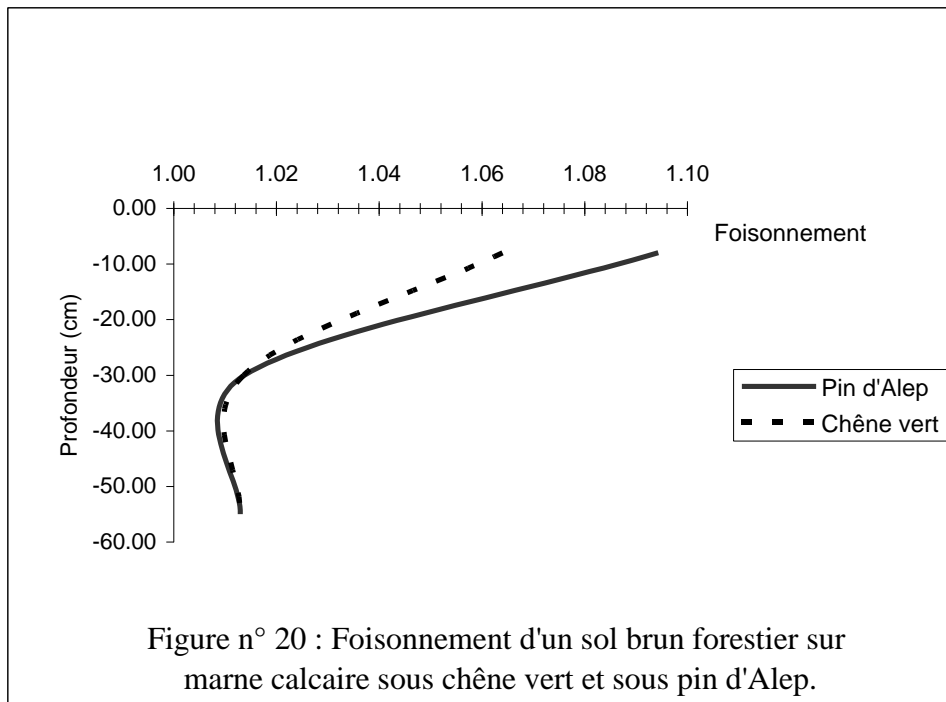


Cette caractéristique du sol permet d'émettre deux hypothèses :

- Soit une perte de matière par altération plus intense des silicates sous les le pin d'Alep que sous les le chêne vert dont la mesure est possible par l'utilisation d'un étalon interne de référence tel que le « quartz ».
- Soit un foisonnement, c'est-à-dire une augmentation de volume du sol sans variation de masse.

En réalité il y a, dans notre cas, combinaison des deux phénomènes. Le foisonnement est déterminé par le rapport de la densité apparente calculée à la densité apparente mesurée. Dans la mesure où le rapport des deux densités apparentes est supérieur à l'unité, le foisonnement est bien réel dans le profil pédologique ; dans le cas contraire on parle de tassement.

Les résultats des calculs précisent qu'il y a foisonnement pour l'ensemble des horizons du sol sous le chêne vert et sous le pin d'Alep, avec une valeur du foisonnement avoisinant les 1.06 pour les horizons minéraux (figure n° 20).



En surface, dans l'horizon A₁, le rapport des deux densités apparentes est plus ou moins élevé sous le pin d'Alep (1.09) que sous le chêne vert (1.06). Le foisonnement se manifeste discrètement au niveau des horizons minéraux. Il explique ainsi une part importante de la variation des densités apparentes observées dans le profil.

II.3. Caractéristiques hydriques et réserves en eau

Le volume du sol est occupé par trois constituants : la matière solide (terre fine et cailloux), l'eau et l'air.

Les caractéristiques hydriques mises en évidence sous le chêne vert et sous le pin d'Alep permettent d'évaluer la capacité de stockage des sols. Cette capacité aura une influence sur l'alimentation en eau des deux types d'espèces sylvicoles, lesquelles ont des rythmes de croissance saisonniers très différents.

La réserve d'eau a été calculée selon la relation

$$R = (CR - HF) \times P \times D' m \quad (\text{Meriaux, 1979})$$

- Où **R** : réserve en mm,
CR : humidité en % à la capacité de rétention,
HF : humidité en % au point de flétrissement,
P : profondeur,
D'm : densité apparente de l'horizon.

Les évaluations de réserves, en mm, par horizon sont regroupées dans le tableau n° 22.

Tableau n° 22 : Evaluations, en mm, des réserves d'eau par horizon d'un sol brun forestier sur marne – calcaire.

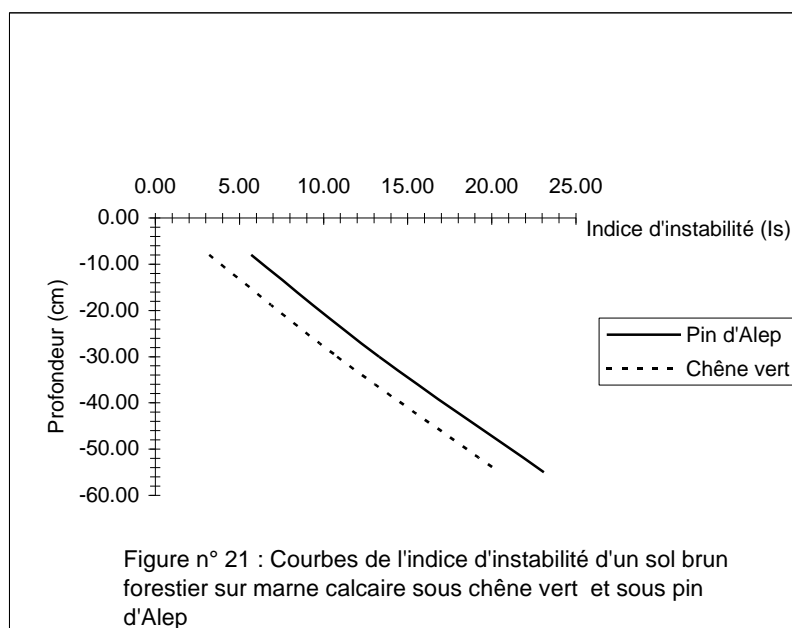
Horizons	Chêne vert	Pin d'Alep
0 à 8 cm	25	30
8 à 30 cm	55	60
30 à 55 cm	65	65
Total	145	155

La différence de réserve est équivalente à 10 mm d'eau soit 7 % de la réserve totale sous le chêne vert. Cette différence est due à la nature de la matière organique des horizons de surface et l'accumulation de l'argile au niveau de l'horizon B sous le peuplement le pin d'Alep.

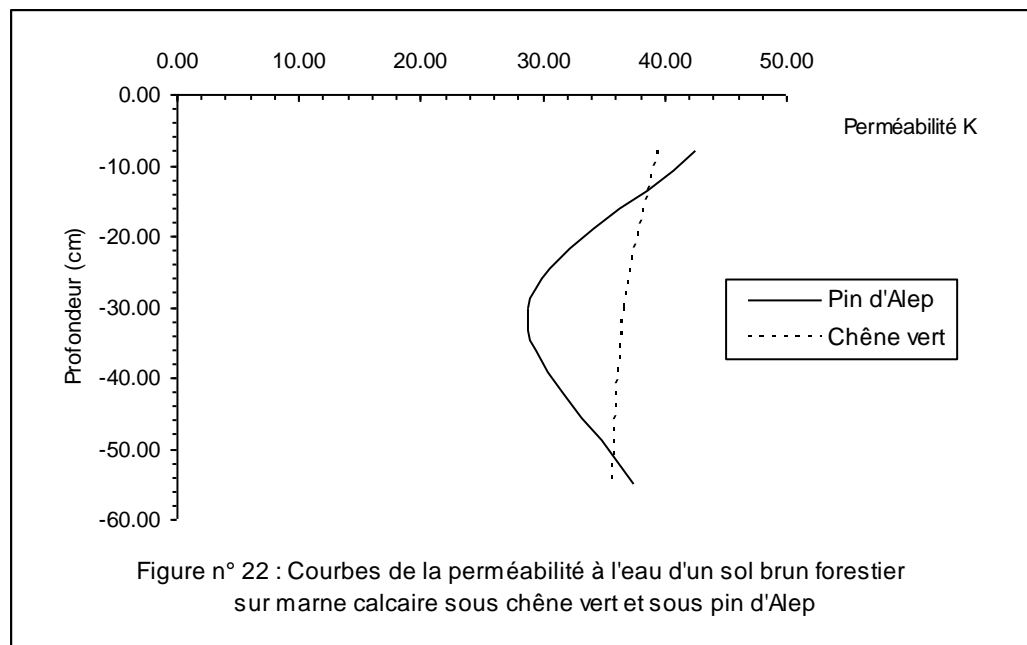
II.4. Stabilité structurale et perméabilité

Les indices de stabilité structurale permettent d'évaluer la qualité des assemblages structuraux. La figure n° 21 décrit les distributions des valeurs des indices de l'instabilité dans le sol.

L'indice de stabilité structurale de Henin et al (1958, 1969) est relativement faible en surface ($I_s = 5.70$). Il a augmenté avec la profondeur. Selon une étude des résultats après pré - traitement au benzène, la valeur de cet indice est fortement liée à la quantité et à la qualité de la matière organique.



La perméabilité à l'eau est conditionnée par la texture et la structure du sol. Sa mesure a révélé une certaine différence non significative, en surface, entre les deux types d'espèces ligneuses (Figure n° 22).



La perméabilité, au niveau de l'horizon B, est significativement plus importante sous le chêne vert que sous le pin d'Alep. Il se trouve que l'accumulation des argiles est à l'origine de cette perte de perméabilité sous pin d'Alep.

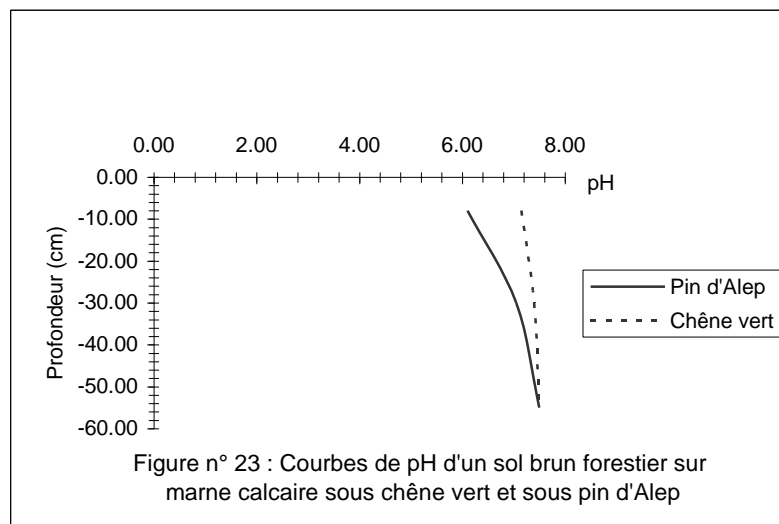
III. CARACTERISTIQUES CHIMIQUES

III.1. pH

Le pH moyen du sol, sous pin d'Alep, est de 6.88 ± 0.71 ; celui du chêne vert est légèrement alcalin avec 7.35 ± 0.18 .

Les valeurs du pH varient de 6.10 en surface à 7.50 en profondeur ; celui de l'horizon de surface sous le pin d'Alep est inférieur à celui du chêne vert. La comparaison des valeurs de pH ne montre pas de différences majeures dans les horizons minéraux.

La différence de pH entre les peuplements de chêne vert et de pin d'Alep est de l'ordre de 1.40 unité en surface. La figure n° 23 montre une certaine homogénéité en profondeur des profils du pH dans le sol des deux peuplements.



III.2. La capacité d'échange des sols

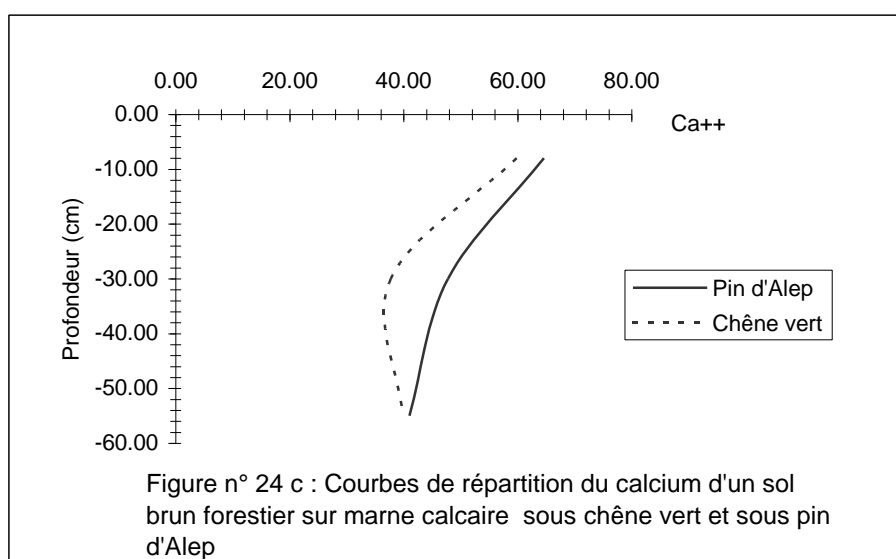
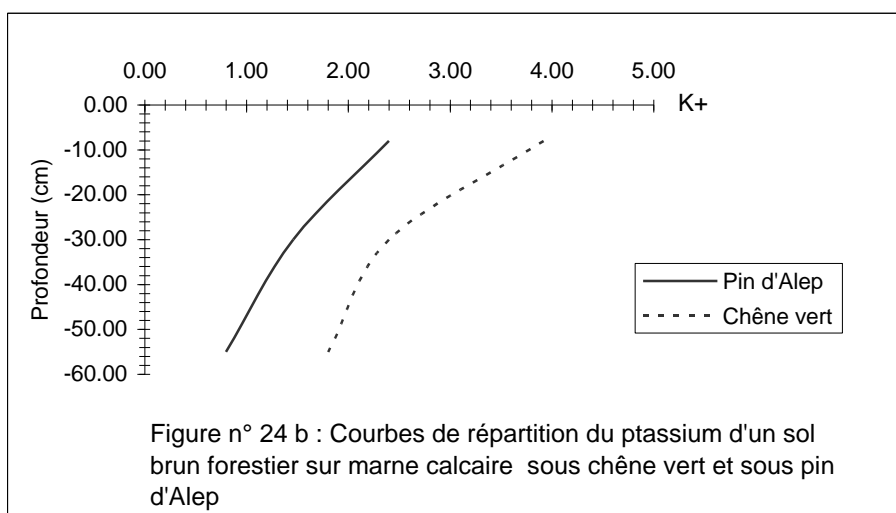
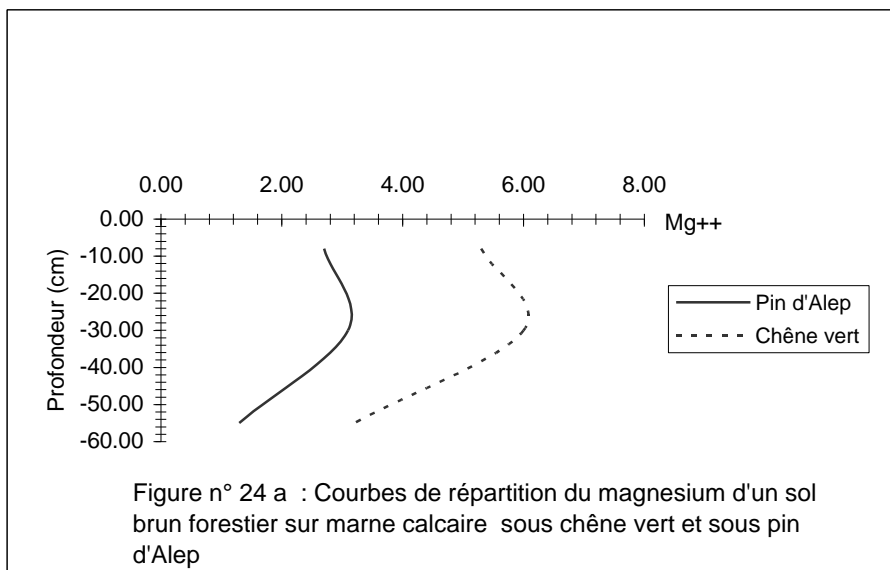
La capacité d'échange de base, surtout le paramètre **T** (tableau n° 23) augmente toujours de bas en haut dans tous les profils pour atteindre des valeurs de 73.52 sous le chêne vert et seulement de 63.50 sous le pin d'Alep.

La somme des bases échangeables, centralisée par le paramètre **S** croît également vers le haut, mais sans une distinction nette, entre le chêne vert et le pin d'Alep : l'augmentation apparemment moins intense de Mg^{++} et K^+ sous le pin d'Alep est compensée par la plus forte accumulation de Ca^{++} en horizon de surface sous cette végétation (figures n° 24 a, b, c).

Tableau n° 23 : Caractéristiques chimiques des profils pédologiques sous chêne vert et sous pin d'Alep d'un sol brun forestier sur marne calcaire.

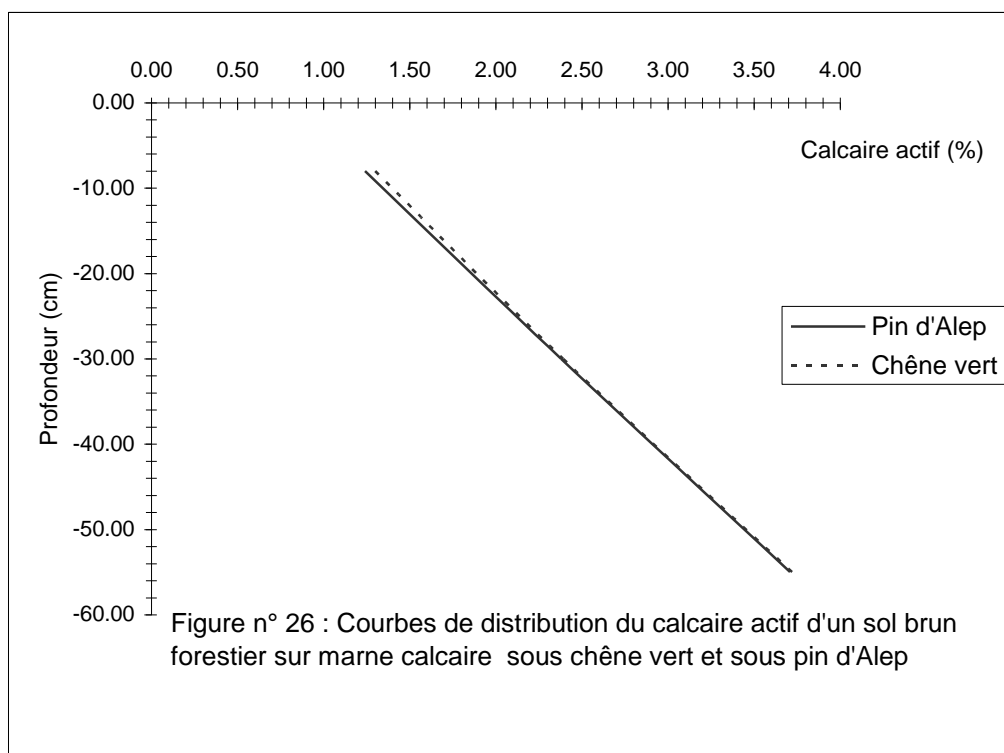
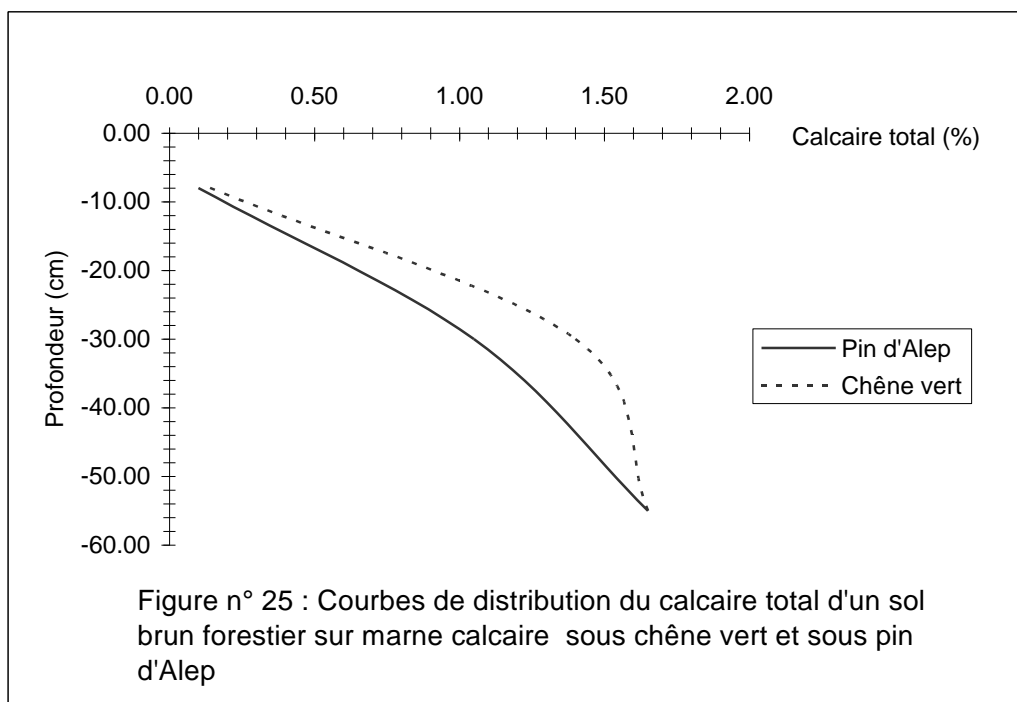
Essences arborées	Pin d'Alep			Chêne vert		
Horizons	0 à 8 cm	8 à 30 cm	30 à 55 cm	0 à 8 cm	8 à 30 cm	30 à 55 cm
Ca	64.60	47.80	41.00	59.80	37.70	39.90
Mg	2.70	3.10	1.30	5.30	6.00	3.20
K	2.40	1.46	0.80	3.92	2.40	1.80
Na	0.45	0.40	0.45	1.70	1.60	1.16
S (somme)	70.15	52.76	43.55	70.72	47.70	46.06
T	63.50	54.23	44.36	73.52	48.85	47.10
(S/T)x100	94.72	97.29	98.17	96.19	97.65	97.79

En conséquence, le taux de saturation qui est fort dans tous les cas a tendance à être légèrement plus fort en surface sous le chêne vert que sous le pin d'Alep.



III.3. Le calcaire

Le taux de calcaire (actif et total) reste faible dans les différents horizons ; cependant, des différences apparaissent en horizon minéral et sont relativement importantes alors qu'en profondeur (50 cm), elles sont insignifiantes (figures n° 25 et 26).



IV. LA MATIERE ORGANIQUE

La matière organique, par le biais de l'espèce forestière, est un facteur déterminant des modifications des propriétés physico – chimiques des sols.

Cette étude est limitée aux principales caractéristiques de cette matière organique des sols sans toutefois essayer d'expliquer les mécanismes de son intervention dans la différenciation des profils sous les deux espèces.

IV.1. Carbone, azote et C/N

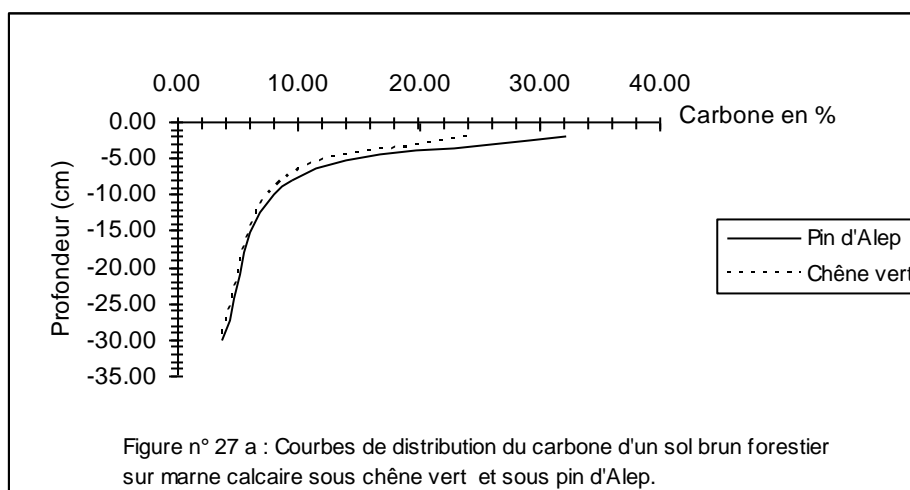
L'arbre peut prélever dans l'air le carbone nécessaire à l'élaboration de sa matière sèche ; par contre, il est incapable de fixer directement l'azote de l'atmosphère (sauf chez certaines espèces), élément pourtant indispensable à sa construction. L'arbre ne peut absorber l'azote que sous forme minérale, essentiellement ammonium et nitrates, accessoirement sous forme organique (acides aminés principalement).

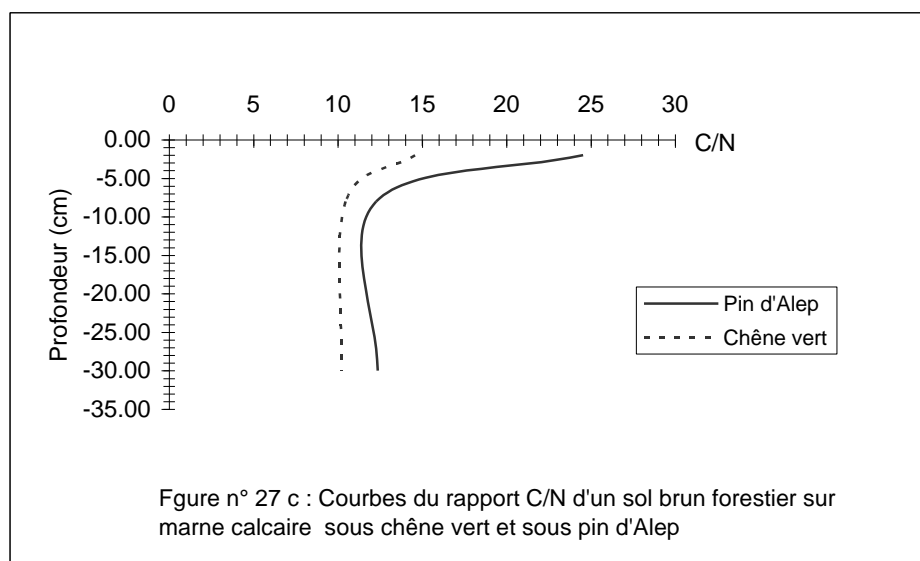
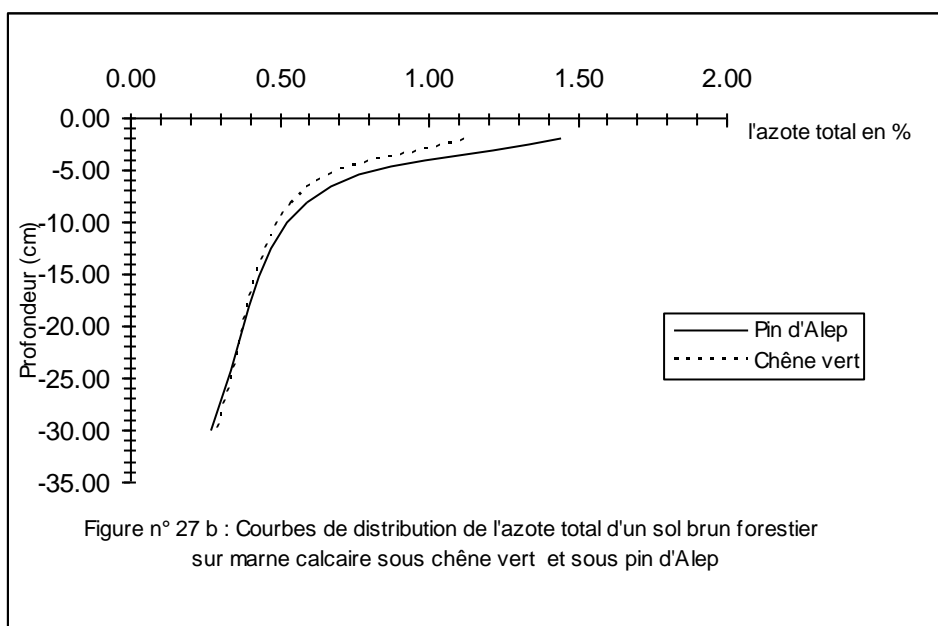
IV.1.a. Les formes totales

Le carbone (C) et l'azote (N) du sol ont principalement pour origine les retombées de litière et les eaux météoriques.

Ces deux éléments s'accumulent plus sous le pin d'Alep que sous le chêne vert malgré des retombées annuelles de litières équivalentes d'environ 3 tonnes par hectare et par an.

Les figures n° 27 (a, b et c) donnent la répartition du carbone, de l'azote et du rapport C/N dans les deux profils du sol. En surface, dans les 08 premiers centimètres, les teneurs en carbone (C) et azote (N) sont plus élevées, plus que le double en surface dans l'horizon A₁, sous le pin d'Alep que sous le chêne vert. Les C/N moyens de 14 sous le chêne vert et 24 sous le pin d'Alep caractérisent mieux la différence d'évolution des humus sous les deux types d'espèces. Ces différences sont dues à une minéralisation différenciée de cette matière organique.





IV.1.b. Fractionnement des formes du carbone et de l'azote

IV.1.b.1. Le carbone

Un fractionnement simple du carbone a été effectué pour les horizons selon la méthode décrite par Toutain (1974). Le tableau n° 24 donne le résultat de ce fractionnement.

Tableau n° 24 : Fractionnement de la matière organique sous les deux peuplements (le chêne vert & le pin d'Alep).

Horizons	Essences	C‰	C/N	Cs	Cmo	Acide fulvique	Acide humique	Humine	AH/AF
A1	Chêne vert	35,00	14,58	2,90	0,90	20,90	23,70	36,60	1.13
(0 à 8 cm)	Pin d'Alep	46,60	24,53	3,10	1,90	14,80	31,20	64,40	2.11
B	Chêne vert	15,36	10,45	2,10	0,50	16,40	8,80	12,80	0.54
(8 à 30 cm)	Pin d'Alep	15,45	12,26	3,40	1,10	14,60	8,50	14,20	0.58

CS : carbone extractible à l'eau, **AF** : carbone des acides fulviques,
Cmo : carbone de la matière organique fraîche, **AH** : carbone des acides humiques.

L'horizon B ne présente aucune différence significative entre les deux peuplements. Par contre dans l'horizon de surface A₁, les différences sont nettes. Le rapport AH/AF est moins élevé sous le chêne vert que sous le pin d'Alep. La quantité d'humine résiduelle est élevée sous le pin d'Alep ; ceci démontrant, bien qu'encore peu exprimé, une tendance d'évolution biochimique du Mull vers le Moder.

IV.1.b.2. L'azote

L'azote total des litières et des horizons organiques du sol a été séparé en trois fractions : azote organique et azote minéral subdivisé en azote ammoniacal et nitrique.

Les résultats exprimés dans le tableau n° 25 montrent que les niveaux en azote minéral sont bas et que pour les deux peuplements, il représente moins de 2 % de l'azote total, cette teneur en azote minéral décroissant rapidement avec la profondeur.

Tableau n° 25 : Résultats des moyennes des analyses d'azote minéral en ‰ de terre sèche.

	Essences	N - total	N - NH4	N - NO3
	Arborées	‰	‰ t	‰ t
	Chêne vert	10,80	0,38 NS	0,008 NS
Litière	Pin d'Alep	14,30	0,34	0,004
A1	Chêne vert	2,40	0,09 NS	0,001 2,34
(0 à 8 cm)	Pin d'Alep	1,90	0,05	0,001 *
B	Chêne vert	1,47	0,05 2,90	0,002 2,45
(8 à 30 cm)	Pin d'Alep	1,26	0,02 *	0,001 *

t : test de STUDENT-FISHER, NS : non significatif
 * : significatif à 5%,

La lecture du tableau n° 25 permet de mettre l'accent sur les différences significatives observées en horizon A₁ et l'horizon B : pour l'azote nitrique dans les horizons A₁ et B ; pour

l'azote ammoniacal seulement au niveau de l'horizon B. Ces différences sont liées à l'espèce feuillue ou résineuse.

IV.2. Minéralisation de l'azote

IV.2.1. Coefficient de jenny

Le coefficient de décomposition de Jenny permet de caractériser le mode de décomposition des matériaux organiques accumulés sur le sol et dans le sol. Il se définit par l'équation suivante :

$$KJ = 100 * L / (L + A_0)$$

Où **L** : correspond aux retombées annuelles,

A₀ : poids des horizons holorganiques.

La valeur calculée pour le peuplement de chêne vert est de **24.3** et de **7.5** pour le peuplement de pin d'Alep. La différence importante souligne la faible décomposition sous le peuplement de pin d'Alep.

Cet indice appliqué à l'azote donne respectivement pour le chêne vert et le pin d'Alep, des valeurs de **16.7** et **4.6** montrant un net retard à la minéralisation de l'azote sous le pin d'Alep.

V. COMPOSITION MINÉRALOGIQUE DES FEUILLES ET DES AIGUILLES

V.1. FEUILLES DE CHENE VERT

La composition minéralogique des feuilles de chêne vert, issues des peuplements de la forêt d'étude, est consignée dans le tableau n° 26.

Tableau n°26 : Composition minéralogique de la litière du chêne vert (%).

	Na	K	Ca ⁺⁺	Mg	P	N ₂	Fe
Feuilles	0.04	0.44	1.62	0.12	0.07	0.88	0.024

Le calcium et l'azote sont majoritaires par rapport au fer, au sodium et au phosphore. Le potassium et le magnésium sont moyennement représentés.

V.2. AIGUILLES DE PIN D'ALEP

L'analyse minéralogique des aiguilles de pin d'Alep du site d'étude a permis d'obtenir les résultats reportés dans le tableau n° 27.

Tableau n° 27 : Composition minéralogique de la litière du pin d'Alep (%)

	Na	K	Ca	Mg	P	N ₂	Fe
Aiguilles	0.05	0.39	0.88	0.23	0.20	1.23	0.024

L'azote et le calcium constituent les éléments minéraux les plus importants quantitativement. Le fer et le sodium demeurent les moins représentatifs tandis que le phosphore, le magnésium et le potassium occupent une place intermédiaire dans la composition minéralogique des aiguilles de pin d'Alep.

V.3. LIBERATION DES ELEMENTS MINERAUX DES FEUILLES ET DES AIGUILLES

V.3.1. Pertes en poids

En comparant le poids initial et le poids final des litières après décomposition, nous observons, au bout de 06 mois, les pertes en poids suivantes (moyenne de trois répétitions) : chêne vert, 37,2% et pin d'Alep, 24,6%. Les aiguilles de pin d'Alep se décomposent beaucoup plus lentement que les feuilles de chêne vert.

V.3.2. Perte globale en éléments minéraux

Connaissant la composition initiale des litières (tableau n° 28), nous avons exprimé sur le tableau n° 29 les pertes d'éléments par rapport à la teneur initiale des litières en ces éléments.

Tableau n° 28 : Composition des litières avant décomposition.

Résultats exprimés en pour-cent de litières séchées à 105°C.

	Na	K	Ca	Mg	P	N
Chêne vert	0.04	0.35	1.13	0.13	0.08	1.96
Pin d'Alep	0.01	0.12	1.13	0.19	0.09	0.67

Au bout de 6 mois de décomposition, le sodium et le potassium sont pratiquement lessivés en totalité. Ils sont suivis du magnésium. L'azote et le calcium se libèrent lentement. Quant au phosphore, il y a des différences très prononcées selon les espèces.

Tableau n° 29 : Pourcentage de perte d'éléments lors de la décomposition par rapport à leur teneur initiale.

	Na	K	Ca	Mg	P	N
Chêne vert	95.3	92.2	13.4	51.7	11.4	31.5
Pin d'Alep	100.0	88.1	19.9	60.3	74.8	23.5

Abstraction faite du sodium, nous constatons que les aiguilles de pin d'Alep libèrent plus d'éléments (53.3%) de la quantité initialement présente. Elles sont suivies par les feuilles de chêne vert (40%).

V.3.3. Vitesse de libération des éléments

Les analyses mensuelles des lessivats de litière, dont les résultats sont indiqués sur les figures n° 28 a et b, permettent de suivre la libération des éléments minéraux dans le temps.

Les premiers stades de la décomposition des litières sont caractérisés par l'entraînement de la presque totalité du potassium. Le phénomène est rapide : 50% du potassium initialement présent est libéré après 3 semaines dans le chêne vert et 7 semaines dans le pin d'Alep. Cette lixiviation rapide peut être expliquée par le fait que le potassium se trouve entièrement à l'état de sel minéral soluble dans la cellule végétale.

Le phosphore est aussi entraîné très rapidement (6 à 8 semaines). Après ce laps de temps, la libération devient plus faible. Le magnésium, l'azote et le calcium sont lessivés d'une façon continue durant toute l'expérience. On peut admettre que le magnésium provient en partie de la chlorophylle qui a dû se décomposer, lors du brunissement des feuilles. Une autre partie représente le magnésium hydrosoluble, très important dans les plantes. Le calcium doit aussi correspondre à cette fraction hydrosoluble ; les carbonates et les oxalates de calcium n'ont certainement pas été entraînés par les eaux de lessivage, à moins de réactions acides nées durant la décomposition. Or, à part une ou deux exceptions, le **pH** n'est jamais descendu en dessous de 6.

L'azote, comme le phosphore, a une origine organique. Mais comme sa libération est continue, il est possible qu'il ne provienne pas de la même fraction organique.

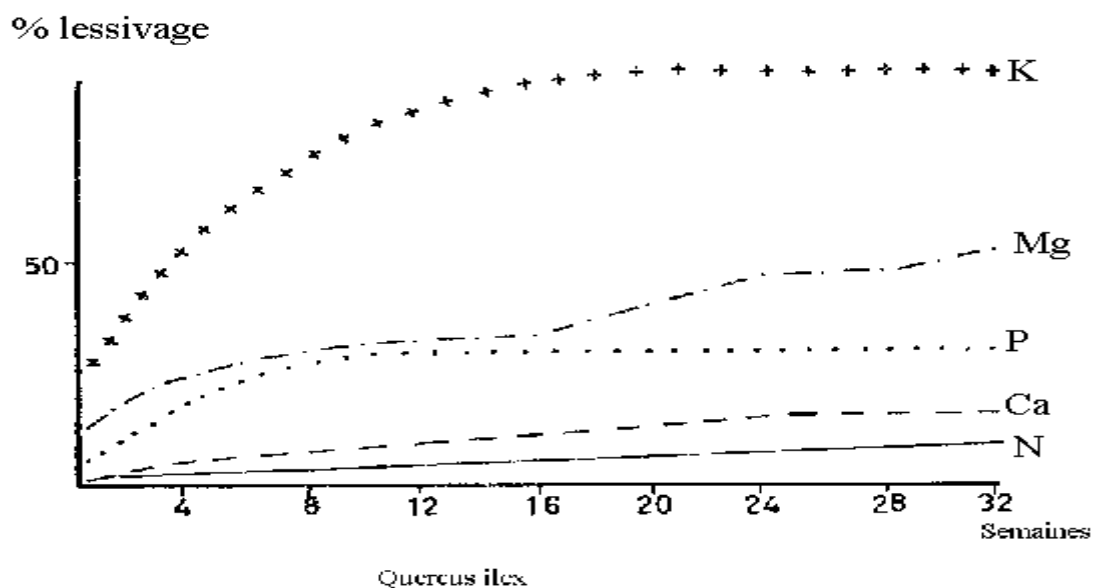


Figure n° 28 a : Libération d'éléments minéraux à partir de la litière en décomposition du chêne vert

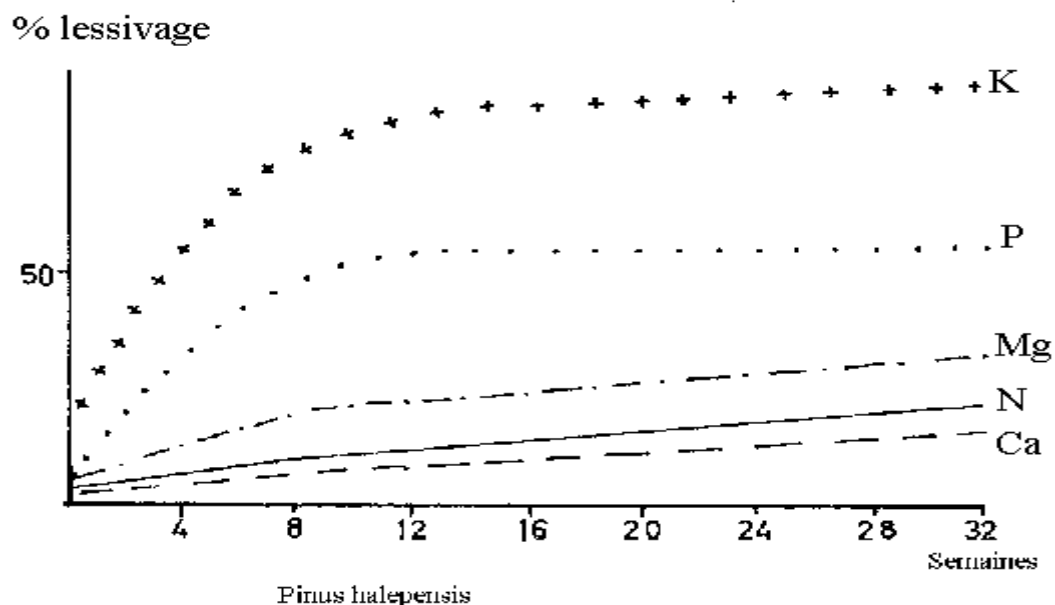


Figure n° 28 b : Libération d'éléments minéraux à partir de la litière en décomposition du pin d'Alep.

VI. CARACTERISTIQUES BIOLOGIQUES

VI.1. LA FAUNE DU SOL SOUS CHENE VERT :

La lecture du tableau n° 30 indique que les acariens sont les plus représentés avec un taux de 54,55% comptant douze (12) familles dont six (06) oribatida, quatre (04) *actinedida* et deux (02) *gamasida*.

Les Myriapodes à un taux de 13,63% sont représentés par trois (03) familles : *Glomeris*, *Polyxenus*, *Scolopendrella*.

Les insectes Aptérygotes sont représentées uniquement par les collemboles (13.63%) dont trois (03) familles : *willemia anophthalma*, *Orchesella*, *Sminthurus*.

Les insectes ptérygotes avec un taux de 18.19% comptent deux (02) familles de Coléoptères (Carabidae, Elatériidae (larves)) et deux autres (02) familles à savoir les Psocoptères et les fourmis.

Enfin, on cite la présence des vers de terre, notamment des Nématodes et des Protozoaires.

VI.2. LA FAUNE DU SOL SOUS PIN D'ALEP

Le tableau n° 30 montre que les Acariens sont les plus représentés avec un taux de présence de 70% regroupant 14 familles dont les *oribatida* (08 familles), les *Actinedida* (02 familles) et les *Gamacida* (04 familles).

Les Myriapodes avec un taux de 10% sont représentés par deux (02) familles : les *Gloremis* et les *Eurypauropus*.

Les insectes Aptérygotes sont représentés par les collemboles (*willemia anophthalma*) et les Diploures (*Japyx*) avec un taux de 10%.

Les insectes Ptérygotes, représentent 10% du total de la pédofaune inventoriée avec deux (02) familles : les *Psocoptères* et les *Staphyliniidae* (larves).

Tableau n° 30 : inventaire de la pédofaune

SOL LA FAUNE	Chêne Vert « <i>Quercus ilex</i> »	Pin d'Alep « <i>Pinus halepensis</i> »
- ACARIEN : *Oribatida	* <i>Oribatulidae</i> * <i>Oribate</i> * <i>Pelopidae</i> * <i>Brachychthoniidae</i> * <i>Ceratozetidae</i> * <i>Galumnidae</i>	* <i>Oribatulidae</i> * <i>Oribate</i> * <i>Brachychthoniidae</i> * <i>Pelopidae</i> * <i>Oppia</i> * <i>Oribate Anthronota</i> * <i>Eulohmaniidae</i> * <i>Beldidae</i>
*Actinedia	* <i>Eupodidae</i> * <i>Anystidae</i> * <i>Alycina Nanorchestidae</i> * <i>Penthalodidae</i>	- * <i>Tydeida</i> * <i>Bdellidae</i>
*Gamasida	* <i>Gamase</i> * <i>Uropode</i>	* <i>Gamase</i> * <i>Uropode</i> * <i>Rhodacaridae</i> * <i>Pergamasus</i>
- INSECTES APTERYGOTES : * Collemboles	* <i>Willemia Anophthalma</i> * <i>Orchesella</i> * <i>Sminthrus</i>	* <i>Willemia Anophthalma</i>
*Diploures		* <i>Japyx</i>
- INSECTES PTERYGOTES : *Coleoptères	* <i>Carabidae</i> * <i>Elateridae (larve)</i>	* <i>Staphyliniidae</i>
*Psocoptéroïdes	* <i>Psocoptères</i>	* <i>Psocoptères</i>
*Hyménoptères	* <i>Fourmis</i>	
- MYRIAPODES *Diplopedes	* <i>Gloméris</i> * <i>Polyxenus</i>	* <i>Glomeris</i>
*Symphyles	* <i>Scolopendrella</i>	
*Pauropodes		* <i>Eurypauropus</i>
- PROTOZOAIRES	* +	* +
- VERS DE TERRE	* +	* -
- NEMATODES.	* +	* +

VI.3. REGIME ALIMENTAIRE DE LA PEDOFAUNE

Les acariens demeurent aussi bien dans les Mull des forêts de chêne vert que dans les mors des forêts de conifères. Selon Bachelier (1978) " les acariens ne mélangent pas les débris végétaux aux éléments minéraux du sol, comme le font la plupart des vers annelés, mais l'entraînement en profondeur de leurs excréments qui aide dans les sols poreux, à l'humification des horizons supérieurs".

Les collemboles ne digèrent pas la cellulose, les hémicelluloses et surtout la lignine, par contre les mycéliums de champignons, fréquemment ingérés, forment une transition entre les tissus végétaux et les tissus animaux (Bödvarsson, 1970)

D'après Poole (1951) « les sols sous forêts de conifères renferment généralement moins de collemboles que les sols sous le chêne vert ».

Bornebush (1980) a fait remarquer que les déjections des myriapodes renferment généralement trois fois moins de matières minérales que les déjections des lombricidés ; ils participeraient donc au mélange des débris organiques avec le sol minéral.

Dans les sols sous forêts, les diplopodes sont assez nombreux dans les mulls, mais généralement rares dans les litières acides sous conifères. Par contre, les chilopodes sont souvent plus nombreux dans les sols sous conifères Bachelier (1978).

Les diploures vivent généralement dans les milieux humides (terre mousse, humus, abris pierreux, grottes, etc.). Ils ont un régime détritiphage et mycétophage, mais pour Kuhnelt (1969) « les diploures se nourrissent également de petites larves d'insectes (larves de diptères) ». Les Japygides (Japyx) sont par contre carnivores. Ils se nourrissent de collemboles et d'Acariens (bachelier, 1978).

La plupart des Nématodes libres se nourrissent de bactéries, des champignons, d'algues, de jus organique au sein des matières organiques en décomposition et des excréments de la faune (Nielsen, 1949).

Les vers de terre se nourrissent essentiellement à partir des débris végétaux plus ou moins décomposés qu'ils ingèrent avec les particules de terre. ARISTOTE, 350 ans avant J.C., les appelait déjà « les intestins de la terre ». Les vers de terre préfèrent mieux la litière, en décomposition, des peuplements du chêne vert que celle des peuplements de pin d'Alep (Vannier, 1970).

ETUDE STATIQUE DES SOLS

CHAPITRE III

SOL FORESTIER SUR CALCAIRE DUR

I. MORPHOLOGIE D'UN SOL SUR CALCAIRE DUR

I.1. Profil type sous le chêne vert

La couche **L**, de 1.5 cm d'épaisseur, est constituée par des feuilles de l'année précédente. La couleur est brune. La couche **F**, de 1 cm d'épaisseur, est formée de feuilles en voie de décomposition. Les débris foliaires sont plus ou moins blanchis et brunifiés.

La faible présence des déchets fécaux des vers de terre et autres larves indique une activité limitée de la pédofaune. Les couches **L** et **F** demeurent présentes sur les lieux avec une faible épaisseur. Elles sont composées essentiellement de feuilles à des stades divers de décomposition avec la présence des boulettes fécales dans la couche **F**.

L'horizon **A₁**, de couleur brun jaunâtre, est caractérisé par une structure grumeleuse friable et une texture argileuse. Il est parcouru par un feutrage de fines racines.

L'horizon **B**, de couleur jaune et d'épaisseur 28 cm, a une structure sub-polyédrique friable et une texture limoneuse fine. Il contient une proportion non négligeable de cailloux.

L'horizon **C**, dalle calcaire.

I.2. Profil type sous le pin d'Alep

La couche **L**, d'épaisseur 2 cm, est composée d'une litière d'aiguilles de pin d'Alep entières ou très peu décomposées. Les aiguilles contiennent, dans certains cas, des déjections d'orbitales et des boulettes fécales de diptères.

La couche **F**, d'épaisseur 1.5 cm, est formée par des aiguilles fragmentées et en voie de décomposition. Elle est composée d'un mélange de boulettes fécales, de couleur noire, de larves diverses et de débris végétaux plus ou moins mélanisés.

La couche **H**, d'épaisseur 1 cm, constituée par des débris végétaux entièrement décomposés et non reconnaissables. Les boulettes fécales sont brunes plutôt que noires.

L'horizon **A₁**, de 0 à 4 cm de profondeur, organo – minéral de couleur noir, structure particulière. Texture argileuse parcourue par de nombreuses racines fines.

L'horizon **A_h**, de 2 à 3 cm, brun foncé. Infiltration de matière organique. Structure sub-grumeleuse. Structure limoneuse.

L'horizon **B**, de 28 cm d'épaisseur, couleur jaune à structure sub-polyédrique peu stable et à texture limoneuse.

L'horizon **C**, dalle calcaire.

II. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

II.1. Granulométrie

La composition granulométrique est presque identique sous le chêne vert et sous le pin d'Alep. L'usage du diagramme des textures selon Jamagne (Guillet et Rouiller, 1979) permet de les classer dans les sablo – limoneux (figure n° 29).

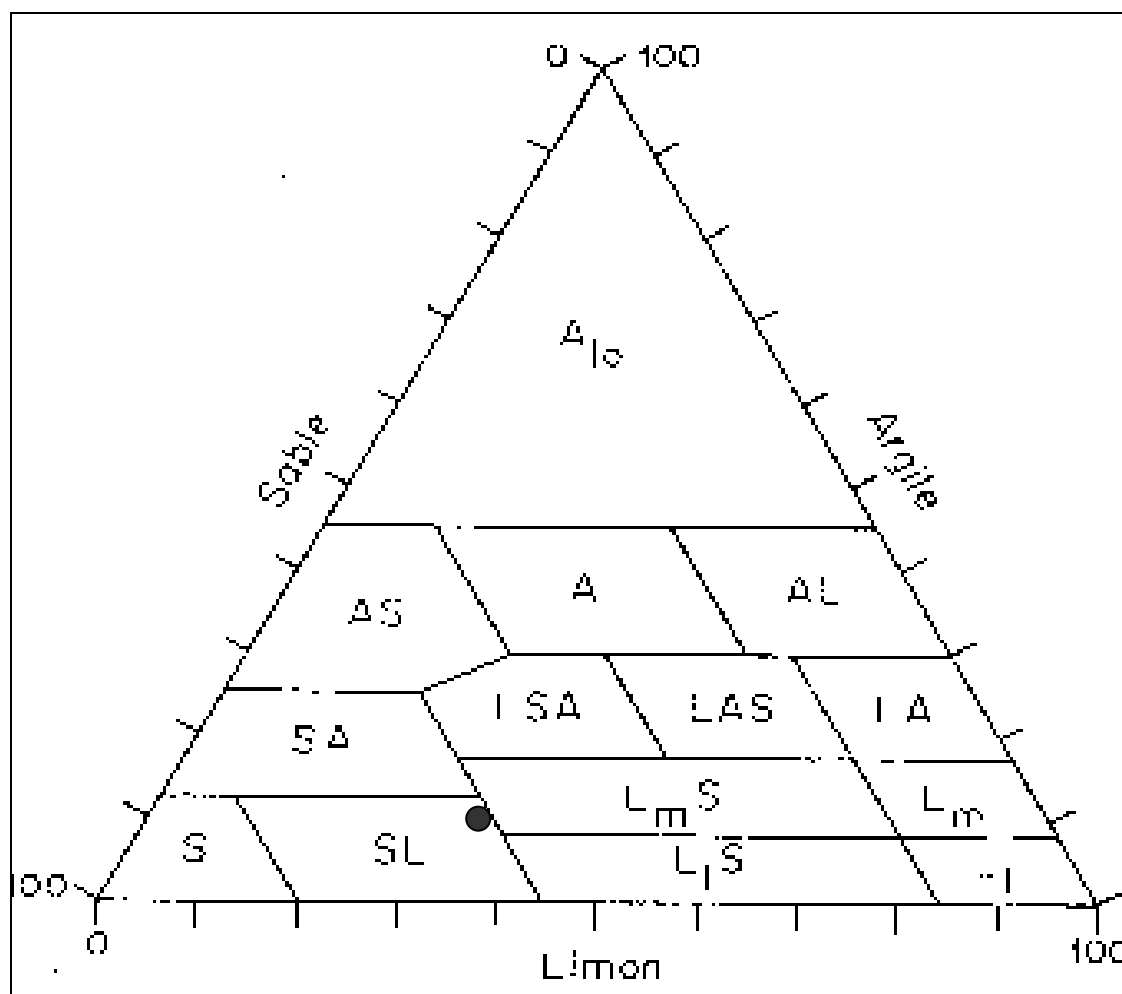


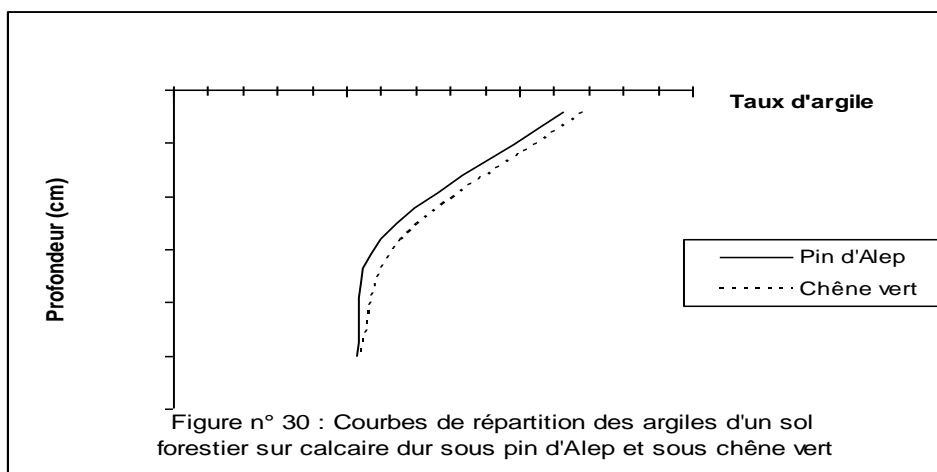
Figure n° 28 : Diagramme des textures selon Jamagne.

Les deux profils types, sous le chêne vert et sous le pin d'Alep, sont homogènes verticalement et semblables horizontalement (tableau n° 31).

Tableau n° 31 : Tableau des fractions granulométriques d'un sol forestier sur calcaire dur.

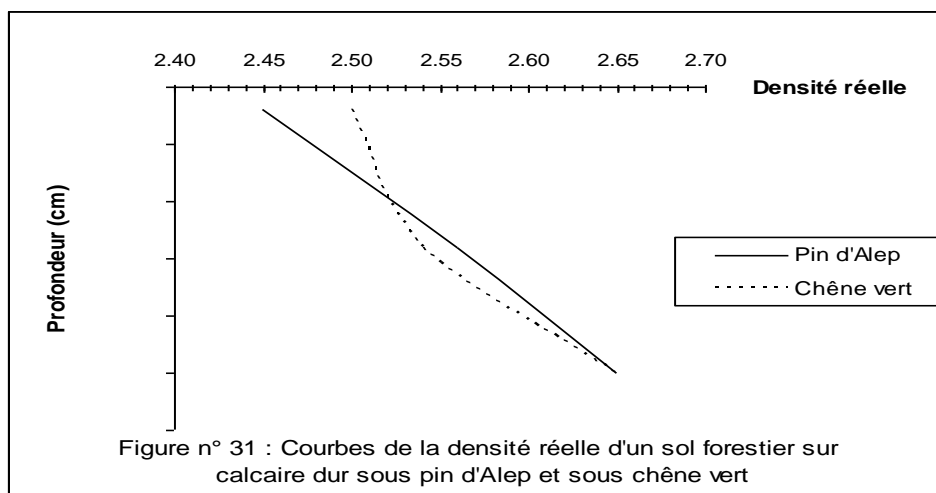
	Pin d'Alep			Chêne vert		
	0 à 4 cm	4 à 28 cm	28 à 50 cm	0 à 4 cm	4 à 28 cm	28 à 50 cm
Argiles	11.26	5.75	5.00	11.85	6.56	5.33
Limons fins	31.90	25.30	26.50	32.74	24.77	27.44
Limons grossiers	2.41	4.43	2.05	5.78	6.74	5.43
Sables fins	14.44	29.46	28.34	16.54	31.54	29.88
Sables grossiers	37.13	31.81	32.75	33.86	28.28	30.78
Granulométrie : total	97.14	96.75	94.64	100.77	97.89	98.86

Le profil de distribution des argiles (figure n° 30) indique une légère augmentation, d'environ 4 %, en surface. La redistribution des argiles est presque identique, en horizon B, sous le pin d'Alep que sous le chêne vert.



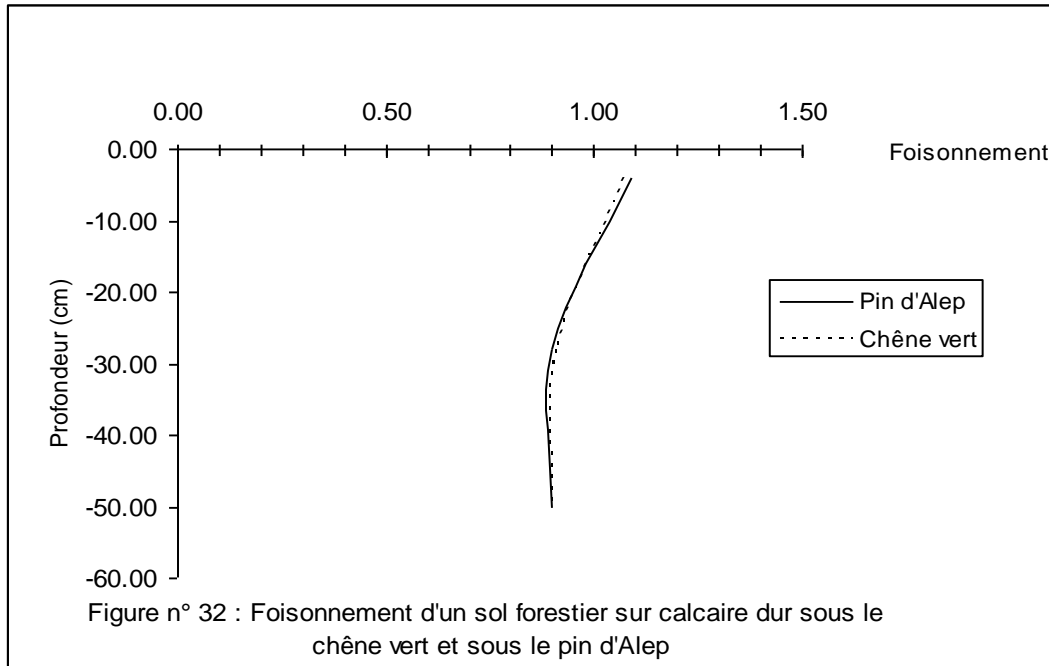
II.2. Densité apparente et foisonnement

Les profils des densités apparentes du sol montrent que la densité apparente est inférieure sous le pin d'Alep, en surface, à celle mesurée sous le chêne vert (figure n° 31). Dans les horizons minéraux, il n'y a plus de différence significative.



Le foisonnement est déterminé par le rapport de la densité apparente calculée à la densité apparente mesurée. Dans la mesure où le rapport des deux densités apparentes est supérieur à l'unité, le foisonnement est bien réel dans le profil pédologique ; dans le cas contraire on parle de tassement.

Les résultats des calculs précisent qu'il y a tassement pour les horizons minéraux du sol sous le chêne vert et sous le pin d'Alep (figure n° 32).



II.3. Caractéristiques hydriques et réserves en eau

La réserve d'eau a été calculée selon la relation

$$R = (CR - HF) \times P \times D'm \quad (\text{Meriaux, 1979})$$

- Où **R** : réserve en mm,
CR : humidité en % à la capacité de rétention,
HF : humidité en % au point de flétrissement,
P : profondeur,
D'm : densité apparente de l'horizon.

Les évaluations de réserves, en mm, par horizon sont regroupées dans le tableau n° 32.

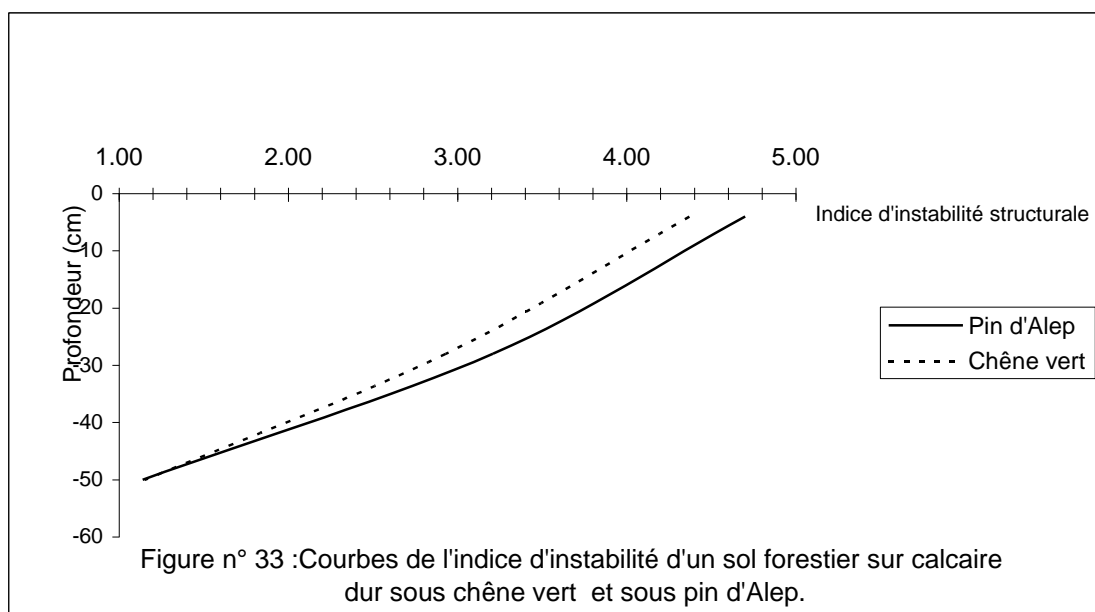
Tableau n° 32 : Evaluation, en mm, des réserves d'eau par horizon d'un sol forestier sur calcaire dur.

Horizons	Chêne vert	Pin d'Alep
0 à 4 cm	45	49
4 à 28 cm	25	24
28 à 50 cm	62	66
Total	132	139

La différence de réserve est équivalente à 05 mm d'eau soit 3.6 % de la réserve totale sous le chêne vert. Cette différence est due à la nature de la matière organique de l'horizon de surface et de l'accumulation de l'argile.

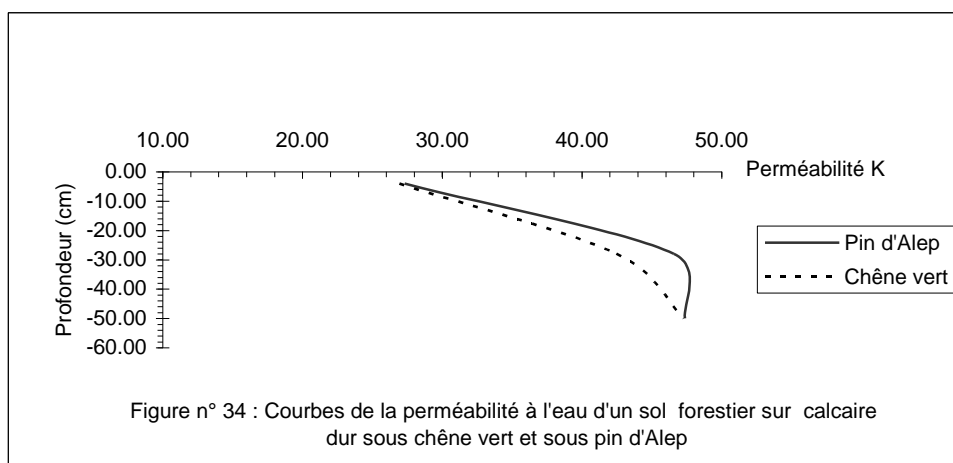
II.4. Stabilité structurale et perméabilité

La figure n° 33 décrit les distributions des valeurs de l'indice de l'instabilité dans le sol.



L'indice de stabilité structurale de Henin et al (1958, 1969) est faible en surface ($I_s = 4.70$). Il diminue avec la profondeur en raison du faible taux de la matière organique.

La perméabilité à l'eau présente une certaine différence non significative, en surface, entre les deux types d'espèces ligneuses (figure n°34) ; au niveau de l'horizon B elle est moins importante sous le chêne vert que sous le pin d'Alep.



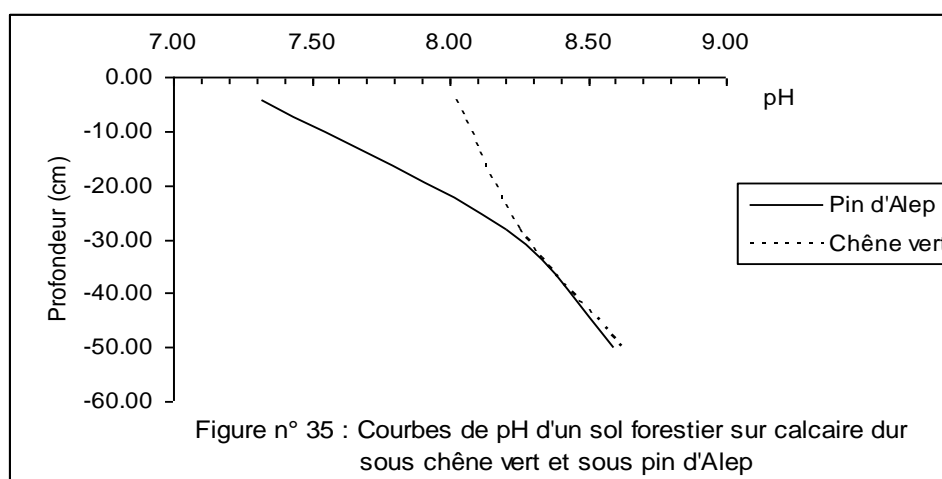
III. CARACTERISTIQUES CHIMIQUES

III. 1. pH

Le pH moyen du sol en surface, sous pin d'Alep, est de 7.32 ± 0.23 ; celui du chêne vert est légèrement alcalin avec 8.02 ± 0.13 .

Les pH varient de 7.32 en surface à 8.62 en profondeur ; celui de l'horizon de surface sous pin d'Alep est inférieur à celui du chêne vert. La comparaison des valeurs de pH ne montre pas de différences majeures dans les horizons minéraux.

La différence de pH du sol entre les peuplements de chêne vert et de pin d'Alep est de l'ordre de 0.70 unité en surface. La figure n° 35 montre une certaine homogénéité en profondeur des profils du pH dans le sol des deux peuplements.



III.2. La capacité d'échange des sols

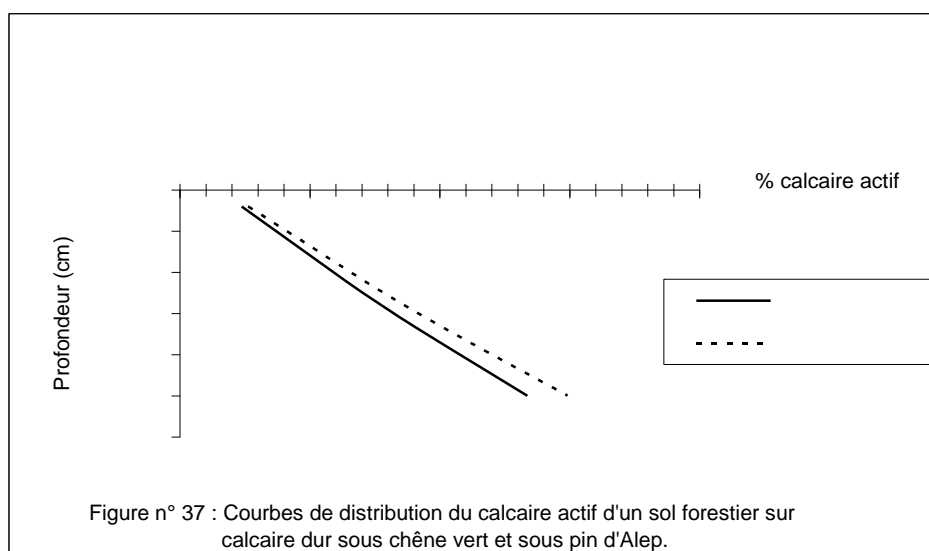
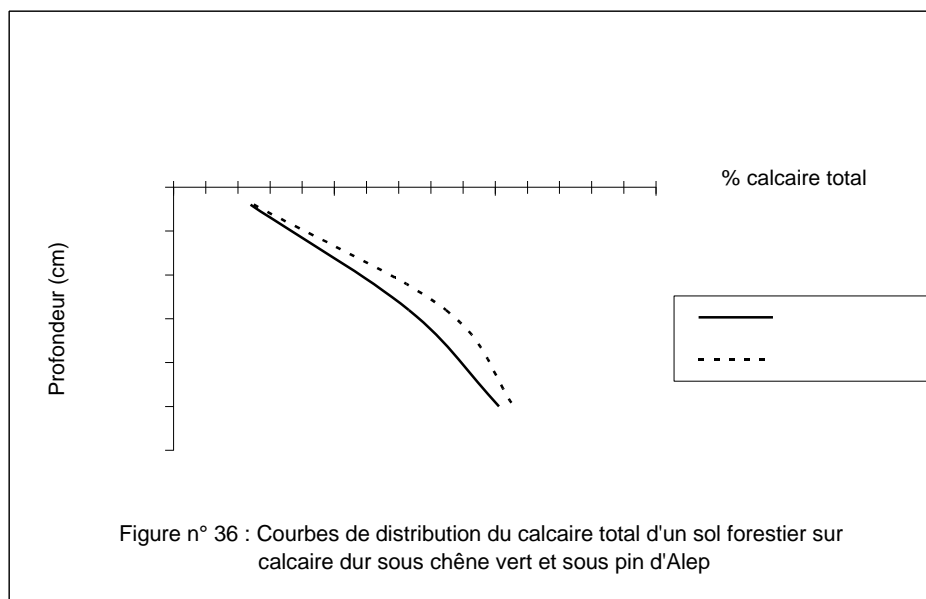
Le sol sur calcaire dur est caractérisé par un taux de saturation du complexe absorbant de 100 %. Ce caractère est attribué à la réserve de calcaire existant à la base

du profil. Cette réserve, partiellement mobilisée par l'activité de la faune endogée du sol, permet la saturation des horizons supérieurs en calcium échangeable.

En conséquence, le taux de saturation qui est fort dans tous les cas (100 %) ne différencie en rien les deux types de peuplements.

III.3. Le calcaire

Le taux de calcaire (actif et total) reste faible dans les horizons de surface ; des quantités appréciables sont à noter en profondeur (figures n° 36 et 37).

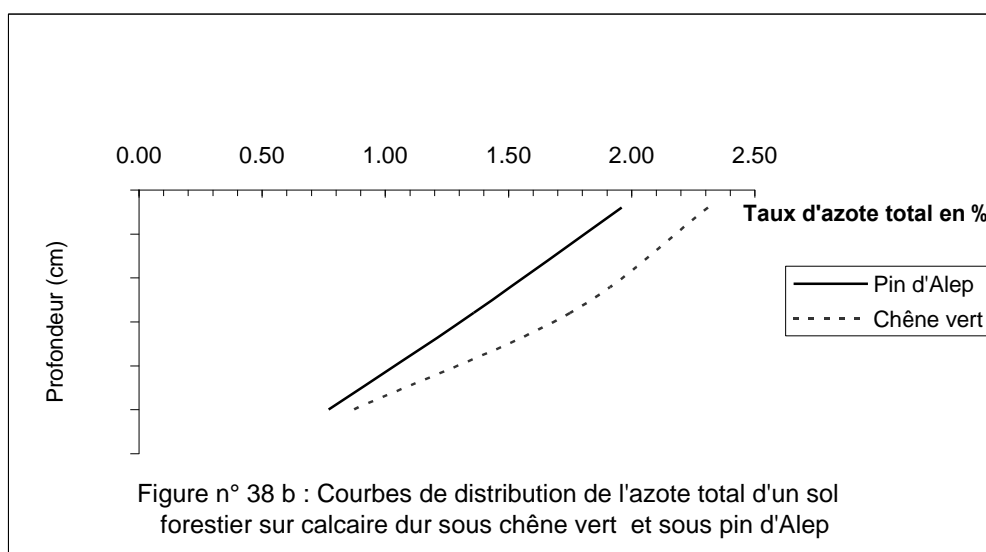
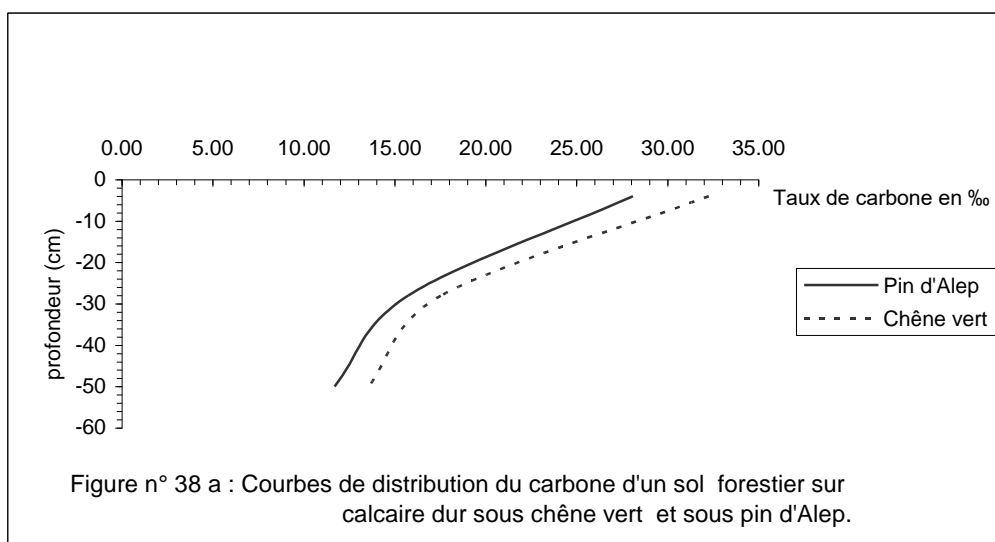


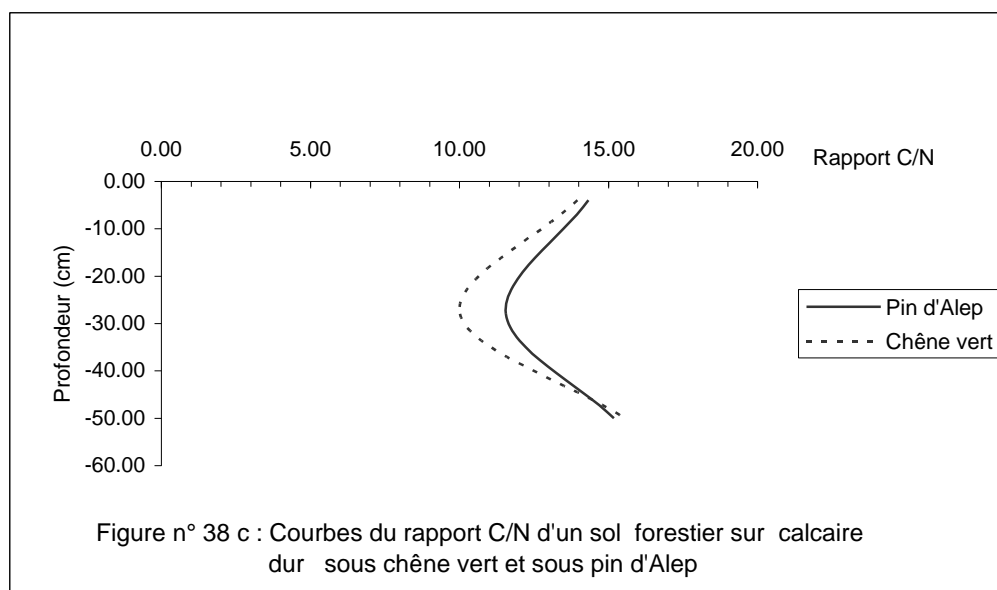
IV. LA MATIERE ORGANIQUE

IV.1. Carbone, azote et rapport C/N

Le carbone (C) et l'azote (N) du sol ont principalement pour origine les retombées de litière et les eaux météoriques.

Les figures n°38 a, b et c donnent la répartition du carbone, de l'azote et du rapport C/N dans les deux profils du sol. En surface, dans les 04 premiers centimètres, les teneurs en carbone (C) et azote (N) sont plus élevées, plus que le double en surface dans l'horizon A₁, sous le pin d'Alep que sous le chêne vert. Les rapports C/N moyens de 13.93 sous le chêne vert et 14.34 sous le pin d'Alep renseignent sur la vitesse de décomposition de la litière sous les deux types d'espèces. Ces différences minimales sont dues à une minéralisation différenciée de la matière organique.





IV.2. Fractionnement des formes du carbone et de l'azote

IV.2.1. Le carbone

Un fractionnement simple du carbone a été effectué pour les différents horizons selon la méthode décrite par Toutain (1974). Le tableau n° 33 donne le résultat de ce fractionnement.

Tableau n° 33 : Fractionnement de la matière organique sous les deux peuplements (le chêne vert & le pin d'Alep).

Horizons	Essences	C%	C/N	Acide fulvique	Acide humique	Humine	AH/AF
A1	Chêne vert	32.24	13.96	12.54	8.63	23.47	0.69
(0 à 4cm)	Pin d'Alep	28.10	14.34	9.07	5.84	20.70	0.64
B	Chêne vert	17.53	10.02	8.72	6.38	18.56	0.73
(4 à 28 cm)	Pin d'Alep	15.73	11.57	6.94	4.35	16.32	0.63

AF : carbone des acides fulviques,

AH : carbone des acides humiques.

L'horizon de surface A₁ et l'horizon B présentent une différence significative entre les deux peuplements. Le rapport AH/AF ne dépasse pas l'unité sous le chêne vert et sous le pin d'Alep. La quantité d'humine résiduelle est légèrement élevée sous le chêne vert par rapport à celle mesurée sous le pin d'Alep.

IV.2.2. L'azote

L'azote total des litières et des horizons organiques du sol a été séparé en trois fractions : azote organique et azote minéral subdivisé en azote ammoniacal et nitrique.

Les résultats exprimés dans le tableau n° 34 montrent que les niveaux en azote minéral sont bas et que pour les deux peuplements il ne représente pas moins de 6% de l'azote total ; cette teneur en azote minéral décroît rapidement avec la profondeur.

Tableau n° 34 : Résultats des moyennes des analyses d'azote minéral en ‰ de terre sèche.

	Essences	N - total	N - NH4	N - NO3	
	Arborées	‰	‰	t	‰
	Chêne vert	4.66	0.59	NS	0.012
Litière	Pin d'Alep	3.10	0.46		0.007
A1	Chêne vert	2.31	0.13	2.43	0.003
(0 à 4 cm)	Pin d'Alep	1.96	0.09	*	0.001
B	Chêne vert	1.75	0.03	NS	0.002
(4 à 28 cm)	Pin d'Alep	1.36	0.02		0.001

t : test de STUDENT-FISHER, NS : non significatif

* : significatif à 5%,

La lecture du tableau n° 34 permet de mettre l'accent sur les différences significatives observées en horizon A₁ pour l'azote nitrique et l'azote ammoniacal.

IV.3. Minéralisation de l'azote

IV.3.1. Coefficient de jenny

Le coefficient de décomposition de Jenny permet de caractériser le mode de décomposition des matériaux organiques accumulés sur le sol et dans le sol. Il se définit par l'équation suivante :

$$KJ = 100 * L / (L + A_0)$$

Où **L** : correspond aux retombées annuelles,

A₀ : poids des horizons holorganiques.

La valeur calculée pour le peuplement de chêne vert est de **18.6** et de **12.5** pour le pin d'Alep. La différence plus ou moins importante souligne une légère décomposition de la litière sous le pin d'Alep.

Cet indice appliqué à l'azote donne respectivement pour le chêne vert et le pin d'Alep des valeurs de **9.2** et **7.9** montrant ainsi une faible minéralisation de l'azote sous les deux types d'espèces.

ETUDE STATIQUE DES SOLS

CHAPITRE IV

RENDZINE SUR ENCROUTEMENT CALCAIRE

I. MORPHOLOGIE D'UN RENDZINE

I.1. Profil type sous chêne vert

La couche **L**, de 1 cm d'épaisseur, est constituée par des feuilles de l'année. La couleur est brune. La couche **F**, moins de 1 cm d'épaisseur, est formée de feuilles en voie de décomposition.

La présence des déchets fécaux des vers de terre et autres larves renseigne sur l'intense activité de la pédofaune. Les couches **L** et **F** demeurent présentes sur les lieux avec de faibles épaisseurs. Elles sont composées essentiellement de feuilles à des stades divers de décomposition avec dominance des boulettes fécales dans la couche **F**.

L'horizon **A**, de couleur noire, est caractérisé par une structure grumeleuse friable et une texture sablo-limoneuse. Il est parcouru par un feutrage de fines racines.

L'horizon **C**, encroûtement calcaire.

I.2. Profil type sous pin d'Alep

La couche **L**, d'épaisseur 2 cm, est composée d'une litière d'aiguilles de pin d'Alep entières ou très peu décomposées. Les aiguilles contiennent, dans certains cas, des déjections d'orbitales et des boulettes fécales de diptères.

La couche **F**, d'épaisseur 1.5 cm, est formée par des aiguilles fragmentées et en voie de décomposition. Elle est composée d'un mélange de boulettes fécales, de couleur noire, de larves diverses et de débris végétaux plus ou moins mélanisés, disposant le matériel en couches successives.

La couche **H**, d'épaisseur 1 cm, constituée par des débris végétaux entièrement décomposés et non reconnaissables. Les boulettes fécales sont noires.

L'horizon **A**, de 20 cm de profondeur, de couleur noire. Structure grumeleuse en surface et particulaire en profondeur. Texture sablo-limoneuse. Nombreuses fines racines.

L'horizon **C**, encroûtement calcaire.

II. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

II.1. Granulométrie

La composition granulométrique est presque identique sous chêne vert et sous pin d'Alep. L'usage du diagramme des textures selon Jamagne (Guillet et Rouiller, 1979) permet de les classer dans les sablo-limoneux (figure n° 39).

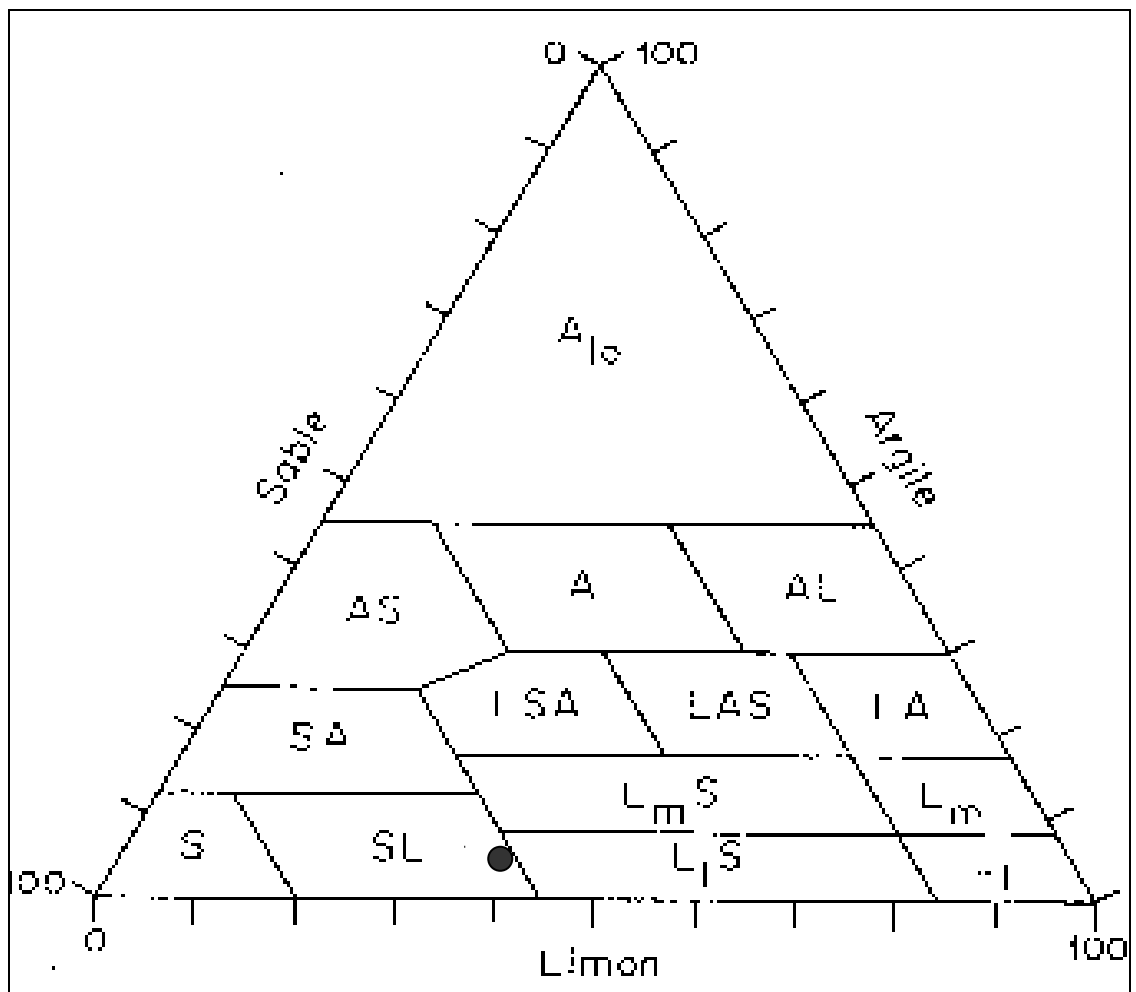


Figure n° 39 : Diagramme des textures selon Jamagne.

Les deux profils types, sous chêne vert et sous pin d'Alep, sont homogènes verticalement et semblables horizontalement (tableau n° 35). La variation verticale est régulière.

Tableau n° 35 : Tableau des fractions granulométriques d'un rendzine forestier sur encroûtement calcaire.

	Pin d'Alep	Chêne vert
	(0 à 20 cm)	(0 à 20 cm)
Argiles	1.95	2.00
Limons fins	37.25	35.24
Limons grossiers	9.26	10.56
Sables fins	19.13	22.18
Sables grossiers	32.15	29.78
Granulométrie : total	99.74	99.76

II.2. Densité apparente, stabilité structurale et foisonnement

Le tableau n° 36 indique des différences insignifiantes entre le pin d'Alep et le chêne vert.

Tableau n°36 : Densité, stabilité structurale et foisonnement d'une rendzine sur encroûtement calcaire sous chêne vert et sous pin d'Alep.

	Pin d'Alep	Chêne vert
Profondeur (cm)	(0 à 20 cm)	(0 à 20 cm)
Densité réelle	2.57	2.56
Densité apparente	2.60	2.59
Indice d'instabilité	8.27	8.57
Foisonnement	1.01	1.01

Dans les deux cas le sol est à la limite du tassement et du foisonnement avec une valeur ne dépassant pas les 1.01.

L'indice de stabilité structurale de Henin et al (1958, 1969) est relativement faible. Il est étroitement lié au taux de la matière organique et au pourcentage des argiles.

III. Caractéristiques hydriques "réserves en eau" et perméabilité

La réserve d'eau a été calculée selon la relation :

$$R = (CR - HF) \times P \times D' m \quad (\text{Meriaux, 1979})$$

- Où **R** : réserve en mm,
CR : humidité en % à la capacité de rétention,
HF : humidité en % au point de flétrissement,
P : profondeur,
D'm : densité apparente de l'horizon.

Les évaluations de réserves, en mm, par horizon sont regroupées dans le tableau n° 37 :

Tableau n° 37 : Evaluations, en mm, des réserves d'eau d'un sol rendzine forestier sur encroûtement calcaire.

Horizons	Chêne vert	Pin d'Alep
0 à 20 cm	65	57
perméabilité	68 %	67 %

La différence de réserve est équivalente à 8 mm d'eau soit 12.31 % de la réserve totale sous chêne vert. Cette différence est due à la nature de la matière organique des horizons de surface et l'accumulation de l'argile au niveau de l'horizon B sous le peuplement pin d'Alep.

La perméabilité à l'eau de l'horizon A unique du sol rendzine sur encroûtement est équivalente entre le chêne vert et le pin d'Alep. Elle est relativement importante en relation avec la fraction granulométrique du type "grossier" du sol.

IV. CARACTERISTIQUES CHIMIQUES

IV. 1. pH

Le pH moyen du sol, sous pin d'Alep, est de 8.28 ± 0.76 ; celui du chêne vert est de 8.38 ± 0.18 .

La comparaison des valeurs de pH ne montre pas de différences majeures ; la différence entre les peuplements chêne vert et pin d'Alep est de l'ordre de 0.10 unité.

IV.2. La capacité d'échange des sols

Le sol rendzine sur encroûtement calcaire est caractérisé par un taux de saturation du complexe absorbant de 100 %. Ce caractère est en relation avec la réserve de calcaire existant dans le profil. Cette réserve, partiellement mobilisée par

l'activité de la faune endogée du sol, permet la saturation de l'horizon unique en calcium échangeable.

En conséquence, le taux de saturation qui est fort dans tous les cas (100 %) ne différencie en rien les deux types de peuplements.

IV.3. Le calcaire

Le taux de calcaire (actif et total) est relativement important dans l'unique horizon A du rendzine sur encroûtement. Les résultats sont consignés dans le tableau n° 38.

Tableau n° 38 : Valeurs des taux de calcaire actif et total d'une rendzine sur encroûtement sous chêne vert et sous pin d'Alep.

Essences arborées	Pin d'Alep	Chêne vert
Horizons	(0 à 20 cm)	(0 à 20 cm)
Calcaire total	8.13	8.17
Calcaire actif	5.11	5.23

V. LA MATIERE ORGANIQUE

V.1. Carbone, Azote et rapport C/N

La répartition du carbone, de l'azote et du rapport C/N dans le sol est résumée dans le tableau n° 39. Les teneurs en carbone (C) et azote (N) sont respectivement différentes entre le pin d'Alep et le chêne vert. Les rapports C/N moyens de 10.61 sous le chêne vert et 12.44 sous le pin d'Alep renseignent sur la vitesse de décomposition de la litière sous les deux types d'espèces. Ces différences quoique minimes sont dues à une minéralisation différenciée de la matière organique.

Tableau n° 39 : Valeurs du carbone total, de l'azote total et du rapport C/N d'une rendzine forestière sur encroûtement calcaire sous chêne vert et sous pin d'Alep

	Essences	C _{total}	N _{total}	C/N
Horizon	Arborées	‰	‰	
A	Chêne vert	19.73	1.86	10.61
(0 à 20 cm)	Pin d'Alep	16.54	1.33	12.44

V.2. Fractionnement des formes du carbone et de l'azote

V.2.1. Le carbone

Le fractionnement simple de la matière organique a abouti aux résultats consignés dans le tableau n° 40.

Tableau n° 40 : Fractionnement de la matière organique.

Essence forestière	Acide fulvique	Acide humique	Humine	AH/AF
Chêne vert	19.59	24.09	32.40	1.23
Pin d'Alep	10.77	6.31	26.70	0.59

La lecture du tableau n° 40 permet de constater que le taux d'humine est plus important que celui des acides fulviques et des acides humiques. Le rapport AH/AF, exprimant le degré de polymérisation, est lié à l'espèce. Contrairement au chêne vert le rapport AH/AF est inférieur à l'unité pour le pin d'Alep.

V.2.2. L'azote

Les résultats du fractionnement de l'azote reportés dans le tableau n° 41 montrent que les niveaux en azote sont très bas pour les deux peuplements.

Tableau n° 41 : Résultats du fractionnement de l'azote.

	Essence	N - total	N -	NH4	N -	NO3
	Arborée	‰	‰	t	‰	t
Horizon A	Chêne vert	1.86	0.04	3.42	0.003	2.39
(0 à 20 cm)	Pin d'Alep	1.23	0.01	**	0.001	*

t : test de STUDENT-FISHER, ** : significatif à 1%
* : significatif à 5%,

La lecture du tableau n° 41 permet de mettre l'accent sur les différences significatives observées pour l'azote nitrique et l'azote ammoniacal. Ces différences sont liées à l'espèce du type feuillu ou résineux (chêne vert ou pin d'Alep). Elles témoignent de lenteur de l'humification en présence du calcaire actif.

VI. Minéralisation de l'azote

VI.1. Coefficient de jenny

Le coefficient de décomposition de Jenny permet de caractériser le mode de décomposition des matériaux organiques accumulés sur le sol et dans le sol. Il se définit par l'équation suivante :

$$KJ = 100 * L / (L + A_0)$$

Où **L** : correspond aux retombées annuelles,

A₀ : poids des horizons holorganiques.

La valeur calculée pour le chêne vert est de **12.36** et de **9.52** pour le pin d'Alep. La différence témoigne de la faible décomposition de la litière sous le pin d'Alep par rapport au chêne vert. Ce dernier bien que soumis aux effets du calcaire sur la minéralisation de la matière organique la décomposition est plus ou moins rapide par rapport aux feuilles du pin d'Alep réduites à leur nervure principale.

Cet indice appliqué à l'azote donne respectivement pour le chêne vert et le pin d'Alep des valeurs de **6.32** et **4.63** montrant un net retard à la minéralisation de l'azote sous les deux types d'espèces.

CHAPITRE.V.

"SYNTHESE EDAPHIQUE"

I. LES DONNEES EDAPHIQUES ACTUELLES DES PEUPEMENTS DE CHENE VERT ET DE PIN D'ALEP DE LA FORET DE KHODIDA

Les peuplements de chêne vert et de pin d'Alep de la forêt de Khodida évoluent sur différents types de sols. Ces derniers subissent des modifications physico-chimiques, au fil des années, générées par la nature de la litière dont les produits de la décomposition et de l'humification s'interagissent avec les particules des sols. Les retombées annuelles engendrent une modification rapide des caractères physico-chimiques du sol provoquant ainsi une évolution progressive ou régressive selon que les produits dérivés de la décomposition de la litière viennent fertiliser ou au contraire dégrader le sol.

Le présent chapitre est une synthèse sur l'étude de l'impact de la litière, issue des peuplements de chêne vert et des peuplements de pin d'Alep, sur les modifications physico-chimiques possibles de différents types de sols. Les résultats obtenus demeurent limités aux seuls types de sols étudiés où évoluent les peuplements de chêne vert et les peuplements de pin d'Alep.

I.1. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

I.1.1. LE SOL SUR MARNE CALCAIRE

Le sol sur marne – calcaire est caractérisé par des modifications selon qu'il s'agit des peuplements de chêne vert ou bien des peuplements de pin d'Alep.

La redistribution des argiles est beaucoup plus importante, en horizon minéral, sous le pin d'Alep que sous le chêne vert. L'horizon de surface accuse une légère augmentation, d'environ 2%.

Le foisonnement se manifeste discrètement au niveau de l'horizon minéral. Il explique ainsi une part importante de la variation des densités apparentes observées dans le profil. En surface, dans l'horizon A₁, le foisonnement est plus ou moins élevé sous le pin d'Alep (1.09) que sous le chêne vert (1.06).

L'indice de stabilité structurale de Henin et al (1958, 1969) est relativement faible en surface ($I_s = 5.70$). Il augmente avec la profondeur ce qui met en péril la stabilité du sol sous les peuplements de pin d'Alep. La décomposition lente de la litière et le faible taux d'incorporation de la matière organique aux particules de sol sont à l'origine de la détérioration de la stabilité structurale.

La perméabilité, au niveau de l'horizon B, est significativement plus importante sous le chêne vert que sous le pin d'Alep. Il se trouve que l'accumulation des argiles est à l'origine de cette perte de perméabilité sous pin d'Alep.

I.1.2. LE SOL SUR CALCAIRE DUR ET SUR RENDZINE

Les deux types de sols, à texture sablo – limoneuse, se différencient par l'accumulation des argiles. Le sol rendzine présente un taux d'argile très faible tandis que le sol sur calcaire dur montre un horizon superficiel beaucoup plus fourni que les horizons inférieurs.

Le sol sur calcaire dur connaît le phénomène de tassement pour les horizons minéraux sous le chêne vert et sous le pin d'Alep. L'horizon de surface est à la limite entre le tassement et le foisonnement comme c'est le cas du sol rendzine avec une valeur du rapport de la densité apparente calculée à la densité apparente mesurée ne dépassant pas les 1.01.

La stabilité structurale, contrairement au sol sur marne calcaire, est relativement bonne. Elle est étroitement liée au taux de la matière organique et au pourcentage des argiles. Elle diminue progressivement avec la profondeur, sans toute fois se détériorer, en raison du faible taux de la matière organique.

La perméabilité à l'eau présente une certaine différence non significative, en surface, entre les deux types d'espèces ligneuses ; au niveau de l'horizon B elle est moins importante sous le chêne vert que sous le pin d'Alep.

I.2. CARACTERISTIQUES CHIMIQUES

I.2.1. LE SOL SUR MARNE CALCAIRE

Les valeurs du pH varient de 6.10 en surface à 7.50 en profondeur ; celui de l'horizon de surface sous le pin d'Alep est inférieur à celui du chêne vert.

La différence des valeurs de pH entre les peuplements de chêne vert et de pin d'Alep est de l'ordre de 1.40 unité en surface.

La capacité d'échange de base augmente toujours de bas en haut dans tous les profils pour atteindre des valeurs de 73.52 sous le chêne vert et seulement de 63.50 sous le pin d'Alep.

La somme des bases échangeables croît également vers le haut mais sans une distinction nette, entre le chêne vert et le pin d'Alep : l'augmentation apparemment moins intense de Mg^{++} et K^+ sous le pin d'Alep est compensée par la plus forte accumulation de Ca^{++} en horizon de surface sous cette végétation.

En conséquence, le taux de saturation qui est fort dans tous les cas a tendance à être légèrement plus fort en surface sous le chêne vert que sous le pin d'Alep.

Le taux de calcaire (actif et total) reste faible dans les différents horizons ; cependant, des différences apparaissent en horizon minéral et sont relativement importantes alors qu'en profondeur (50 cm), elles sont insignifiantes.

I.2.2. LE SOL SUR CALCAIRE DUR ET SUR RENDZINE

Le sol sur calcaire dur, des peuplements de chêne vert, est caractérisé par un pH alcalin avec une valeur moyenne de 8.02 ± 0.13 ; celui des peuplements de pin d'Alep est de l'ordre de 7.32 ± 0.23 .

Les pH varient de 7.32 en surface à 8.62 en profondeur ; celui de l'horizon de surface sous pin d'Alep est inférieur à celui du chêne vert. Les horizons minéraux ne montrent aucune différence majeure dans les valeurs de pH.

Le pH moyen du sol rendzine sur encroûtement calcaire, sous pin d'Alep, est de 8.28 ± 0.76 ; celui sous chêne vert est de 8.38 ± 0.18 .

Les valeurs de pH ne montrent pas de différences majeures ; la différence entre les peuplements de chêne vert et de pin d'Alep est de l'ordre de 0.10 unité.

Les deux types de sol, appartenant à la classe des calcimagnésiques, sont caractérisés par un taux de saturation du complexe absorbant de 100 %. Ce caractère est en relation avec la réserve de calcaire existant dans le profil.

Le taux de saturation qui est fort dans tous les cas (100 %) ne différencie en rien les deux types de peuplements.

Le taux de calcaire (actif et total) reste faible dans les horizons de surface ; des quantités appréciables sont à noter en profondeur.

Le taux de calcaire (actif et total) est relativement important dans l'unique horizon A du rendzine sur encroûtement ; celui du sol sur calcaire dur demeure légèrement faible.

I.3. LA MATIERE ORGANIQUE

I.3.1. LE SOL SUR MARNE CALCAIRE

Les teneurs en carbone (C) et azote (N) sont plus élevées, plus que le double en surface dans l'horizon A₁, sous le pin d'Alep que sous le chêne vert. Les C/N moyens de 14 sous le chêne vert et 24 sous le pin d'Alep caractérisent mieux la différence d'évolution des humus sous les deux types de peuplements. Ces différences sont dues à une minéralisation différenciée de cette matière organique.

L'horizon B ne présente aucune différence significative entre les deux peuplements ; par contre dans l'horizon de surface A₁, les différences sont nettes. Le rapport AH/AF est moins élevé sous le chêne vert que sous le pin d'Alep. La quantité d'humine résiduelle est élevée sous le pin d'Alep ; ceci démontrant, bien qu'encore peu exprimé, une tendance d'évolution biochimique du Mull vers un Moder.

Les niveaux en azote minéral sont bas pour les deux types de peuplement, il représente moins de 2 % de l'azote total, cette teneur en azote minéral décroissant rapidement avec la profondeur.

La teneur en azote nitrique est significativement différente sur tout le profil ; celle de l'azote ammoniacal l'est en horizon B. Ces différences sont liées à l'espèce feuillue ou résineuse.

L'indice de Jenny appliqué à l'azote donne respectivement pour le chêne vert et le pin d'Alep, des valeurs de **16.7** et **4.6** montrant un net retard dans la minéralisation de l'azote sous le pin d'Alep.

1.3.2. LE SOL SUR CALCAIRE DUR ET SUR RENDZINE

Le sol sur calcaire dur est caractérisé par des teneurs élevées en carbone (C) et en azote (N), plus que le double en surface dans l'horizon A₁, sous le pin d'Alep que sous le chêne vert. Les rapports C/N moyens sont respectivement de l'ordre de **13.93** sous le chêne vert et de **14.34** sous le pin d'Alep. Ils renseignent sur la vitesse de décomposition de la litière sous les deux types d'essences. L'horizon de surface A₁ et l'horizon B présentent une différence significative entre les deux peuplements. Le rapport AH/AF ne dépasse pas l'unité sous le chêne vert et sous le pin d'Alep. La quantité d'humine résiduelle est légèrement élevée sous le chêne vert par rapport à celle mesurée sous le pin d'Alep.

Les niveaux en azote minéral sont bas pour les deux peuplements. Il ne représente pas moins de 6% de l'azote total ; cette teneur en azote minéral décroît rapidement avec la profondeur. Les différences sont significatives en horizon A₁ pour l'azote nitrique et l'azote ammoniacal.

L'indice de Jenny appliqué à l'azote donne respectivement pour le chêne vert et le pin d'Alep des valeurs de **9.2** et **7.9** montrant ainsi une faible minéralisation de l'azote sous les deux types d'espèces.

Le sol rendzine sur encroûtement calcaire est caractérisé des rapports C/N moyens de **10.61** sous le chêne vert et de **12.44** sous le pin d'Alep. Ces valeurs renseignent sur la vitesse de décomposition de la litière sous les deux types d'espèces.

Ces différences, quoique minimes, sont dues à une minéralisation différenciée de la matière organique. Le taux d'humine est plus important que celui des acides fulviques et des acides humiques. Le rapport AH/AF, exprimant le degré de polymérisation, est lié à l'espèce. Il dépasse l'unité pour le chêne vert et à peine 0.60 pour le pin d'Alep.

La minéralisation de l'azote présente des différences significatives pour l'azote nitrique et l'azote ammoniacal sous chêne vert et sous pin d'Alep. Ces différences sont liées à l'espèce du type feuillu ou résineux. Elles témoignent de la lenteur de la minéralisation en présence du calcaire actif.

La valeur de l'indice de Jenny est de 12.36 pour le chêne vert et de 9.52 pour le pin d'Alep. La différence témoigne de la faible décomposition de la litière sous le pin d'Alep par rapport au chêne vert. Ce dernier, bien que soumis aux effets du calcaire sur la minéralisation de la matière organique, la décomposition est plus ou moins rapide par rapport aux feuilles en forme d'aiguilles, du pin d'Alep.

Cet indice appliqué à l'azote donne respectivement pour le chêne vert et le pin d'Alep des valeurs de 6.32 et 4.63 montrant un net retard à la minéralisation de l'azote, sous les deux types d'espèces.

II. EVOLUTION DES "SOLS" DE LA FORÊT DE KHODIDA

Les sols de la forêt de Khodida subissent des modifications physico-chimiques sous l'effet de la végétation et les conditions du milieu. La fraction minérale des sols provient de la transformation des roches mères qui subissent la désagrégation physique et l'altération chimique. Ces deux processus sont générés par l'action du climat et les produits dérivés de l'humification de la matière organique.

II.1. Physico-chimie

L'enrésinement des forêts feuillues s'accompagne de modifications plus ou moins rapide du type d'humus (Schwartz, 1981). La nature des minéraux est modifiée dans les horizons de surface (Nyz, 1987). Les modifications biologiques se caractérisent par des changements des populations fauniques (Arpin et al., 1986 ; Ponge et al., 1986). Les éléments échangeables ou assimilables ne baissent pas et c'est la réserve d'éléments totaux qui est affectée, c'est-à-dire la fertilité à long terme. L'origine de la l'acidification du sol, caractérisée par la diminution de la valeur du pH est liée à la qualité de la matière organique (Bonneau et al., 1987). Ainsi les formations végétales secondaires ont une influence essentiellement locale, voire ponctuelle : le développement d'une flore originale – distincte de la végétation climax

– en une station donnée, entraîne une modification plus ou moins importante de la composition du sol et de la pédogenèse par rapport au type de sol zonal.

L'influence des peuplements de pin d'Alep se fait sentir sur les sols marne - calcaire par les modifications physico-chimiques. L'accumulation des argiles et l'augmentation de l'indice de l'instabilité structurale sont les principaux paramètres pouvant renseigner sur l'évolution du sol marne – calcaire sous les peuplements de pin d'Alep.

L'évolution sur marne – calcaire, dépendante du type de végétation, est en général assez rapide ; en raison de la dissolution du carbonate peut libérer en peu de temps une couche assez épaisse d'argile limoneuse (Duchaufour, 1983).

Les sols sur calcaires durs et rendzine sur encroûtement calcaire n'ont subis aucune modification négative sous les peuplements de pin d'Alep. Ces derniers conviennent à ses types de sols, vu leur pH élevé et la présence d'une roche mère calcaire fissuré. Le système racinaire du pin d'Alep parvient à se glisser entre les fragments de la roche mère et conquérir le sous sol. De cette manière, par le biais des échanges de matière et d'énergie, le végétal prélève les éléments minéraux qui lui sont nécessaires et rejette les produits de son activité métabolique. Il découle une modification profonde des conditions physico-chimiques de la rhizosphère, en particulier les activités ioniques et le pH de la solution du sol. Ces actions physico-chimiques de la racine sur son environnement immédiat ont des conséquences évidentes sur l'altération des minéraux et des roches (Robert et Berthelin, 1986).

L'évolution des sols sur calcaires durs ne peut être totalement conduite par l'effet de la végétation. Cette dernière ne joue généralement qu'un faible rôle en tant qu'agent direct de l'évolution des sols, car elle ne peut acidifier ou modifier facilement ce milieu tamponné et biologiquement très stable (Baize, 1971).

II.2. Matière organique

La litière produite par la sylve constitue la source essentielle de la matière organique. Elle subit des transformations d'origine biologique donnant naissance à l'humus. Ce dernier, formé d'un ensemble de composés organiques colloïdaux de couleur foncé, contracte des liaisons plus ou moins stables avec les éléments minéraux du sol (Duchaufour, 1983).

Le phénomène d'humification aboutit différemment selon qu'il s'agit d'une litière de résineux ou de feuillus. La litière des feuillus en se décomposant plus rapidement offre une matière organique plus ou moins complètement incorporée au

sol minéral. Il en résulte un humus du type "mull" forestier à forte décomposition de la litière et une minéralisation secondaire rapide se traduisant par un horizon superficiel peu épais et une structure grumeleuse bien aérées (Duchaufour, 1983). Les sols sur marne calcaire, sous feuillus, développent ce type d'humus. Au contraire les résineux accumulent de la litière sur le sol à cause de l'absence presque complète de l'humification. On assiste à la formation d'un "mor" caractérisé par les composés organiques solubles entraînés par les eaux d'infiltration. Le sol est surmonté d'un horizon holorganique épais de 10 cm subdivisé en trois parties : L (litière), F (couche de fermentation à débris encore visible) et H (couche "humifiée" encore formée d'éléments d'origine végétale non visible à l'œil nu).

Le processus de polymérisation aboutit à la formation des acides fulviques suivis des acides humiques et des humines. Il est surtout physico-chimique (Kassim et al., 1982) où les alcalino-terreux (Ca^{++} , Mg^{++}) sont à l'origine du blocage du processus au niveau des acides fulviques (Wang et al., 1980 ; Moucawi, 1981). Ainsi, en matière d'humification, les sols sur marne calcaire se différencient des sols sur calcaire dur et des rendzines sur encroûtement calcaire. Les fortes proportions du calcaire actif retardent le processus de polymérisation tout en protégeant les produits dérivés contre la biodégradation.

III. FACTEURS EVOLUTIFS DU SOL

La forêt de Khodida subit de profondes modifications causées par des facteurs exogènes et des facteurs endogènes dont la combinaison agit de façon inégale sur les peuplements des feuillus et les peuplements des résineux. Selon que ces deux types de facteurs agissent positivement ou négativement, la dynamique de la sylve se traduit par la diminution voire la disparition de certaines espèces, face à la multiplication envahissante d'autres espèces. Le sol subit en conséquence des modifications physico-chimiques profondes menaçant toute évolution vers un équilibre écologique entre sol et végétation.

La forêt de Khodida évolue sous un climat semi –aride dont la pluviosité est à caractère variable. De fortes quantités de pluies s'abattent en laps de temps causant des dégâts aux sols et à la sylve. Elles génèrent une érosion hydrique faisant déplacer la couche superficielle du sol sans protection et peuvent en présence de vent, causer le phénomène de chablis.

Lorsque la pluie se raréfie de longues périodes sèches s'installent primant tout développement de la végétation ligneuse. Cette dernière subit des stress écophysologiques sévères allant jusqu'à la mort de l'individu sur pied.

III.1. L'ÉROSION HYDRIQUE

L'érosion hydrique est l'une des formes de dégradation dans les zones semi-arides et subhumides.

L'érosion des sols est dramatique puisque les terres agricoles et les forêts sont généralement dépourvues de leurs composantes les plus fertiles.

L'érosion du sol débute par l'enlèvement de particules de terre meuble par l'eau ou le vent. Il s'agit là d'un phénomène naturel, qui peut cependant augmenter dans d'énormes proportions sous l'effet d'interventions humaines dans les zones à pacage intensif.

L'érosion du sol survient lorsque trois conditions sont simultanément réunies :

- 1) la présence d'une pente,
- 2) des conditions de sol favorables
- 3) le ruissellement.

L'érosion hydrique débute par le détachement des particules de sol, se poursuit par leurs transports vers les bas fonds et se termine par la sédimentation.

Les conséquences de l'érosion hydrique sont visibles : diminution de l'épaisseur utile du sol, donc de la profondeur d'enracinement pour les plantes ; déplacement des fines particules de sol et disparition de substances nutritives ; dans des lieux précis, déracinement des plantes et des arbres ; apparition de rigoles et de ravines. Les ravines observées se limitent aux types en "V" et en "U". Elles se manifestent respectivement sur les sols marnes – calcaire et calcaires durs en absence de végétation ligneuse.

Au niveau des zones montagneuses, la destruction de la végétation forestière par les incendies de forêts et les défrichements font que les sols en pente sous de fortes pluies d'hivers s'érodent à une vitesse impressionnante provoquant des dégâts importants (Sabir, 1994).

Cette situation dont l'origine est la surexploitation des ressources rend le processus de remontée biologique difficile (Sari, 1977). Elle est beaucoup plus accentuée par la monoculture des résineux sur des sols à risque de dégradation. La lenteur de la décomposition de leurs litières, en moyenne 10 ans, épuise très rapidement le stock organique du sol. La reconstitution du stock organique ne se fait

pas au moment opportun où le sol en a besoin pour sa stabilité structurale et la nutrition minérale.

Le massif forestier de Télagh est soumis à la double contrainte que lui impose la dégradation accentuée des forêts (incendies, vieillissements ...) et le pacage.

La force de l'érosion que favorisent les pluies méditerranéennes et les pentes se manifeste largement et de manière destructrice dans le massif forestier de Télagh et inscrit ainsi ce dernier, dans les espaces menacés par le déboisement.

La lutte contre l'érosion débute par la maîtrise et le contrôle des ravines. Le ravinement dépend de l'énergie de ruissellement des eaux de pluie et de la nature lithologique des sols. Les fortes pluies engorgent très rapidement les sols et favorisent le ruissellement (Rapp, 1972 ; Mathys, 2000). Ce phénomène est facilité par la nature de la roche mère du sol. Ainsi les marnes sont très vulnérables au ravinement (Roose, 2000).

Le moyen de contrôle du phénomène de ravinement est la défense et la restauration des sols (Hoeblich, 1992). Les travaux se résument dans la réalisation des gradins et des banquettes de différents types. Ils sont fonction de la pente du sol touché par l'érosion. Les gradins, des banquettes de petits formats, sont réalisés sur des sols perméables dont la pente dépasse les 60 %. Ils permettent l'augmentation de la perméabilité et la diminution du transport des particules arrachées aux sols sous l'effet du ruissellement. Les banquettes sont de plusieurs types. Les banquettes à profil normal sont préconisées pour les sols situés sur des pentes de 25 à 40 %. Les banquettes à talus coupé conviennent aux sols dont la pente n'excède pas les 25 %. D'autres types de banquettes sont utilisées sur de faibles et moyennes pentes. Ainsi les banquettes à simple courbure sont conçues pour les sols dont la pente se situe à moins de 20 %. Les banquettes à double courbure sont réalisées sur les sols dont la pente ne dépasse pas 12 %. Enfin les banquettes à triple courbure sont conçues pour réduire le ruissellement des eaux de pluie sur des sols où la pente est inférieure à 5 %.

La lutte contre l'érosion a longtemps utilisé différentes espèces d'arbres, d'arbustes et autres types de végétation. L'érosion du sol peut être réduite de façon importante en établissant rapidement un couvert végétal sur les gradins et les banquettes. Le choix des espèces végétales pour le reboisement des zones menacées par l'érosion hydrique peu être envisagé par la prise en considération des facteurs de la biodégradation de la litière et des conditions de développement. La litière produite par les essences devrait servir à renforcer la stabilité du sol par une bonne

incorporation et augmenter la fertilité. Les espèces feuillues remplissent ces fonctions en produisant plus de litière. Elles constituent une source de nourriture pour les troupeaux et favorisent en mélange avec les résineux la formation d'un excellent humus lorsque les conditions du milieu le permettent.

La monoculture de l'un ou l'autre type d'essence "feuillus & résineux" est à envisager avec prudence. Pour Certains sols "type calcaire", l'enrésinement est possible sans précaution spéciale. L'effet décarbonatant de la litière résineuse pourrait même, à la longue, avoir un effet bénéfique (Bonneau et al., 1979). Pour d'autres sols "marneux" l'enrésinement constitue un risque majeur pour les propriétés physico-chimiques. Le mélange d'essences "feuillues & résineuses" est à préconiser pour tout reboisement. Les proportions entre les deux types d'essences devront répondre aux exigences du sol en matière de stabilité structurale et nutrition minérale (Bonneau, 1978).

III.2. LA SECHERESSE

La variabilité pluviométrique est très importante pour définir la fiabilité des pluies car il y a une grande différence d'impact entre une année sèche isolée et une sécheresse persistante sur cinq, dix ans ou plus. La première est très vite compensée par le retour de la pluie, les autres ont un impact important sur la végétation (Lehouerou, 1992, Djellouli et Daget, 1993).

Le phénomène de sécheresse qui a touché le nord africain, surtout à partir des années 70, n'a pas épargné l'Algérie. En effet, pendant la décennie qui a suivi les années 70, beaucoup d'indices permettaient de soupçonner l'amorce du phénomène de désertification (Kadi, 1992). Pour l'essentiel, on peut énumérer :

- Les perturbations climatiques, notamment la prolongation anormale de la saison sèche, l'irrégularité et la mauvaise distribution des précipitations qui se font par ailleurs très déficitaires ;
- La disparition de certaines espèces végétales ;
- Une régression perceptible du couvert végétal ;
- La généralisation de l'érosion hydrique ;

Ces événements, conjugués à des modes d'exploitation mal adaptés et, dans certains cas, à une surexploitation des ressources naturelles, ont révélé l'existence à partir des années 80, de zones écologiques particulièrement touchées. Les maquis et les forêts au nord et la steppe au sud ont subi de profondes modifications dans leur

cortège floristique. La flore de la steppe est sérieusement perturbée par la concentration des troupeaux et le manque de pluie pouvant assurer la régénération (Hellal, 1996). Les maquis et les forêts sont envahis par des espèces steppiques comme l'alfa et l'armoise blanche (Hellal, 1991). Les espèces pérennes appétibles sont surexploitées par les troupeaux. Leur régénération est compromise par l'insuffisance pluviométrique et le repos végétatif nécessaire au bon démarrage de la croissance.

Les processus pédogénétiques, directement sous l'influence du climat et de la nature de la végétation, se réduisent à des phénomènes d'apport ou d'ablation. La dynamique des éléments solubles dans le sol, dépend étroitement des mouvements de l'eau à travers le profil ; elle dépend donc au premier lieu des précipitations (Pouget, 1980). Les remontées ascendantes ou "compensatrices" surviennent lorsque la sécheresse persiste. Elles permettent de ramener au moins une partie des éléments entraînés vers les horizons de surface. Elles sont occasionnellement de nature physico-chimique ; dans la grande majorité des cas, elles ont une origine biologique (Duchaufour, 1983). La remontée de bicarbonate de calcium s'effectue lors du passage de la saison humide à la saison sèche. Il s'établit alors un courant capillaire ascendant qui provoque une restauration des horizons de surface (Bottner, 1972). Ces derniers se chargent en calcaire actif qui en conséquence retarde l'humification de la matière organique. Les remontées d'origine biologiques résultent de l'action de la pédofaune et de la flore. La remontée des argiles est effectuée par les lombrics qui provoquent ainsi un véritable brassage des horizons. Le dépôt des éléments nutritifs à la surface du sol est assuré par la décomposition de la litière (Juste, 1965). Ils sont progressivement réincorporés au sol par le jeu de l'humification ; lorsqu'il s'agit d'ions alcalino-terreux (Ca^{++} , Mg^{++}), une restauration progressive du complexe absorbant des horizons de surface peut résulter de ce processus (Duchaufour, 1983).

<u>LA VEGETATION</u>	135
<u>CHAPITRE .1. METHODOLOGIE</u>	135
I. METHODES D'ECHANTILLONNAGE	135
II. METHODE D'ANALYSE	137
III. Etat sanitaire des peuplements	138
<u>CHAPITRE. II. LE CORTEGE FLORISTIQUE</u>	140
I. Classes	140
II. Familles, genres et espèces	140
III. Eléments biogéographiques	140
IV. Types biologiques	141
V. Types morphologiques	142
VI. Espèces appétibles	142
<u>CHAPITRE.III. PRESENTATION DE LA VEGETATION</u>	143
I. Principaux types de formations végétales	143
II. Principaux groupements végétaux	146
II.1. Quelques définitions concernant les groupements végétaux et les groupements écologiques	146
II.2. Les principaux groupements végétaux de la forêt de Khodida	147
<u>CHAPITRE. IV. DETERMINATION DES ZONES</u>	150
I. Zone A	151
II. ZONE B	152
III. ZONE C	153
IV. ZONE D	154
V. Distribution spatiale des espèces feuillues et des espèces résineuses à forte densité	155
VI. Discussion	159
VI.1. La notion de peuplements purs	159
VI.2. De la biodiversité à la monoculture	160
VII. Etat phytosanitaire	162

METHODOLOGIE

I. METHODES D'ECHANTILLONNAGE

L'étude de la végétation fait appel à diverses méthodes d'échantillonnage propres au type de problème posé.

Nous avons adopté dans un premier temps, un échantillonnage stratifié utilisant les connaissances déjà acquises sur la végétation et le milieu. Cette méthode largement préconisée permet de scinder le territoire à étudier en zones théoriquement uniformes appelés « strates homogènes ». Elle a aussi l'avantage de réduire la variabilité et l'hétérogénéité de ces strates en évitant leur chevauchement.

Cet échantillonnage est amélioré sur le lieu de travail par une approche plus simple basée sur « une appréciation qualitative personnelle » ou échantillonnage subjectif. Les nombreuses applications de cette méthode en phytosociologie ont suffisamment prouvé son efficacité pour qu'elle soit utilisée sans risque d'erreur.

I.1 Echantillonnage stratifié

Les références de base utilisées pour la stratification de l'échantillonnage sont essentiellement les cartes thématiques.

L'exploitation de la carte topographique au 1/50.000 de Télagh a permis de réaliser la carte hypsométrique, celle des types de pente et celle des expositions.

Ces cartes ont été superposées à celle de la lithologie afin d'obtenir des sous-unités de caractère suffisamment homogène pour les conditions écologiques générales, si ce n'est pour la structure fine de la végétation.

I.1.2 Echantillonnage subjectif

La réserve émise ci-dessus oblige à compléter l'échantillonnage stratifié par une approche plus « qualitative » permettant de saisir la végétation dans ses aspects structuraux et de densité. Ces deux critères n'étaient pas décelables, à priori, par la stratification des caractères écologiques de niveau sectoriel, c'est donc sur place qu'il fallait les identifier.

I.2. RECOLTES DES DONNEES

La récolte de données s'est effectuée dans 113 stations où nous avons réalisé des relevés.

I.2.1 Les données écologiques

Les données écologiques interceptées se réfèrent à l'ouvrage suffisamment instructif qu'est « le code du relevé méthodique de la végétation et du milieu » de Godron et al (1968).

Afin que l'inventaire des caractères écologiques soit exhaustif, nous avons pris en compte successivement trois types de variables.

I.2.2. Les variables analytiques de niveau stationnel

Elles ont été appréciées, soit mesurées à l'aide d'appareils adéquats ; il s'agit de :

- L'altitude
- La pente
- L'exposition
- La position topographique
- Le pourcentage de recouvrement des éléments de la surface du sol
- Le type physionomique
- Les espèces dominantes
- La nature du substrat et certaines de ses propriétés physiques
- Enfin, les variables édaphiques physico-chimiques des sols analysés au laboratoire.

I.2.3 Les variables écologiques de niveau régional

Celles-ci ne sont évidemment pas percevables au niveau stationnel et ne sont réalisables que s'il existe dans la zone d'étude des stations choisies dont les données peuvent être transposées aux relevés.

Les variables les plus importantes dont nous avons fait cas sont :

- La pluviosité moyenne annuelle
- La moyenne des températures minimales du mois le plus froid (m)
- La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud (M)
- L'étage bioclimatique
- La série de végétation

I.2.4 Les données floristiques

Les données floristiques sont saisies suivant un relevé phytosociologique dont le principe consiste à recenser la totalité des espèces existantes « sans préjuger de leur importance ».

L'emplacement du relevé est choisi sur une surface de végétation floristiquement homogène définie par Guinochet (1973) comme «... une surface n'offrant pas d'écarts de composition floristique appréciables entre ses différentes parties » ; ce qui signifie, selon le même auteur, « ... qu'une combinaison originale d'espèces se répète semblablement aux fluctuations aléatoires inévitables près, sur cette surface ».

Dans notre échantillonnage, nous avons choisi une surface de 100 m², ce qui est habituellement admis pour les maquis (Lazereg, 1982) ; nous l'avons généralisée à toutes les

stations, afin de ne pas négliger les espèces de faible fréquence ou rares qui peuvent se révéler significatives à l'interprétation.

Chaque espèce est porteuse d'un indice d'abondance - dominance apprécié sur le lieu d'exécution selon l'échelle de BRAUN-BLANQUET :

5 : Recouvrement supérieur à 75%

4 : Recouvrement de 50 à 57%

3 : Recouvrement de 25 à 50%

2 : Très abondant ou recouvrement supérieur à 5%

1 : Abondant et recouvrement faible ou assez peu abondant avec un plus grand recouvrement

+ : Simplement présent.

II. METHODE D'ANALYSE

Nous avons adopté la méthode phytosociologique classique de l'école Zuricho-Montpellierienne ou école stigmatiste de BRAUN-BLANQUET. Cette méthode de classification, dont le principe est basé sur le rapprochement des relevés floristiques en fonction de la répartition des espèces, permet d'établir le groupement élémentaire de base de la phytosociologie : l'association végétale.

Cependant, l'association apparaissant comme « un complexe essentiellement floristico-écologique », il est nécessaire d'utiliser, pour la définir, des critères floristiques, mais aussi et surtout l'ensemble des caractères écologiques, (Negre, 1950 in Loizel, 1976).

Le concept d'association a suscité de longues discussions dont le terme final conduit Guinochet (1973) à conclure « qu'une association végétale est une combinaison originale d'espèces dont certaines dites caractéristiques, lui sont particulièrement liées, les autres étant qualifiées de campagnes ».

L'association végétale se distingue habituellement par ses espèces caractéristiques ; cette notion a beaucoup évolué depuis sa création. Ainsi, BRAUN-BLANQUET considérait que la seule méthode de classification valable est celle qui fait appel au concept de « caractéristiques exclusives », c'est à dire « d'éléments exclusifs ou à peu près » d'un groupement végétal.

En insistant sur le caractère exclusif des espèces caractéristiques, les auteurs, dont Gounot (1969) soulignait aussi le rôle peu important joué par leur fréquence.

Dans beaucoup de cas, les caractéristiques exclusives peuvent être absentes, il est alors inévitable d'envisager la définition de l'association par des espèces dont la haute présence permet de leur attribuer le qualificatif de « caractéristiques quantitatives ». Ces espèces jouent

un rôle et sont souvent les seules utilisables dans la discrimination des groupements de dégradation.

En l'absence de ces deux catégories d'espèces (caractéristiques exclusives et caractéristiques quantitatives), on préconise l'utilisation de simples « différentielles (Gounot, 1969). Ces espèces non exclusives permettent de séparer entre elles des unités syntaxonomiques voisines, et servent à « accuser l'originalité floristique de l'association végétale » (Guinochet, 1973).

Il existe des règles pour l'adoption des espèces différentielles. Pour certains auteurs, elles doivent être présentes dans au moins 50% des relevés du groupement qu'elles différencient. Cependant Lapraz (1977) retient comme différentielles de groupement des espèces de très faible présence.

La phytosociologie utilise couramment une autre notion celle des caractéristiques transgressives. Ce sont « des espèces caractéristiques qui ont leur optimum de développement dans une association, mais se retrouvent plus ou moins sporadiquement dans les associations voisines » (Loisel, 1976).

III. ETAT SANITAIRE DES PEUPEMENTS

L'objectif de cette étude est d'analyser l'état de la dégradation des peuplements de chêne vert et leurs remplacements par du pin d'Alep. Pour cela nous avons entrepris une étude du milieu par une présentation du bilan hydrique et un inventaire phytosanitaire des zones échantillonnées passant par une esquisse des facteurs anthropiques, à savoir l'incendie et le parcours en forêt.

L'étude de la distribution spatiale du chêne vert (*Quercus ilex.L.*) et du pin d'Alep (*Pinus halepensis. Mill.*) repose sur un échantillonnage systématique. Le dispositif d'étude comporte cinq bandes orientées nord-sud et espacées de 100 m, qui ont pour vocation de rendre compte de la structure moyenne de la forêt (Gounot, 1969).

Dix (10) placettes, choisies à priori sur la base de la physionomie des peuplements feuillus et des peuplements résineux, ont été mises en place pour permettre de suivre l'état phytosanitaire des peuplements. Les paramètres pris en considération peuvent être énumérés comme suit :

- Arbre sain,
- Arbre traumatisé (ébranché et effeuillé),
- Arbre dépérissant.

CHAPITRE. II. LE CORTEGE FLORISTIQUE

Le dépouillement des relevés de végétation de la forêt de Télagh connue sous le nom de Khodida a permis de recenser deux classes, 15 familles et 28 genres et 31 espèces.

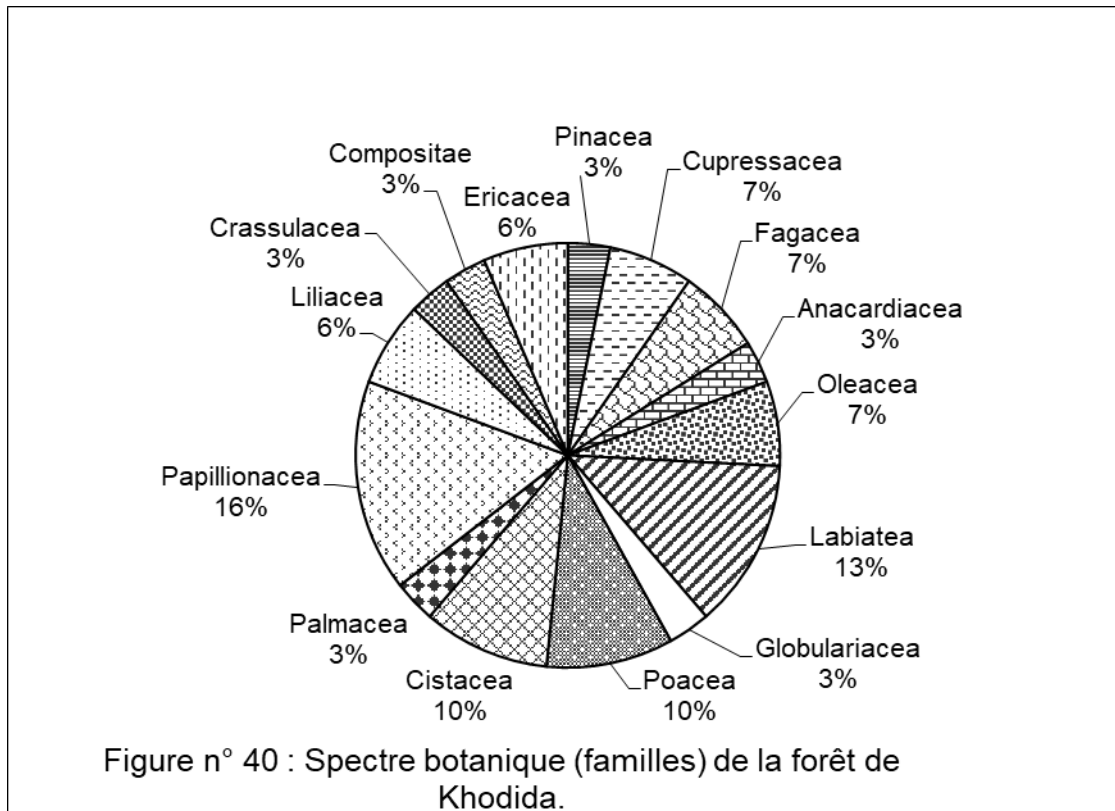
I. CLASSES

1. La classe des monocotylédones : Elle regroupe deux (02) familles représentées par six (06) espèces.
2. La classe des dicotylédones : Elle réunit treize (13) familles avec vingt cinq (25) espèces.

II. FAMILLES, GENRES ET ESPECES

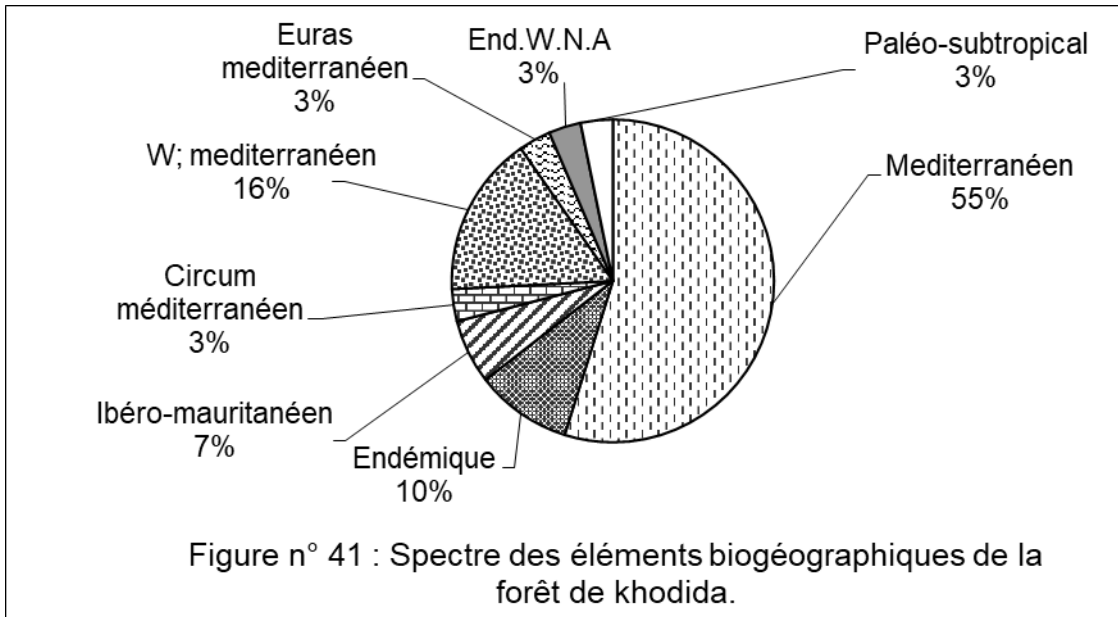
La répartition des genres et des espèces n'est pas homogène entre les familles. Certaines familles ne sont représentées que par une seule espèce tandis que d'autres sont moyennement plus fournies.

Les familles relativement riches en espèces sont les papilionaceae et les labiateae. La représentation graphique (figure n° 40) sous forme de spectre dit "floristique" illustre les différences entre les familles échantillonnées.



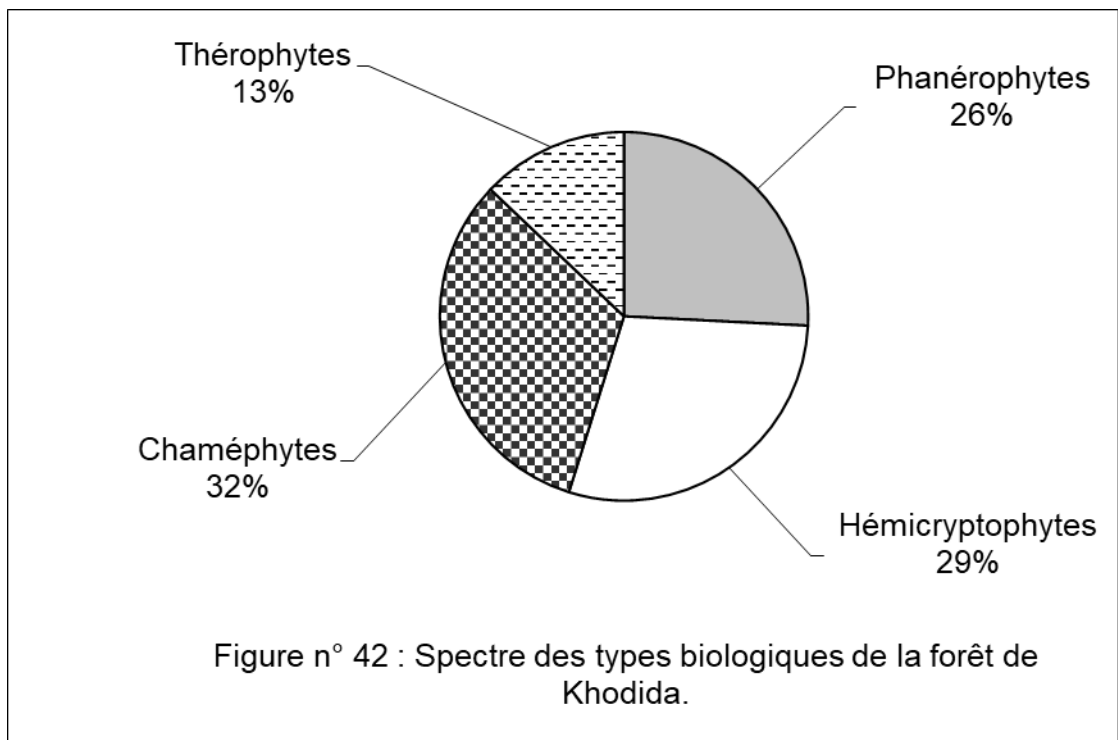
III. ELEMENTS BIOGEOGRAPHIQUES

La distribution des différentes espèces échantillonnées, par élément biogéographique, est hétérogène. La figure n° 41 indique un très fort pourcentage des espèces méditerranéennes.



IV. TYPES BIOLOGIQUES

Les types biologiques échantillonnés sont les phanéropytes, les hémicryptophytes, les chaméphytes et les thérophytes. La figure n° 42 montre que les chaméphytes représentent la majorité des espèces. Les phanéropytes et les hémicryptophytes sont en proportions égales. Les thérophytes sont très peu représentées.

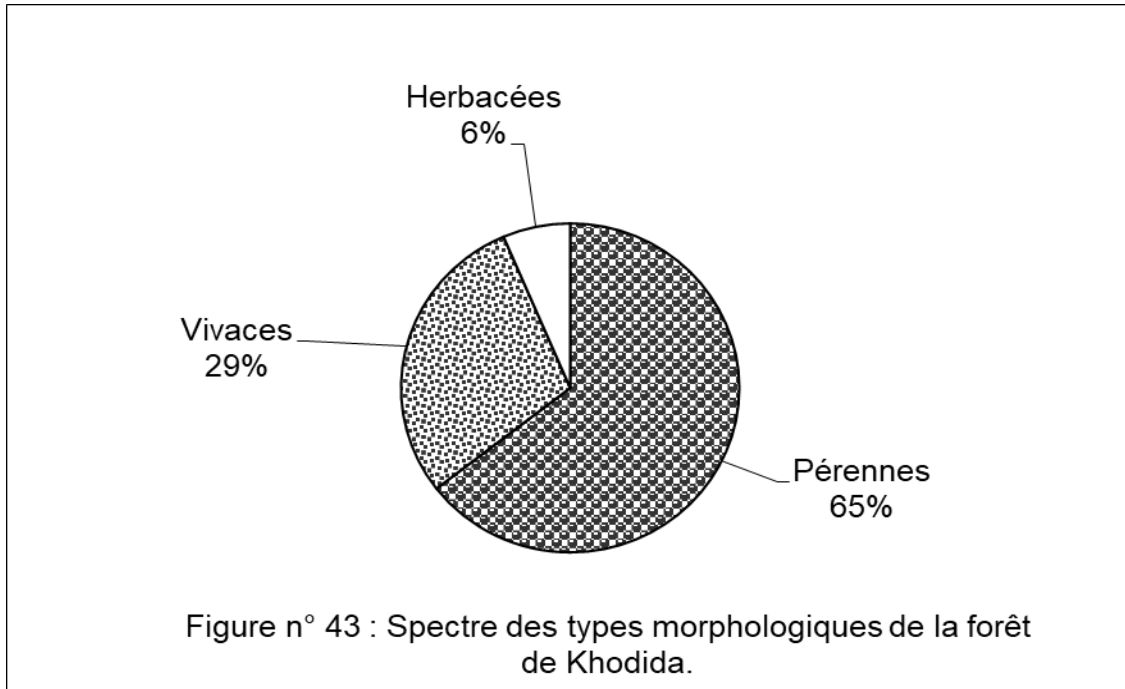


V. TYPES MORPHOLOGIQUES

La végétation de la forêt de Khodida est constituée par des herbacées et des ligneux vivaces. La répartition des espèces végétales, par type morphologique, est disproportionnelle

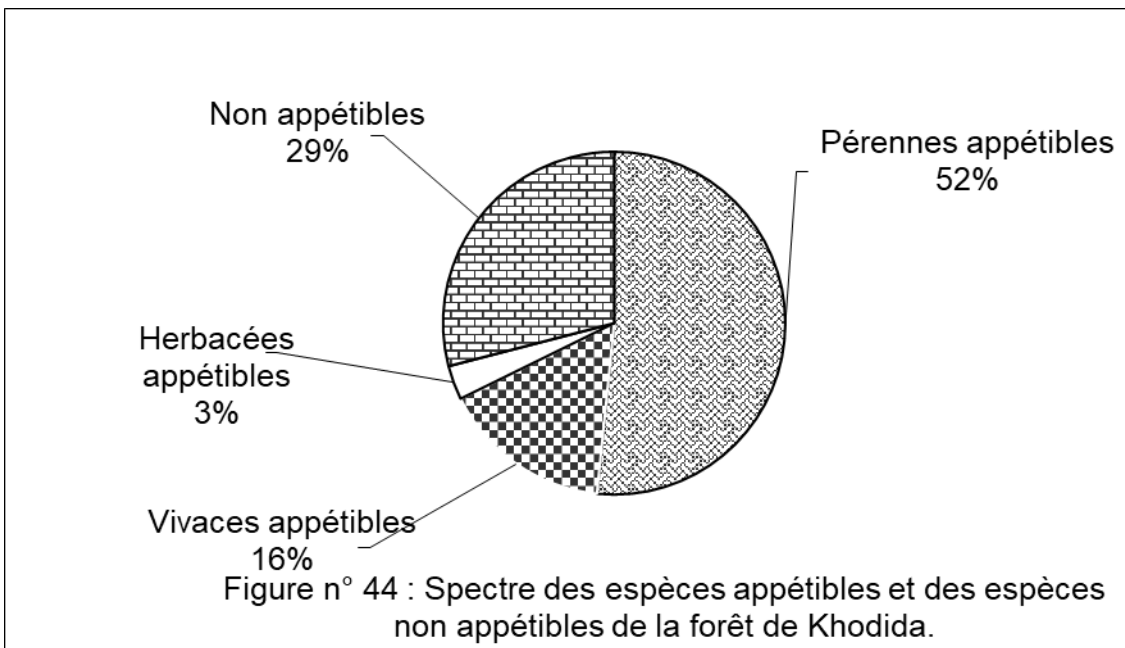
La végétation de Khodida : Le cortège floristique

entre les herbacées et les ligneux. La figure n° 43 indique que la représentativité des ligneux dépasse largement celle des herbacées ; ainsi le taux de recouvrement de la forêt demeure stable, au cours des saisons.



VI. ESPECES APPETIBLES

Les espèces appétibles herbacées et vivaces sont en proportions inégales, les vivaces étant les plus représentées que les herbacées. La figure n° 44 illustre les proportions de chaque catégorie des espèces appétibles.



CHAPITRE.III. PRESENTATION DE LA VEGETATION

I. PRINCIPAUX TYPES DE FORMATIONS VEGETALES

La physionomie et la structure de la végétation servent de base à la définition des principaux types de formations végétales en Afrique du nord (Ionesco et Sauvage, 1962 ; Lehouerou, 1969).

I.1. LA FORET

La forêt plus ou moins dégradée, constitue un ensemble hétérogène comprenant des surfaces dénudées alternées à des surfaces denses : c'est la forêt claire à pin d'Alep (*Pinus halepensis*) et chêne vert (*Quercus ilex*) auxquels s'ajoutent le chêne kermès (*Quercus coccifera*), le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*) et le Thuya (*Tetraclinis articulata*).

La taille des arbres dépasse les 7 mètres de hauteur. Le sous-bois se compose d'arbrisseaux et de chaméphytes variés ; l'alfa (*Stipa tenacissima*) est particulièrement présent dans les clairières en fort pourcentage accompagné du Diss (*Ampelodesmos mauritanicus*). La densité de ce dernier se trouve conditionnée par l'augmentation du taux d'humidité en fonction de l'altitude et l'exposition d'humidité. On distingue trois types de forêts :

1. La forêt dense est une formation fermée dont les arbres forment un couvert complet. La concurrence se fait par les cimes.
2. La forêt trouée : les arbres sont réunis en groupe à l'intérieur desquels la concurrence se fait par les cimes. Entre les groupes la concurrence se fait par les racines. Le couvert est incomplet et irrégulier.
3. La forêt claire dont les arbres sont dispersés et dont la concurrence se fait par les racines. Le couvert est régulier mais incomplet.

L'évolution des sujets formants une forêt passe par cinq (5) étapes :

1-Semis :

Brins issus de semis dont la taille est inférieure à 40 cm.

2-Fourré :

Ensemble des tiges ligneuses issues de graines. Elles sont ramifiées et les branches entrelacées : les brins ont 0,40 à 1, 50 m de haut et de 1 à 2 cm de diamètre.

3-Gaulis :

Jeunes tiges flexibles issues de semis de 2 à 6 m de haut et de faible diamètre entre 2 et 6 cm. Les brins de l'essence précieuse commencent grâce à l'élagage naturel, à se constituer en un houppier et un fut net de branches.

4-Perchis :

Le diamètre est assez important de 6 à 24 cm et l'élagage naturel est intensif. La sélection des brins est soit naturelle, soit guidée par l'homme. A ce stade, la croissance du diamètre (D) est très remarquable et on distingue :

- Le bas perchis : $6 \text{ cm} < D < 12 \text{ cm}$.
- Le perchis : $12 \text{ cm} < D < 18 \text{ cm}$
- Le haut perchis : $D > 40 \text{ cm}$.

5 La futaie :

C'est le dernier stade de l'évolution du peuplement. Les arbres ont acquis leur port et leur forme définitive. L'accroissement en longueur de la tige est ralenti alors que l'accroissement en diamètre est maintenu. C'est durant cette période que l'arbre produit l'importante quantité de graines.

On distingue classiquement trois (03) stades :

- Jeune futaie : $25 < \Phi < 32.5 \text{ cm}$.
- La futaie : $32.5 < \Phi < 40 \text{ cm}$.
- La futaie âgée : les arbres sont mûrs ; le peuplement doit être remplacé

par un peuplement jeune, ce stade est le dernier de l'évolution.

C'est un peuplement forestier issu des semis naturels effectués par l'homme. La futaie s'oppose donc au taillis dont les brins proviennent de rejets et non de graines.

On distingue en forêt deux (2) types de futaie :

- La futaie régulière, en général adaptée à la plaine.
- La futaie jardinière, réservée aux conditions particulières de montagne.

I.2. LE MATORRAL.

Le matorral est une formation de végétaux ligneux (arbustes, arbrisseaux, sous arbrisseaux) n'excédant pas 7 m de hauteur. Leur taille et leur port sont soit naturels, soit artificiels. Ils résultent dans ce dernier cas de traitements dégradants divers (coupes, incendies, pâture).

Le terme de matorral désigne une formation d'origine forestière analogue à une garrigue ou un maquis ; il y subsiste des reliques d'arbustes et d'arbrisseaux tels que le chêne vert (*Quercus ilex*), le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*), le lentisque (*Pistacia lentiscus*), le ciste (*Cistus villosus*) et le romarin (*Rosmarinus tournefortii*). L'alfa (*Stipa tenacissima*) est très abondant et à moitié desséché.

Le mot matorral englobe des formations d'aspect très varié tant par la taille que par la densité et même par la structure. On peut distinguer trois types par la taille :

1. Matorrals élevés dont la hauteur dépasse les 2 m.
2. Matorrals moyens : la hauteur se situe entre 2 m et 60 cm.
3. Matorrals bas : la hauteur est moins de 60 cm.

Par la densité on peut distinguer également trois types :

1. Matorrals denses couvrant plus de 3/4 de la surface.
2. Matorrals troués dont la surface couverte se situe entre 3/4 et 1/2 de la surface totale.
3. Matorrals clairs : la surface couverte se situe entre 1/2 et 1/4.

La structure permet aussi de distinguer quelques cas particuliers :

1. Matorral arboré : il s'agit d'un matorral qui comporte des arbres isolés. Ainsi dans l'étage semi-aride une grande partie des pinèdes de Pin d'Alep est un matorral arboré.
2. Matorral en brosse : formation toujours basse et dense, constituée de végétaux raides mais non spécialement épineux dont les tiges et les feuilles serrées les unes contre les autres sont dressées. On cite l'exemple du Diss (*Ampelodesmos mauritanicus*).

Les matorrals correspondent à une phase de transition dans les séries de dégradation entre les forêts de pin d'Alep (espèce dominante) et les steppes à alfa (Lehouerou, 1969 ; Celles, 1975). Il s'agit toujours d'une formation qui dérive directement ou indirectement d'une forêt. Ils jouent un rôle important dans la conservation des sols contre l'érosion (Quezel, 1979).

I.3. LA GARRIGUE

La garrigue est un matorral moyen troué, donc discontinu, toujours sur sol calcaire (et, par extension, sur sol dolomitique). Ainsi la forêt de chêne vert des étages subhumide et humide donne souvent, par dégradation, une garrigue.

II. PRINCIPAUX GROUPEMENTS VEGETAUX

II.1. QUELQUES DEFINITIONS CONCERNANT LES GROUPEMENTS VEGETAUX ET LES GROUPEMENTS ECOLOGIQUES

La végétation est organisée en groupements et en associations.

Les groupements végétaux constituent « les éléments élémentaires de la végétation définies floristiquement, écologiquement, statistiquement et ordonnées par l'intervention des facteurs du milieu et la concurrence vitale.

Ozenda (1964) définit le groupement végétal comme « un ensemble de plantes réunies dans une même station, par suite d'exigences écologiques identiques ou voisines. La composition floristique en est relativement constante quand on compare entre des stations semblables ». Quant- à Gounot (1969) il le définit comme « une unité abstraite définie par la comparaison statistique d'échantillons concrets que sont les communautés végétales (phytocénoses) ».

La notion de groupes écologiques diffère selon les auteurs : certains insistent davantage sur l'affinité écologique (Ellenberg), d'autre sur l'affinité sociologique (Divignaud).

Lehouerou considère qu'un groupe écologique « est un groupe d'espèces ayant un comportement autoécologique de même type vis-à-vis d'un facteur du milieu (affinité écologique au sens d'Ellenberg et Negre) et présentant entre elles des corrélations positives (affinité sociologique au sens de Divignaud).

Le groupe végétal (= reflet du milieu) et le groupe écologique qui le définissent sont liés aux trois principaux facteurs écologiques ; il y a ainsi des groupes écologiques climatiques, édaphiques et anthropiques.

Chaque espèce végétale reste soumise à l'ensemble des facteurs du milieu, le fait d'appartenir à tel ou tel groupe signifie une plus grande sensibilité à l'un des facteurs ; par exemple le groupe écologique des plantes liées à la présence d'une croûte calcaire se rencontrera uniquement sur les sols encroûtés, mais ces espèces ne seront pas obligatoirement les mêmes pour des bioclimats différents (Pouget, 1980).

II.2. LES PRINCIPAUX GROUPEMENTS VEGETAUX DE LA FORET DE KHODIDA

La flore de Khodida est organisée en peuplements et en groupements végétaux (Figures n° 45 et 46). Ces derniers, déterminés à partir des relevés phytoécologiques, sont au nombre de trois (03) :

II.2.1. GROUPEMENTS DE PIN D'ALEP

- Formation de pin d'Alep et de chêne vert
- Futaie claire de pin d'Alep, chêne vert et de genévrier
- Futaie claire de pin d'Alep avec sous-bois
- Vieille futaie claire de pin d'Alep à sous-bois réduit
- Garrigue à romarin et ciste
- Garrigue à romarin, calicotome et alfa

II.2.2. GROUPEMENTS DE THUYA

Futaie claire de pin d'Alep et thuya

Matorral élevé de thuya et pin d'Alep

Futaie claire de pin d'Alep à sous-bois réduit

Garrigue de chêne kermès et lentisque

II.2.3. GROUPEMENTS DE CHENE VERT

Formation dense de pin d'Alep et de chêne vert

Taillis dense de chêne vert

Futaie claire de pin d'Alep et chêne vert

Futaie claire de chêne vert, chêne kermès et genévrier

Garrigue de chêne vert et chêne kermès

Garrigue de chêne vert, genêt et ciste.

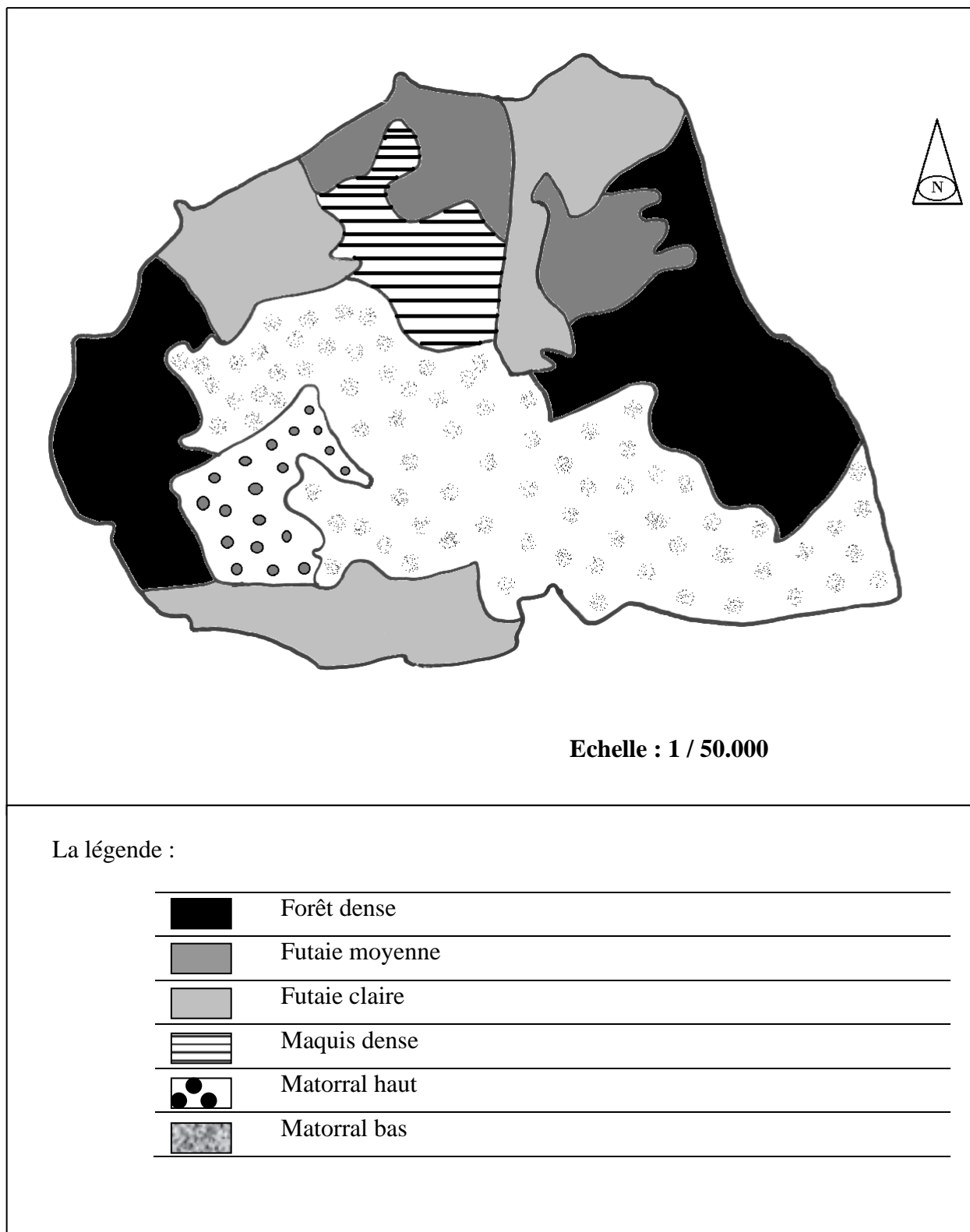


Figure n° 45 : Carte des peuplements végétaux de la forêt de Khodida

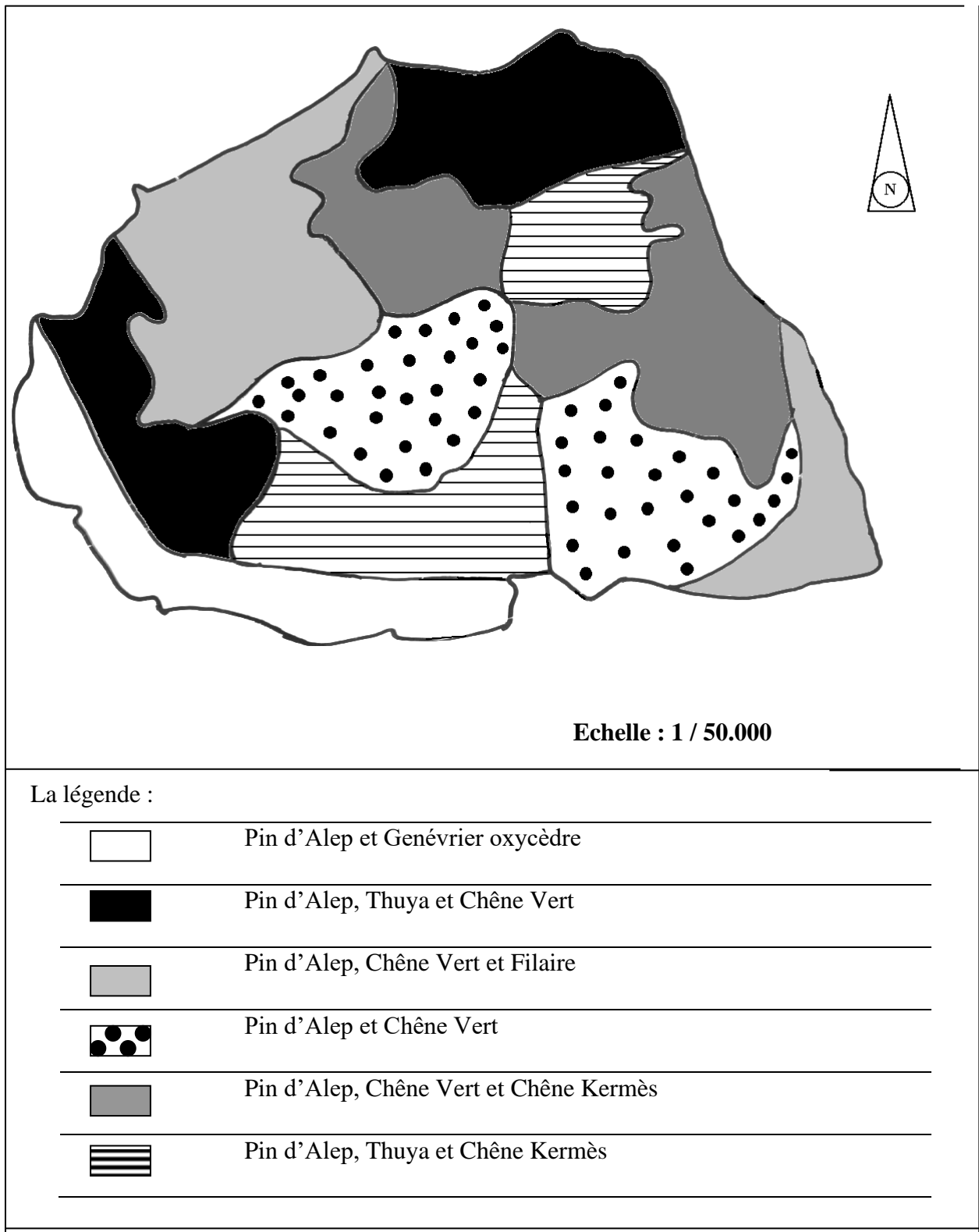
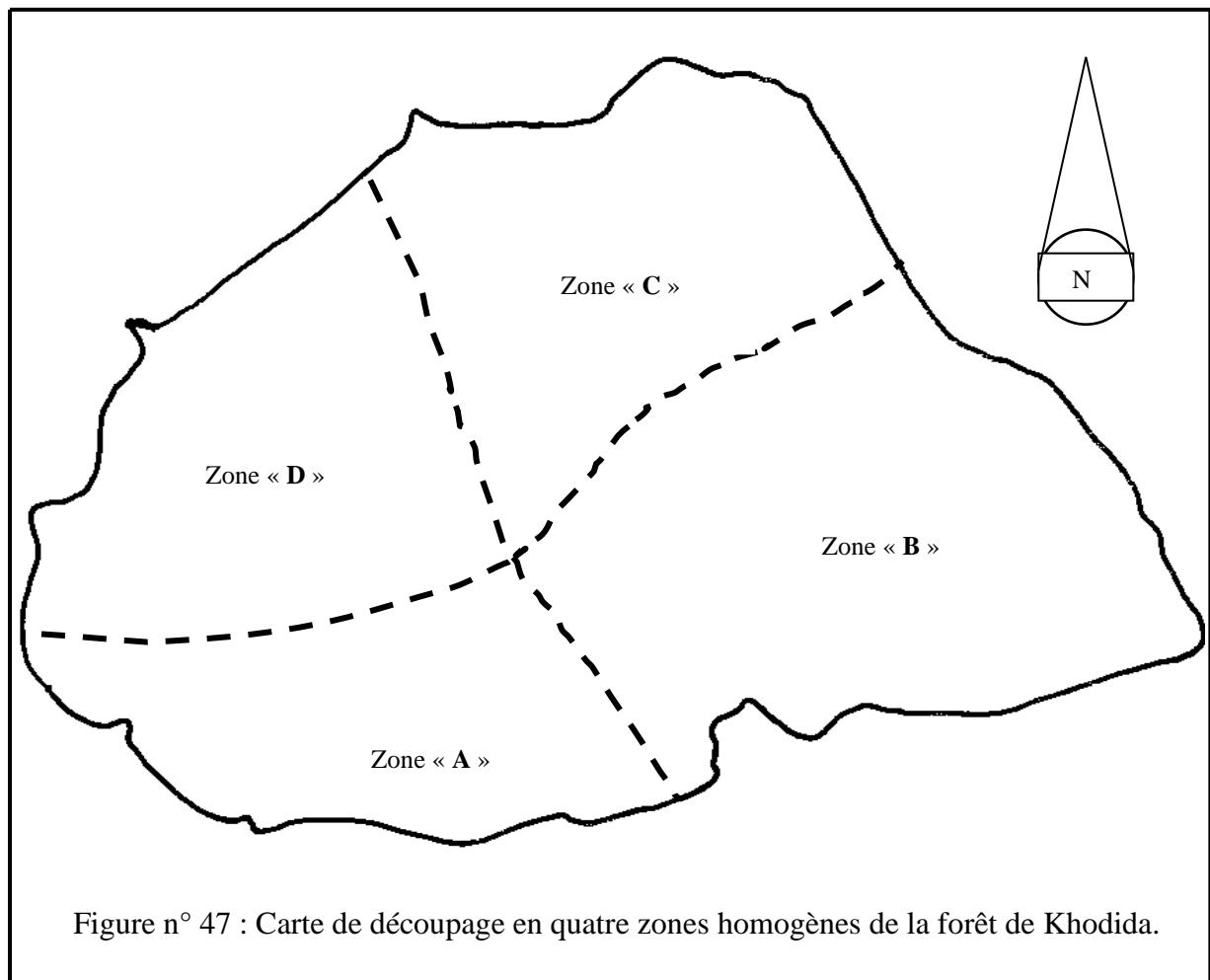


Figure n° 46 : Carte des formations végétales de la forêt de Khodida

CHAPITRE. IV. DETERMINATION DES ZONES

L'analyse des facteurs climatiques, humaines et biologiques influant sur la forêt de Khodida nous ont permis de définir quatre (04) zones qui nous paraissent homogènes (figure n° 47).



Les éléments pris en considération pour déterminer ces zones sont : pente, altitude, exposition, densité, type de végétation et action de l'homme.

Les zones ainsi définies présentent les caractères d'exposition et de surface suivants :

- 🌲 Zone A : Située au Sud-Ouest, occupe 10 % de la surface totale de la forêt.
- 🌲 Zone B : Située au Sud-Est, occupe 22 % de la surface totale de la forêt.
- 🌲 Zone C : Située au Nord-Est, occupe 26 % de la surface totale de la forêt.
- 🌲 Zone D : Située au Nord-Ouest, occupe 34 % de la surface totale de la forêt

Ces zones sont décrites sommairement :

I. ZONE A

I.1. L'EXPOSITION

La végétation est soumise à plusieurs facteurs naturels et artificiels. Dans cette région l'exposition Ouest est plus arrosée que les autres expositions. Celle (exposition) du Nord qui devait recevoir du vent frais chargé de vapeur d'eau issue de la Méditerranée est peu arrosée vu sa situation dans une dépression. La végétation en exposition Ouest est bien venante ; les espèces appétibles comme le chêne vert, le chêne kermès et le lentisque se comportent bien malgré la présence permanente du troupeau dans la forêt.

Dans les autres expositions Sud et Est, elle connaît un retard dans son développement ; ceci s'observe par la disparition du sous-bois et le dessèchement des espèces appétibles.

I.2. LA PENTE

La pente agit activement sur la végétation et sur sa répartition. En basse altitude (923 m) où la pente varie entre 5 et 10% le coefficient de sociabilité oscille entre les valeurs 1 (espèces éparpillées) et 3 (espèces en tâche). Au contraire en haute altitude (1010 m) le coefficient de sociabilité n'est pas très représentatif : le sous-bois épineux est important par contre les arbres et les arbustes sont absents mis à part quelques sujets. Ceci s'explique par l'accentuation de la pente en haute altitude.

I.3. L'ALTITUDE

La distinction des étages de végétation se fait par la différence d'altitude. Cette distinction est fonction de la température, la pluviométrie et notamment les facteurs édaphiques. Au fur et à mesure qu'on s'élève en altitude la température diminue, l'humidité et la pluviométrie (en fonction de l'exposition) augmentent. Dans les dépressions on rencontre du lentisque, le chêne vert, le chêne kermès, la filaire et des espèces craignant les faibles températures et les gelées blanches. Le thuya (*Tetraclinis articulata*) se situe en moyenne altitude. C'est une espèce thermophile qui normalement est éliminée en haute altitude. Elle subsiste malgré la diminution brusque de la température. Le pin d'Alep transite de bas en haut (au stade perchis). Au-dessus de 1000 m il ne dépasse guère 3 m de hauteur et 10 cm de diamètre. C'est une forme de résistance et surtout d'adaptation aux conditions du milieu.

I.4. L'ACTION DE L'HOMME

L'homme « le prédateur inévitable de la forêt » la fréquente de façon permanente avec son troupeau. Ceci est justifiée par les touffes d'alfa et de Diss broutées et parfois incendiées ; les jeunes rameaux cassés où les feuilles n'ont pas échappé aux dents des bêtes, de la soie retenue par le sous-bois épineux, la présence des excréments d'animaux un peu partout et les

arbres penchés. Les coupes illicites, se répètent d'une placette à une autre, intéressent les sujets successeurs du stade futaie.

Face à ces actions néfastes certaines sous-zones se comportent bien. Elles sont au stade futaie. On distingue deux sous zones : la première est située en exposition Sud-Ouest à une altitude de 920 m et la seconde en exposition Nord-Ouest à une altitude de 980 m.

I.5. ACTION DU TROUPEAU

C'est une zone de lisière à proximité de terrains agricoles par conséquent sujette au parcours en permanence. La strate arborescente est constituée d'espèces à faible densité tandis que la strate arbustive est diversifiée mais les espèces ne sont que représentées.

La strate buissonnante est composée essentiellement d'espèces sans grand intérêt pour les herbivores car le parcours est très intense et toutes les espèces appétibles sont broutées ; seuls quelques vestiges demeurent et se maintiennent difficilement.

II. ZONE B

II.1. L'EXPOSITION

Le comportement de la végétation en exposition Nord Nord-Est est meilleur que les autres expositions. Le pourcentage de recouvrement le justifie (40 à 60 %). En exposition Sud Sud-Est le cortège floristique connaît un déséquilibre : disparition de quelques espèces, le phénomène de dessèchement intéresse la strate buissonnante et l'élagage est moins important.

II.2. LA PENTE

La pente, facteur de déclenchement de l'érosion, n'est pas très importante dans cette zone. Elle varie de 1 à 20 %. La végétation est très fournie en faible pente, devenant de moins en moins importante en forte pente. Dans les endroits accidentés et dénudés elle joue au profit de l'érosion (charge caillouteuse très importante à la surface du sol).

II.3. L'ALTITUDE

L'altitude et la pente influent de la même façon sur le pourcentage de recouvrement de la végétation. A partir de 960 m un grand nombre d'espèces sont éliminées, d'autres sont éparses. Elle (*Stipa tenacissima*. L.) est très bien représentée en basse altitude, même jusqu'à 950 m par contre elle devient de plus en plus rare à partir de 980 m. C'est le même cas que la filaire qui est complètement éliminée en haute altitude (960 m et plus). Le calycotum est rencontrée à 980 m et occupe une part importante dans tous les relevés.

II.4. L'ACTION DE L'HOMME

Les coupes illicites sont très importantes dans cette zone. Elles sont généralement localisées sur des sols accidentés et très légers. L'arbre est coupé à 70 cm de sa base avec une hache mal affûtée. Elles laissent derrière elle des surfaces à sous-bois épineux et à moitié

nues. L'exploitation mécanisée a aussi participé au désastre. Les coupes rases n'ont même pas épargné le sous-bois et les portes graines ont été éliminés. En conséquence la régénération naturelle n'est observable après exploitation qu'après plusieurs années.

II.5. ACTION DU TROUPEAU

Zone à végétation arborescente bien venante ayant permis le développement d'espèces secondaires constituant le sous-bois avec des espèces appétibles. La composition de la végétation et sa diversification sont à l'origine de la forte présence du parcours. Ce dernier de par sa remarquable intensité est à l'origine de la disparition presque totale des espèces secondaires feuillues et de la multiplication des espèces épineuses indésirables.

III. ZONE C

III.1. L'EXPOSITION

L'effet de l'exposition sur le développement de la végétation est remarquable dans cette zone. En exposition Nord Nord-Est la végétation est bien venante. Le pin d'Alep et le thuya dépassent les 6 m de hauteur et les 7.5 cm de diamètre. Les jeunes pousses du chêne vert, chêne kermès et du lentisque atteignent en moyenne 4,5 cm en début du mois de mai. Les autres expositions telles que Sud Sud-Est, Sud - Ouest n'offrent aucun avantage au développement de la végétation. Les principales espèces comme le pin d'Alep, et le thuya transitent entre le stade gaulis et le stade perchis sans toutefois atteindre le stade futaie (exception faite pour quelques sujets pas trop nombreux occupant les dépressions).

III.2. LA PENTE

Cette zone se distingue des autres par une pente très forte pouvant atteindre 35 à 40% en haute altitude. Le sol est très accidenté. La roche mère est à quelques centimètres de la surface (la présence de Sedum est un indice).

La végétation est très sensible à la variation de la pente surtout que le sol est très léger reposant sur des blocs de gré. Le coefficient de sociabilité diminue au fur et à mesure que la pente prenne de la valeur. Les signes d'érosion sont très fréquents d'un endroit à un autre, ce qui a entraîné la formation d'un sol alluvion en basse altitude (surtout dans les cuvettes).

III.3. L'ALTITUDE

L'altitude maximale est de 1041 m. A cette altitude, en exposition Nord le pin d'Alep, la seule espèce existante, ne dépasse guère les 6 m de hauteur. Le coefficient de sociabilité est moyennement important à une altitude pareille. Un grand nombre d'espèces sont éliminées, parfois sont mal représentées à partir de 980 m. En exposition Nord le chêne vert et le lentisque subsistent à une altitude de 970 m.

III.4. L'ACTION DE L'HOMME ET DU TROUPEAU

Le parcours et les coupes illicites sont très répandus dans cette zone. Le nombre de coupes illicites et d'arbres penchés est très élevé. Dans le cadre de repeuplement des surfaces dénudées la méthode de banquette a été envisagée et réalisée il y a quelques années. Un grand nombre de sujets est au stade gaulis suivis du stade perchis. Un procédé a favorisé la manifestation des phénomènes érosifs par suite de la disparition de la strate buissonnante.

IV. ZONE D

IV.1. L'EXPOSITION

La végétation en exposition Ouest sud-Ouest, Ouest Nord-Ouest et Nord Nord-Ouest, Nord Nord-Est est bien venante. Le démarrage végétatif des espèces appétibles est remarquable (la taille des jeunes pousses se situe entre 5 et 7 cm en mi-mai).

Les sols nus sont très rares dans cette zone. Ils sont généralement couverts de sous-bois épineux à base de calycotum. Ce dernier est à moitié desséché en exposition sud et Est.

IV.2. LA PENTE

Elle est assez forte dans cette zone comparée aux zones précédentes. Le pourcentage de recouvrement est régulier d'une placette à une autre. Le sol est protégé par la forte abondance - dominance du calycotum. Les changements brusques de la pente agissent brutalement sur les espèces arborescentes et arbustives : la légèreté du sol est par suite de l'accentuation de la pente défavorise l'installation des espèces arbustives à racines très développées.

IV.3. L'ALTITUDE

Cette zone est caractérisée par les variations brusques de l'altitude (850 à 1061 m). En basse altitude le cortège floristique est très varié, devenant de moins en moins important en moyenne et basse altitude. L'alfa et le romarin ne dépassent guère les 1000 m d'altitude. Le thuya, le chêne vert le chêne kermès et le lentisque se développent normalement à 948 m.

IV.4. L'ACTION DE L'HOMME ET DU PARCOURS

En dehors du parcours et des coupes illicites, cette zone connaît un autre facteur peu dégradant : l'exploitation mécanisée. A faible densité la forêt se reconstitue et atteint le stade gaulis évoluant difficilement sous l'action conjuguée de l'homme et de l'animal. La végétation de cette zone est à un stade assez avancé où seules quelques espèces épineuses se maintiennent.

V. DISTRIBUTION SPATIALE DES ESPECES FEUILLUES ET DES ESPECES RESINEUSES A FORTE DENSITE

Le dépouillement des relevés de la végétation s'est basé sur la combinaison de la forte densité des espèces pérennes aux facteurs topographiques ; à savoir : l'altitude, la pente et l'exposition. Les résultats obtenus sont exposés par type d'espèce « feuillues ou résineuses ».

V.1. LES ESPECES FEUILLUES

Les espèces feuillues peuplant la forêt de Khodida peuvent être énumérées comme suit : le chêne vert (*Quercus ilex*, L.), le chêne kermès (*Quercus coccifera*, L.), la filaire (*Phillyrea media*, L.) et le lentisque (*Pistacia lentiscus*, L.). Elles sont réparties dans les trois strates habituellement distinguées par les écologistes et les forestiers. La position altitudinale est présentée sous forme de nuage de points (figure n° 48).

V.1.1. STRATE ARBORESCENTE

La strate arborescente est quasiment absente dans les trois zones échantillonnées. Elle n'a pu être identifiée qu'en zone « C ». Elle est représentée par le chêne vert, le chêne kermès et la filaire. Ces différentes espèces feuillues sont localisées entre 904 et 980 m d'altitude. Le chêne vert et le chêne kermès sont situés sur une pente moyenne de 7% à exposition Nord – Ouest. La filaire, par contre, s'est maintenue particulièrement sur une pente de 1% à exposition Est.

V.1.2. STRATE ARBUSTIVE

La strate arbustive des feuillus est également représentée par le chêne vert, le chêne kermès et la filaire. Les feuillus sclérophylles sont bien représentés dans un intervalle d'altitude allant de 880 m à 950 m avec une pente moyenne de 7% en exposition Ouest et Nord - Ouest. La filaire est bien venante entre 900 m et 920 m d'altitude où la pente varie de 2% à 7% en exposition Ouest, Nord et Nord - Est.

V.1.3. STRATE BUISSONNANTE

La strate buissonnante, issue de la régénération, est peuplée, en plus des espèces feuillues identifiées précédemment dans les strates arborescentes et arbustives, par le lentisque (*Pistacia lentiscus*, L.). Le chêne vert est très limité dans sa distribution spatiale. Il n'occupe que la zone « A » à une altitude de 910 m sur une pente de 2% en exposition Nord - Est. Le chêne kermès, par contre, est très bien réparti à travers les trois zones échantillonnées. Il est situé à une altitude moyenne de 950 m sur une pente de 4% en exposition Sud – Ouest, Est et Ouest. La filaire s'est maintenue à une altitude allant de 920 m à 935 m sur une pente de 4% à 10% en exposition Nord, Nord – Ouest et Est.

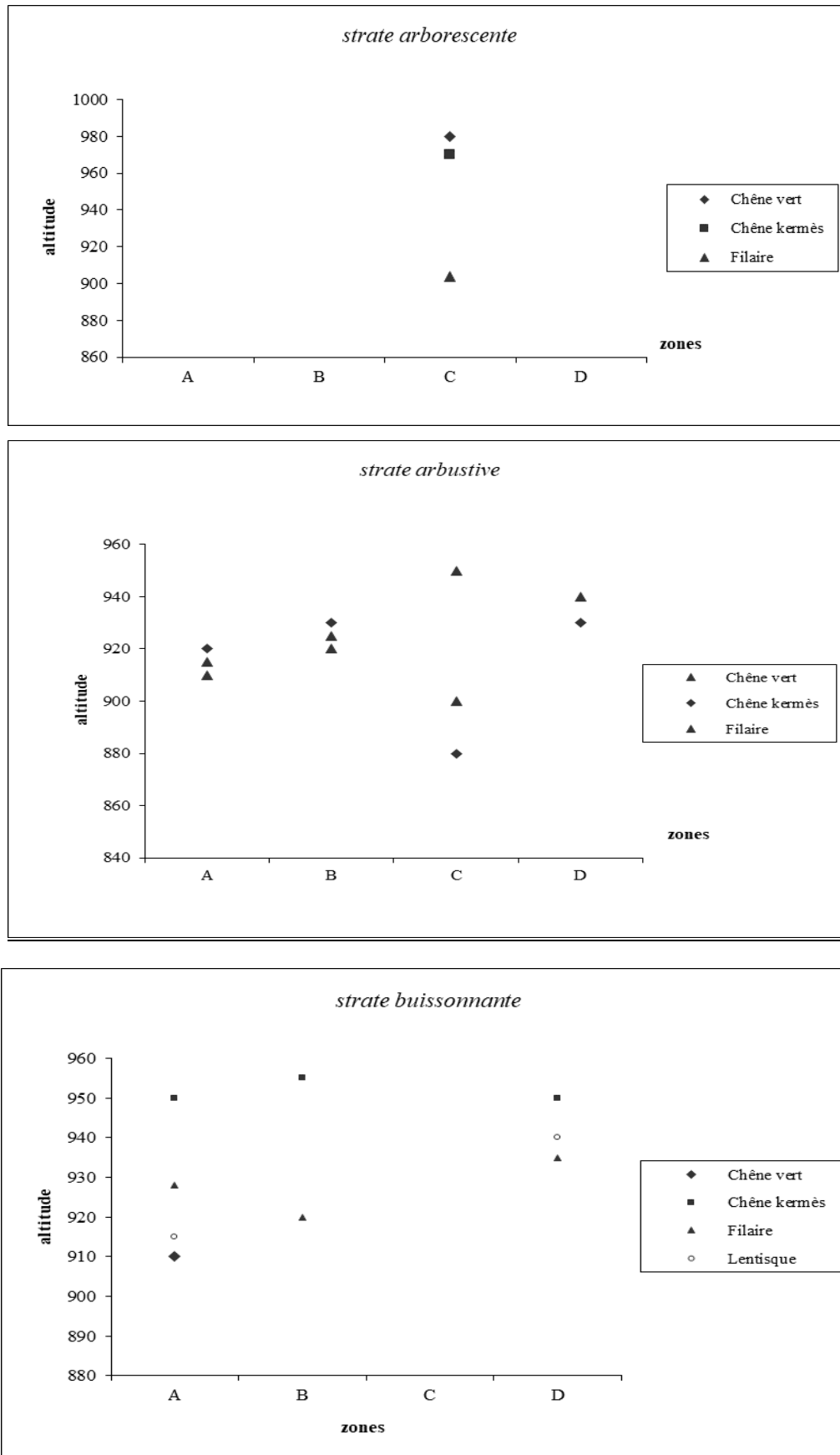


Figure n° 48 : Position altitudinale des espèces feuillues de forte densité de la forêt de Khodida (Télagh).

Le lentisque est lui aussi localisé en zone « A » à une altitude de 915 m sur une pente de 2% en exposition Nord. Il n'est jamais parvenu au stade de la strate arbustive à cause de la forte pression du cheptel ovin fréquentant la forêt.

Les fortes densités des feuillus sclérophylles, enregistrées dans la strate buissonnante, témoignent de la présence d'une régénération naturelle par rejet de souches. Les espèces ainsi régénérées peuvent atteindre le stade des strates arbustives et arborescentes lorsque le parcours et l'incendie deviennent contrôlables.

La strate buissonnante constitue le premier maillon de reconstitution de la phytocénose forestière. Les traitements sylvicoles débutent à ce stade et se poursuivent jusqu'à la maturité du peuplement. Elles ne peuvent avoir d'effets que si les travaux et la sensibilisation du riverain soient mis au-devant de la scène de tout aménagement entrepris en forêt. L'importance écologique et socio-économique de la forêt devrait primer sur toute considération.

V.2. ESPECES RESINEUSES

Les espèces résineuses de la forêt de Khodida sont représentées principalement par le pin d'Alep (*Pinus halepensis*, L.), le thuya (*Tetraclinis articulata*, L.) et le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*, L.). Le pin d'Alep et le thuya sont quantitativement dominants. La position altitudinale de chaque espèce est présentée sous forme de nuage de points (figure n° 49).

V.2.1. STRATE ARBORESCENTE

Elle est dominée par le pin d'Alep suivi du thuya. La première espèce dominante est située à une altitude variant de 890 m à 950 m avec une pente moyenne de 5% en exposition Ouest et Nord - Ouest. La seconde espèce dominante est localisée à une altitude allant de 910 m à 930 m pour une pente n'excédant pas les 7% en exposition Ouest et Nord - Ouest. Le genévrier oxycèdre se trouve respectivement bien localisé en zone « A » à une altitude de 920 m, et en zone « D » à 940 m sur une pente moyenne de 5% en exposition Est.

V.2.2. STRATE ARBUSTIVE

Elle est également dominée par le pin d'Alep où sa position altitudinale se situe entre 914 m et 960 m sur une pente ne dépassant pas les 5% en exposition Ouest, Nord – Est, Nord – Ouest et Est. Le thuya, présente dans les quatre zones échantillonnées, est quantitativement bien fourni à une altitude allant de 904 m à 960 m sur une pente moyenne de 5% en exposition Ouest, Nord, Nord – Ouest et Est. Le genévrier oxycèdre est représenté dans trois

zones des quatre échantillonnées. Il est situé entre 910 m et 930 m d'altitude sur une pente moyenne de 7% en exposition Ouest, Nord – Ouest et Nord- Est.

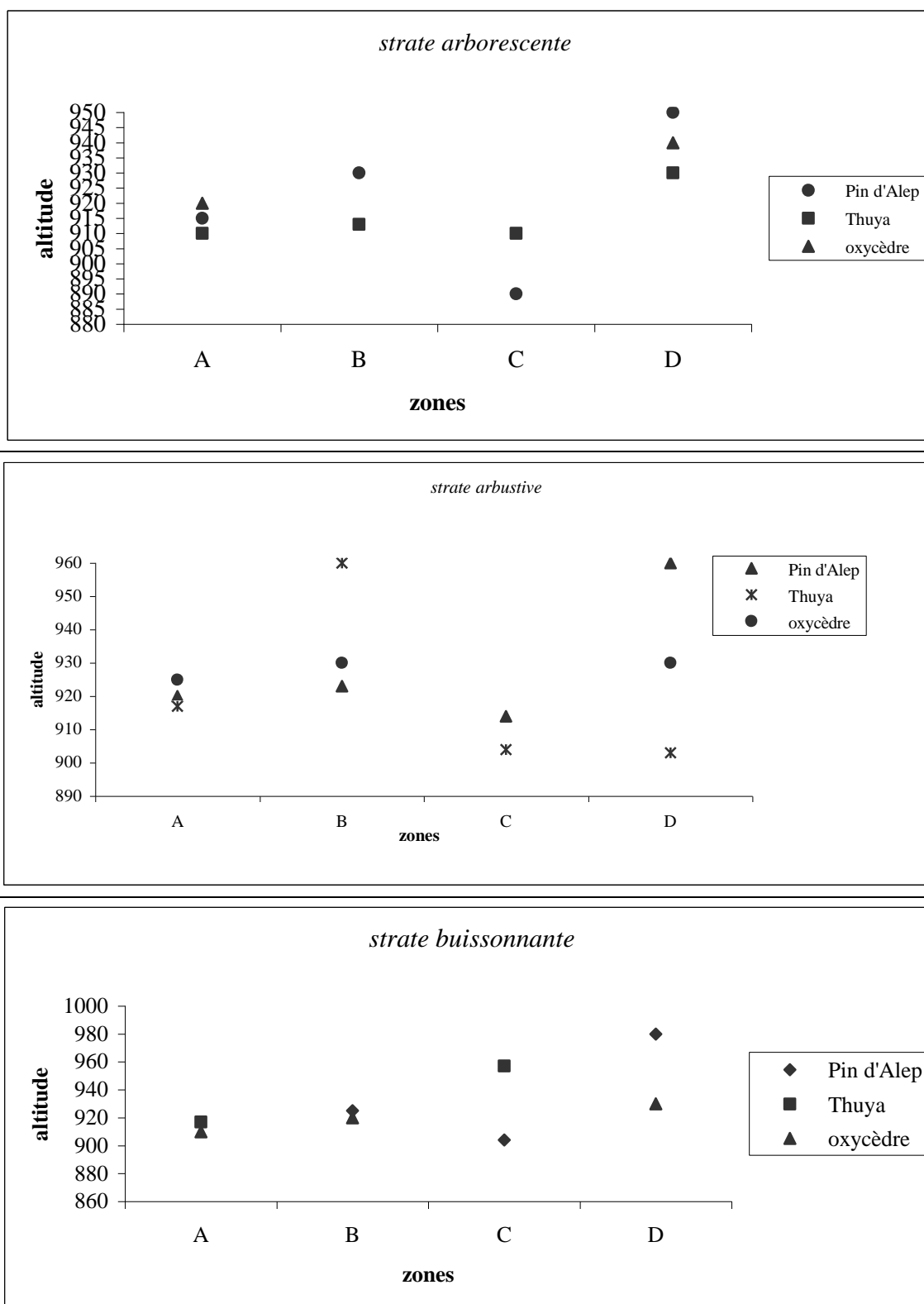


Figure n° 49 : Position altitudinale des espèces résineuses de forte densité de la forêt de Khodida (Télagh).

V.2.3. STRATE BUISSONNANTE

La strate buissonnante des espèces résineuses est également bien répartie dans les quatre zones échantillonnées. Les espèces à régénération par semis occupent bien l'espace sur différentes pentes et expositions. Celles à régénération végétative (thuya et le genévrier oxycèdre) sont respectivement bien localisées à des altitudes de 917 m à 957 et 910 m à 930 m.

La présence du pin d'Alep dans la strate buissonnante permet de constater une forte régénération de l'espèce par semis en remplacement des feuillues sclérophylles ; ce qui nécessite une intervention sylvicole.

VI. DISCUSSION

VI.1. LA NOTION DE PEUPELEMENTS PURS

La végétation de la forêt de Khodida était organisée en peuplements bien individualisés (Hellal, 1985). La répartition altitudinale de la végétation pérenne de forte densité à travers la forêt a permis de mettre en évidence l'interpénétration entre les peuplements feuillus et les peuplements résineux.

La strate arborescente des résineux est dominante par rapport aux feuillus. Seulement, une zone bien isolée abritait des feuillus au stade de strate arborescente. Elle se présente comme un îlot de petite taille engloutit dans un peuplement de résineux (Hellal et al., 2003)

La strate arbustive et la strate buissonnante sont représentées par les deux types d'espèces. Ces dernières sont assez souvent mélangées les unes aux autres avec une certaine dominance des espèces résineuses sur de moyennes pentes où l'accès du troupeau et du riverain est facilité par les conditions topographiques.

Les feuillus sclérophylles et les résineux partagent globalement les mêmes classes d'altitude, de pente et d'exposition.

La notion d'étage de végétation, distingué par la densité, est de moins en moins précise car les peuplements purs des feuillus sclérophylles sont de plus en plus envahis par les résineux.

Les résineux se sont multipliés à côté des feuillus dans des zones autrefois beaucoup moins exposées aux facteurs anthropiques et aux aléas climatiques. Ils ont tendance à reconquérir l'espace vital délaissé par les feuillus en état de détresse. Cette reconquête s'est favorisée par la résistance des résineux vis-à-vis de l'incendie, l'exploitant riverain et la sécheresse. La grande plasticité du pin d'Alep et la régénération végétative du thuya en font les facteurs prédominants de l'occupation de l'espace vital des peuplements purs des feuillus sclérophylles.

Les peuplements purs des feuillus sclérophylles connaissent de sérieuses modifications régressives suite à l'exploitation de la forêt par l'homme et aux conditions climatiques. Ils sont sollicités par les pasteurs comme source d'appoint pour aliments de bétail (Benabdeli, 1996). Le délit est prolongé par l'arrachage de l'écorce et l'abattage des sujets en entier pour les besoins domestiques. Le cycle de détérioration est complété par la manifestation presque annuel des incendies.

V.2. DE LA BIODIVERSITE A LA MONOCULTURE

La sécheresse, frappant la région durant les deux dernières décennies (1975-2000), a contribué dans le morcellement des peuplements purs des feuillus sclérophylles (Hellal, 1996 / 2002). Ces derniers supportent mal la pression de l'exploitation anarchique conjuguée aux effets de la sécheresse et de l'incendie.

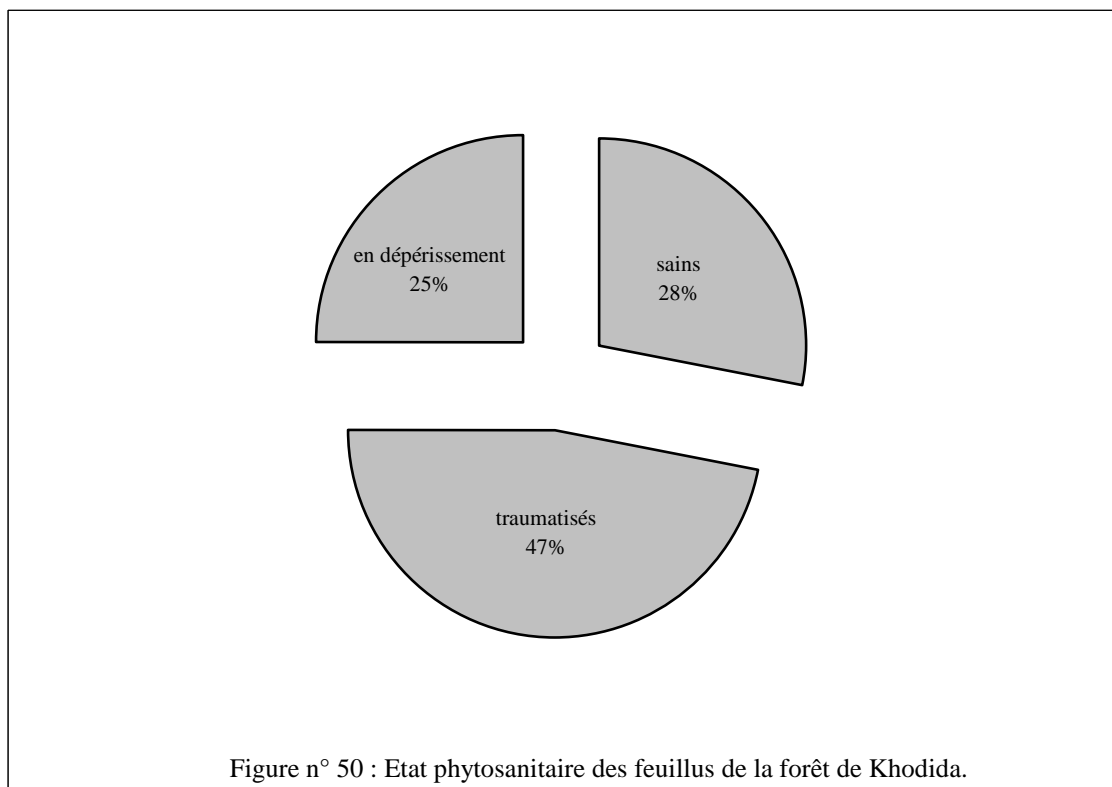
La mosaïque « feuillus – résineux » ne s'observe plus à l'échelle de la forêt de Khodida. Les peuplements purs se sont transformés en peuplements abritant les deux types d'espèces avec la dominance des résineux. La forêt a tendance à s'enrésiner par la multiplication des conifères et la disparition progressive des peuplements des feuillus sclérophylles. Des vestiges, au milieu des peuplements des résineux, encore en place, témoigne de l'étendue qu'occupaient autrefois les feuillus sclérophylles.

L'enrésinement est devenu réel dans une forêt où les peuplements purs des feuillus sclérophylles occupaient des étendues de grande importance écologique et socio-économique pour la région. Les conséquences résident en premier lieu dans l'accumulation de la litière des résineux provoquant la non dégradation des composés organiques acides et la diminution de la nutrition azotée (Lemee, 1982). L'azote reste bloqué sous forme de complexes tannin protéines et se minéralise très difficilement (Duchaufour, 1977 et Bonneau, 1978). La biocénose du sol en est affectée. La régression de certaines espèces de la faune et de la microfaune est très critique comme c'est le cas des lombrics (Ponge, 1985). Elle est accompagnée d'une forte inhibition en nombre et en activité de la flore bactérienne (Bauzon et al., 1967/1974).

La monoculture des résineux, favorisée par les facteurs anthropiques, la xérité du climat et la disparition des feuillus sclérophylles, est certainement rentable à court terme. Cependant les conséquences, à moyen et long terme, ne permettront plus les productions en bois prévisionnelles planifiées par les forestiers. Le sol devient impropre à toute culture forestière.

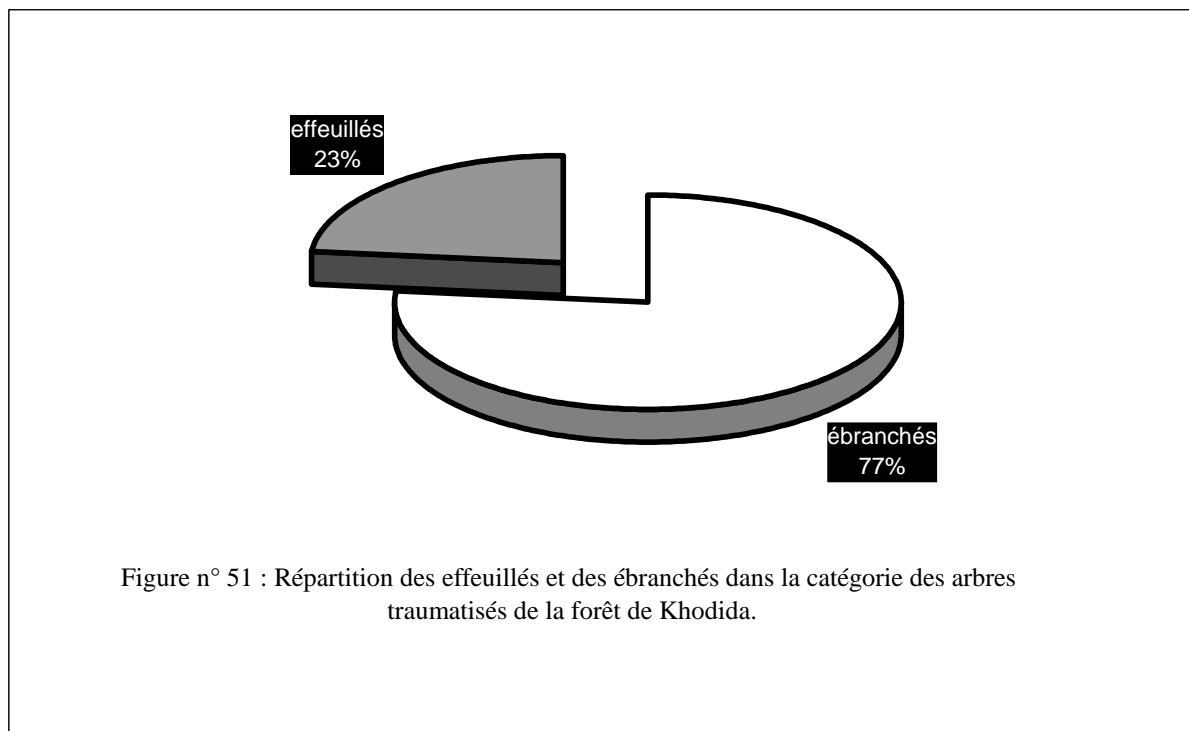
VII. ETAT PHYTOSANITAIRE

Les peuplements forestiers connaissent de très sérieuses perturbations dans leurs structures et leur état phytosanitaire (Figure n° 50). L'interpénétration entre les peuplements purs, observée à travers la forêt, génère une nouvelle structure basée sur l'expansion des espèces résineuses et la régression des espèces feuillues, mettant en péril toute forme d'équilibre entre sol et végétation. Les arbres traumatisés et les arbres en dépérissement des peuplements feuillus témoignent de l'état de dégradation de la mosaïque floristique sous l'effet de la sécheresse climatique et de l'action anthropique des riverains sur le milieu forestier. Les arbres en dépérissement se trouvent entourés par du pin d'Alep sain et de bonne vigueur. Ils sont aussi localisés au milieu des peuplements purs où la densité et la surface terrière atteignent respectivement 1300 individus et 43,4 m². Ces paramètres démo-écologiques expliquent en partie le dépérissement du chêne vert par la concurrence racinaire vis-à-vis de l'eau, les sels minéraux et l'espace vital entre individus.



Les arbres traumatisés sont généralement localisés à proximité des voies de passage des troupeaux. Ils sont pour la plupart, ébranchés et à moitiés effeuillées. Le démarrage végétatif est très souvent compromis par la sédentarisation des troupeaux

dans la forêt. L'effeuillage est l'œuvre conjugué des ovins et des caprins. Ces derniers parviennent à grimper les arbres et à finir le travail commencé à la base, par les ovins (Figure n° 51).



La voracité des caprins prime toute croissance de l'arbre et réduit ses réserves nutritives, par le broutage de l'appareil d'assimilation chlorophyllienne.

Les arbres sains sont de moins en moins nombreux en forêt. Ils ont tendance à s'éloigner de tout regard. Ils se maintiennent à des hautes altitudes et sur des pentes raides.

Les troupeaux sédentaires trouvent des difficultés pour atteindre ces derniers peuplements purs de chêne vert. Ils ne peuvent être épargnés à long terme, vu la forte pression anthropique exercée sur la forêt. En absence de toute réglementation de l'exploitation de la forêt par les riverains, le processus de régression des feuillus et l'expansion dans certains cas des espèces résineuses, continueront à se manifester malgré les efforts fournis par l'office des forêts.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

La substitution de résineux à la forêt feuillue peu productive permet d'intensifier la production de biomasse ligneuse.

Cette intensification a pour conséquence des modifications des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol.

Ces changements des caractéristiques du sol sont liés à la transformation du fonctionnement de l'écosystème forestier et de ses relations avec l'environnement extérieur.

Les modifications des caractéristiques édaphiques sont tout d'abord appréciées au niveau de l'humus. Ce dernier, du type mull sous feuillus, s'est transformé en moder et mor sous résineux par accumulation de produits non décomposés.

La modification de l'humus s'accompagne aussi de modifications des caractéristiques physiques et chimiques du sol. Le lessivage des argiles est beaucoup plus marqué en sol marne - calcaire sous les résineux dont la densité apparente et la stabilité structurale sont très faibles. Il se suit de la baisse du pH et de la manifestation des phénomènes de foisonnement. La situation est moins préoccupante en sol sur calcaire dur et rendzine sur encroûtement calcaire. Ces deux types de sols ne sont pas fortement influencés par l'installation des résineux à la place des feuillus. A long terme ils atténuent le pH et favorisent la décarbonatation du profil.

La coexistence des deux espèces forestières sur le même espace, occupé initialement par des feuillus, suscite des interrogations quant à la dynamique des peuplements purs (Gaouar, 1980). La mosaïque est à peine perceptible face au phénomène d'enrésinement. Ce dernier est plus fréquent en forêt feuillue. Il agit en conséquence sur le sol et la dynamique du couvert forestier, de sorte que l'accumulation de la litière à la surface du sol, devient la caractéristique principale des nouveaux peuplements résineux mis en place. L'humus devient alors du type mor provoquant un déséquilibre dans la microfaune du sol responsable de la biodégradation de la matière organique. La nutrition azotée est alors compromise et le recyclage de la matière organo-minérale aboutit à la fabrication des substances humiques précurseurs de la podzolisation des sols neutres et des sols légèrement acides.

La végétation forestière, organisée en feuillus et en résineux, formait un parfait puzzle écologique et socio-économique pour la région. Les peuplements purs

des feuillus s'individualisaient par leurs productions fourragères et leur contribution dans l'amélioration des caractères physico-chimiques du sol.

La pression des facteurs anthropiques et les conditions climatiques ont favorisé l'interpénétration entre les différents peuplements rendant difficile la reconnaissance des étages de végétation. Il s'est produit un phénomène d'enrésinement des peuplements purs des feuillus qui agit en conséquence sur le sol et l'avenir du couvert végétal de la forêt.

Le dépérissement des feuillus est de type localisé et conjoncturel. La reprise végétative est possible dans la mesure où cesse la forte pression anthropique sur le milieu forestier déjà en état lamentable.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADOU (E.L), 1927** – La ville de Sidi Bel'Abbes, Histoire – Légende – Anactode. 85 p.
- ALEXANDRIAN (D), 1979** - Les reboisements en Chênes méditerranéens –
Bulletin technique de l'Office National des Forêts n°10, pp. 17-30
- ARPIN (P), DAVID (J.E), 1986** – Revue d'éco. et Biologie du sol. Vol 23 n° 1, 89-118.
- AUCLAIR (D) ET BIEHLER (J), 1967** - Etude géologique des hautes plaines oranaises entre Tlemcen et Saida. Publ.
Serv. Carte géol. Algérie, (Nelle série), n°34.
- BACHELIER (G), 1978** – La faune des sols, son énergie et son action.
Documentations Techniques 38, ORSTOM, 391 p.
- BAGNOULS (F) et GAUSSEN (H), 1953** - Saison sèche et indice xérothermique.
Bul. Soc. Hist.Nat., Toulouse, Tome 88, P 239.
- BAIZE (D), 1971** – Contribution à l'étude des sols des plateaux jurassiques de Bourgogne.
Thèse Doc. Spécialité. Univ. Paris. 156 p.
- BAUZON (D), VAN DEN DRIESSCHE (R) et DOMMERGUES (Y), 1967** – L'effet litière,
I. Influence in situ des litières forestières sur quelques caractéristiques biologiques des sols. II. Etude
expérimentale du pouvoir inhibiteur des composés hydrosolubles des feuilles et des litières forestières vis avis de
la microflore tellurique. Ecol. Plant **4**, 99-122 et 237-266.
- BAUZON (D), BACHELIER (G) ET ROUILLIER (J), 1969** - . Caractéristiques pédologiques et microbiologiques des
sols de la RCP 40 de la forêt de Sénart et du parc de brunoy, Rev. Ecol. Biol. Sol., **4**, 533-551.
- BAUZON (D), PONGE (J.F) et DOMMERGUES (Y), 1974** – Variations saisonnières des caractéristiques chimiques et
biologiques des sols forestiers interprétées par l'analyse factorielle des correspondances. Rev. Ecol. Biol. Sol., **2**,
283-301.
- BENABDELI (Kh), 1983** – Mise au point d'une méthodologie d'appréciation de la pression anthropozoogène sur la
végétation du massif forestier de Télagh (Algérie).
Thèse Doct. Sp. Aix Marseille.
- BENABDELI (Kh), 1996** - Mise en évidence de l'importance des formations basses dans la sauvegarde des écosystèmes
forestiers : cas des monts de Dhaya (Algérie occidentale).
Rev. Ecol. Med., **XXII** (3/4) : 101-112.
- BENABDELI (Kh), 1996** – Aspects physionomico- structural et dynamique des écosystèmes forestiers face à la pression
anthropozoogène dans les monts de Tlemcen et des monts de Dhaya (Algérie septentrionale). Thèse Doct. Etat.
356 p + annexes
- Bureau National Etudes Développement Rural, 1983** – Inventaire des terres et forêts de l'Algérie du Nord. Deuxième
phase : réalisation d'un plan national de développement de Sidi Bel'Abbes. Résultat d'inventaire.
- Bureau National Etudes Développement Rural, 1992** - Etude du développement agricole de la wilaya de Saida. Rapport
final et annexes, 212 p
- Bureau National Etudes Forestières, 1979** - Projet d'aménagement de la forêt de Khodida. 65p.
- BÖDVARSSON (H), 1970** – Alimentary studies of seven common soil-inhabiting Collembola of southern Sweden.
Entomologica scandinavica **1**, 74-80.
- BONNEAU (M), 1973** – Les enrésinements risquent-ils de diminuer la fertilité des sols.
Rev. Forest. Fr. **XXXV**. 4.

- BONNEAU (M), 1978** - Conséquences pédologiques des enrésinements en forêt.
Acad. d'Agricult de France. Pp. 931-942
- BONNEAU (M), BRETHES (A), NYS (C) et SOUCHIER (B), 1976** – Influence d'une plantation d'épicéas sur un sol du massif central. Rev. Bot. LEJEUNIA. N° 82.
- BONNEAU (M), BRETHES (A), LELONG (F), LEVY (G), NYS (C) et SOUCHIER (B), 1979** – Effets de boisements résineux purs sur la fertilité du sol. Rev. Forest. Fr. 198-207 p.
- BONNEAU (M), DAMBRINE (E), NYS (C) et RANGER (J), 1987** – L'acidification des sols. Bulletin d'Ecologie 18, 3, p127-136.
- BORNEBUSH (C.H), 1980** – The fauna of forest soil. Forstl. Forsoksv.Danm., 2 : 1-125.
- BOTTNER (P), 1972** – Evolution des sols en milieu carbonaté.
Thèse Doc. Etat. Fac. Sci. Montpellier. 156 p.
- BOUDRU (M), 1994** – Forêt et sylviculture : traitement des forêts.
Presse agronomique de gembloux. 356 p.
- BOUDY (P), 1948** – Economie forestière nord-africaine. Tome 1 : milieu physique et milieu humain. Paris : Ed. larose, 686 p
- BOUDY (P), 1950** – Economie forestière nord-africaine. Tome 2 : Monographie et traitement des essences forestières.
Paris : E. larose, 878 p.
- BOUDY (P), 1952** – Guide du forestier en Afrique du nord. Ed. Maison rustique. 505 p.
- BOULENOUAR (L), 1982** - Etude sur les fibres du Chêne vert (*Quercus ilex*. L) provenant de la région d'El Hassasna (Saïda), Mem. Ing. I.N.A. Alger 58 p.
- BOURBOUZE (A) et DONADIEU(P), 1987** - L'élevage sur parcours en régions méditerranéennes. Options méditerranéennes, série études, 1987 ; N° 1-88
- BRETHES (A) et NYS (C), 1975** – Science du sol. Bull. A.F.E.S., 1, 3-18.
Centre Etude Machinisme Agricole Génie Rural Eaux Forêts, 1991 - Guide pratique - Production de plants forestiers.
Edition C.E.M.A.G.R.E.F., CH. 6
- C.P.C.S, 1967** – Commission de pédologie et de cartographie des sols.
Labo de géologie-pédologie de l'E.N.S.A, Paris-Grignon, 87 p.
- CELLES (J.J), 1975** - Contribution à l'étude de la végétation des confins Sahara Constantinois (Algérie). Thèse Doct- Univ-Nice N° 9250 364p.
- COME (D), 1970** – Les obstacles à la germination. Masson et Cie, 162 p. Paris
- COME (D), 1975** - Quelques problèmes de terminologie concernant les semences et leur germination. In "La germination des semences"- ouvrage collectif présenté par Chaussat, R. et Ledeuuff, Y. Bordas Paris-Bruxelles- Montreal. pp. 11-26.
- DABIN (B), 1971** - Etude d'une méthode d'extraction de la matière humique du sol.
Sc. Du sol, 1 : 47 –64.
- DABIN (B), 1976** - Méthode d'extraction et de fractionnement des matières humiques du sol. Applications à quelques études pédologiques et agronomiques dans les sols tropicaux. Cah. ORSTOM, série Pédologie, XIV, 4 : 287 – 297.
- DAGET (PH), 1968** – étude du climat local en région de moyenne montagne.
Thèse doct. ing. univ. sci. techn. languedoc montpellier. 186 p.
- DAGET (PH), 1977** – Le bioclimat méditerranéen. Analyse des formes climatiques par le système d'Emberger.
Vegetatio. 34 (2), 87-103.
- DAHMANI (M), 1984**- Contribution à l'étude des groupements à Chêne vert (*Quercus rotundifolia*. L) des Monts de Tlemcen (Ouest Algérie) Thèse. Doc. En Institut de Biologie 227 p.

- DEBRACH (J), 1953** – Notes sur le climat du Maroc occidental. Maroc médical, 32, 1122-1134.
- DELECOUR (F), 1980** – Essai de classification pratique des humus. Pédologie 30 (2), pp. 225-241.
- DJELLOULI (Y), 1981** – Etude climatique et bioclimatique des hauts plateaux du Sud oranais (w. de saïda). Thèse
Doct. 3^{ème} cycle Univ USTHB. Alger, 178 p
- DJELLOULI (Y) et DAGET (P), 1993** - Conséquences de la sécheresse des deux dernières décennies sur les
écosystèmes naturels algériens. Publ Assoc Intern Climatol; 6 105-14.
- DUCHAUFOR (Ph) et BONNEAU (M), 1961** – Evolution d'un sol de forêt feuillue provoquée par une plantation de
Douglas d'une trentaine d'années. Rev. Forest. Fr. n° 12. 793-799.
- DUCHAUFOR (Ph), 1970** – Précis de pédologie. Masson et Cie Paris.
- DUCHAUFOR (Ph), 1977** - Pédologie. Tome I : pédogenèse et classification. Masson, Paris. 477 p.
- DUCHAUFOR (Ph), 1983** - Pédologie. Tome I : pédogenèse et classification. Masson, Paris. 491 p.
- EL HAÏ (H), 1969** – Biogéographie. Ed. Armand Collin. Paris.
- EMBERGER (L), 1930** – La végétation de la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements
végétaux. Rev. Gen. Bot. n° 42-46.
- EMBERGER (L), 1942** - Un projet de classification des climats du point de vue phytogéographique.
Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, T. 77, pp. 97-124
- EMBERGER (L), 1955** – Une classification biogéographique des climats.
Rev. Trav. Tab. Geol. Zool. ; Fac. Sc. Montpellier. Serv. Bota 7 ; pp 3 – 43.
- FLORET (CH), ORSHAN (G) et ROMANE (F), 1983** - Contribution à l'étude du phénomène et des types biologiques
de quelques espèces de garrigue. In Pré-rapport, Colloque de bioclimatologie méditerranéenne, Montpellier.
I.V.I.O - 1-IV 10-15
- GAOUAR (A), 1980** - Hypothèse et réflexions sur la dégradation des écosystèmes forestiers dans la région de Tlemcen.
Forêt med. T.II. n° 2, 131 – 146 pp.
- GAUSSEN (H), 1954** – Expression des milieux par des formules écologiques. Leur représentation cartographique. In les
divisions écologiques du monde. C.N.R.S. juin – juillet 1954, Paris, 258-267 p.
- GENSSLER (H), 1959** – Veränderungen von Boden und vegetation nach generationsweisen fichtenanbau.
Thèse. Hann-Münden.
- GODRON (M), DAGET (P), EMBERGER (L), LE FLOCH (E), POISSONNET (J), SAUVAGE (C),
WACQUANT (JP) 1968** - Code pour le relevé méthodique de la végétation. CNRS Paris. 292 p.
- GODRON (M), 1980**- Abrégé d'écologie de la végétation terrestre. Masson, 197 p.
- GOUNOT (M), 1969** - Méthode d'étude quantitative de la végétation. Masson, Paris, 314 p
- GUILLET (B) et ROUILLER (J), 1979** – la granulométrie. Ed. Masson. Paris
- GUINIER (Ph), 1971** - Technique forestière. Edition Maison rustique. PP 27-232
- GUINOCHE (M), 1973** - Phytosociologie. Masson, Paris, 227 p.
- HAMOUDI (AEN), 1981** – Contribution à l'étude d'un inventaire forestier (méthodologie et analyse) dans les taillis de
chêne vert (*Quercus ilex*. L.) de la forêt d'El Hassasna (W. Saïda). Mem. Ing. I.N.A. Alger. 73 p.
- HELLAL (B), 1985** - Comportement de la végétation face à l'action de l'homme dans la forêt de Khodida, Télagh (Sidi
Bel'abbes). Mem. D.E.S., 48 p + ann.
- HELLAL (B), 1991** – Influence du paillage sur la composition floristique de la steppe à alfa et du fatras sur la biomasse
foliaire de l'alfa. Thèse de magister, Tlemcen. 142 p.
- HELLAL (B), 1996** - Recherches sur les climats de la steppe occidentale d'Algérie.
Congrès International. 13-16 Nov. 1996. ADRAR. 12 p.

Références bibliographiques

- HELLAL (B), 1999** - Impact des conditions climatiques et démographiques sur la gestion de l'eau potable : cas de la ville de Sidi Bel'Abbes. Coll. Maghreb « Eaux dans les choix technologiques du Maghreb ». 24, 25 mai 1999. Université Sidi Bel'Abbes. Algérie.
- HELLAL (B) et AYAD (N), 2002** - Ressources en eaux souterraines de la wilaya de Sidi Bel'Abbes : contraintes et perspectives. 2^{ème} Sem. National. « Ressources en eaux ». 21, 22 avril 2002. Institut d'Hydraulique. Centre universitaire de Mascara.
- HELLAL (B) et AYAD (N), 2002** – Influence du paillage sur la composition floristique de la steppe à alfa (*Stipa tenacissima*. L) de la région ouest de l'Algérie. Rev. Ecosystems. N°1. 33-39 p.
- HELLAL (B), AYAD (N) et KHELOUFI (Kh)- 2003** – Distribution spatiale des espèces feuillues et résineuses de la forêt de Khodida. Rev. Ecosystems. N°2. 52-59 p.
- HENIN (S), FEODORROFF (A), 1958**. Sous – solage et drainage taupe. Ann. Agron. 9, 567 – 591.
- HENIN (S), GRAS (R), MONNIER (G), 1969** - Le profil cultural. Masson et Cie, Paris.
- HOEBLISH (J.M), 1992** - Le lavaka malgache, une forme d'érosion utilisable. Bull Réseau Érosion ; 12 : 255-68.
- HOLMSGAARD (F), 1968** – Entragskundliche Untersuchungen in Fichten-beständen erster und zweiter Generation im dänischen Jungområengebiet. Tagungsberichte der Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften in Berlin, n° 84.
- INGRID PETER et SCHONF ELDER, 1988** - Guide de la flore méditerranéenne. Hatier Edition S.A., Fribourg Suisse. 314 p.
- IONESCO et SAUVAGE 1962** – Les types de végétation du Maroc. Essai de nomenclature et de définition. Rev, Géogr. Maroc. 1-2, 75-86.
- JUSTE (C), 1965** – Contribution à la dynamique de l'aluminium dans les sols acides du Sud-Ouest atlantique. Thèse Doc. Ing. Fac. Sci. Nancy. 135 p.
- KADI (M), 1992** - Quelques aspects de la sécheresse en Afrique du Nord et dans le bassin méditerranéen. In : Les climats tropicaux et leur évolution. Toulouse : coll. CNES, CEPADUES édit. 171-98.
- KADIK (B), 1975** - Localisation des provenances algériennes du Pin d'Alep. Bull. C.N.R.F. p 26.
- KADIK (B), 1980** – Choix des essences de reboisement en Algérie. Secrétariat d'état en reboisement. Alger. 63 p.
- KADIK (B), 1986** – Contribution à l'étude du pin d'Alep "Pinus halepensis Mill" en Algérie : écologie, dendrométrie, morphologie. O.P.U. 8-11 pp.
- KASI-AOUAL (N), 1982** - Etude phénologique de *Quercus ilex*. L (partie aérienne) dans le massif d'El Hassasna (Saïda). Mem. Ing. I.N.A. Alger, 89 p.
- KASSIM (G), STOTT (D.E), MARTIN (J.P), HAIDER (K), 1982** – Stabilisation and incorporation into biomass of phenolic and benzenoid carbons during biodegradation in soil. Soil Sci Soc Amer J. 46, (2), 305-309.
- KIEKEN (M), 1962** - Esquisse tectonique de l'Algérie (Algérie du Nord). Exposé sur les connaissances actuelles de la structure de l'Algérie et présentation d'une carte tectonique au 1/1.000.000. Publ. Serv. Carte géol. Algérie, nouv. Série, n° 31, 2 pl., 1 carte.
- KOUDACHE (F), 1994** - Contribution à l'étude de la relation faune – flore dans un écosystème forestier : répartition de la faune par biotope dans la forêt de Kounteida (Wilaya de Sidi Bel'Abbes). Thèse de Magister. Tlemcen. 128 pp.
- KUHNHOLTZ-LORDAT (1938)** – La terre incendiée. Essai d'agronomie comparée. Ed Maison carré. Nîmes 361 p.
- LAMOUREUX (M), 1972** - Etude des sols formés sur roches carbonatées. Pédogénèse fersialitique au Liban. Thèse Doc. Etat. Univ Strasbourg. 314 p.
- LAPRAZ (G), 1977** – Note sur l'oléo-lentiscetum du littoral de la côte d'Azur entre Nice et Menton. Riviera, scientifique, 2, 29-46.

- LAZEREG (A), 1982** – Etude des changements de la végétation à l’embouchure de l’oued Reghaia.
Thèse Ing. Agro.I.N.A Alger. 85 p.
- LEDANT, 1975** – Notes pour le cours de dendrologie Essence forestière algérienne. I.N.A. Alger. 14-15 pp.
- LEHOUEIROU (HN), 1969** - la végétation de la Tunisie steppique avec la référence à la Libye et l’Algérie.
Thèse Doct .Es.Sc, Marseille .
- LEHOUEIROU (HN), 1971** – Les bases écologiques de la production pastorale et fourragère de l’algérie.
F.A.O. ROME, 60 p.
- LEHOUEIROU (HN), 1976** – Restauration des pâturages dégradés. Ecol. Bull. Stockholm. Vol, 24 : 195-231.
- LEHOUEIROU (HN), 1992** - Relations entre la variabilité des précipitations et celle des productions primaires et secondaires en zone aride. In L’aridité, une contrainte au développement. Paris ORSTOM, 197-220.
- LEMEE (G), 1982** - Recherches sur les écosystèmes des réserves biologiques de la forêt de Fontainebleau. VIII. –
Eléments du bilan d’azote du sol. Rev. Ecol. Sol, **19** (4) : 485-499.
- LETREUCH-BELAROUCI (N.), 1981** – Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d’avenir.
Thèse Fac. Sc. Agr. GEMBLOUX.
- LETREUCH-BELAROUCI (N), 1982** – Cours de sylviculture approfondie. Polycopié. I.N.A. Alger. 22 p.
- LETREUCH-BELAROUCI (N), 1991** Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d’avenir.
Vol. 1, O.P.U., PP 108-260
- LETREUCH-BELAROUCI (N), 1992** – Notes de cours de sylviculture générale. O.P.U. 137 P.
- LOISEL (R), 1976** – La végétation de l’étage méditerranéen dans les Sud Est continental français.
Thèse doct. Etat. Univ. Marseille. 384 p.
- LONG (G), 1964** – Possibilités d’utilisation de la garrigue par le mouton. Journées CETA. Etude n° 982. 6 p.
- MATHYS (N), BROCHOT (S), MEUNIER (M), 2000** - Erosion quantification and rainfall-runoff-erosion modelling in small marly mountainous experimental catchment of Draix, Alpes, France. Int Symp « Gully erosion under global change ». Leuven, (abstract 91).
- MEDDOUR, 1983** – Contribution à l’étude de la croissance de *Pinus halepensis* Mill en relation avec les groupements végétaux dans la forêt de Bainem. Thèse. I.N.A. Alger. 63p.
- MERIAUX (S), 1979** – Le sol et l’eau. Chapitre XIV p. 266-312. In pédologie P. DUCHAUFOR et B. SOUCHIER ED
Masson, Paris.
- MONJAUZE (A), 1969** - Utilisation rationnelle de la terre. Paris, 149 p.
- MOUCAWI (J), 1981** – Recherches sur l’évolution de la matière organique dans les sols des plaines atlantiques.
Thèse. Doc. Etat. Univ. Poitiers, 176 p.
- MULLER (C), 1992** – Conservation des graines et les problèmes de levée de dormance chez les feuillus précieux.
Rev. Forest. Fr. XIIIV. N° sp. 39-45 p.
- MULLER (C) et LAROPPE (E), 1993** – Conservation et germination des semences.
Rev. Forest. Fr. XIV. 3. 253-260 p.
- NAHAL (I), 1962** – Le pin d’Alep (*Pinus halepensis* Mill.) Etude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. Ann. Ecole Eaux et Forêts et sta.Rech.Exp., 19 (4), 208 p.
- NEGRE (R), 1950** – Les associations végétales du massif de Sainte-victoire. Encyclopédie Biogéographique et Ecologique. Lechevalier, Paris. 85 p.
- NIELSEN (O.C), 1949** – Studies on the soil microfauna. II – The soil inhabiting nematodes. Nat. Juth., 2, 1, 132 p.
- NOIRFALISE (A) et VANESSE (R), 1975** – Conséquence de la monoculture des conifères pour la conservation de sols et pour le bilan hydrologique. Association des espaces verts. Bruxelles. Belgique.

- NYZ (C), 1976** – Etude préliminaire de l'influence du douglas (*Pseudotsuga menziesii*) et de l'épicéa (*Picea abies*) sur l'évolution des sols dans le Morvan. CNRF. Sol. Forest.
- NYZ (C), 1987** – Modification du cycle biogéochimique de l'aluminium dans une forêt feuillue due à l'introduction d'un résineux ; l'épicéa commun (*Picea abies*). 8^{ème} symposium international de biogéochimie des milieux naturels, 14-18 sept. 1987 Nancy.
- Office National de Météorologie.,1997.** "Données climatiques de 1970 à 1999". Oran.
- OTTO (H) et JOWELE (A), 1971** – Modern Biology. Diffusion Vuibert. Paris 745 p.
- OZENDA (P), 1964** – Biogéographie végétale. Doin, Paris. 374 p.
- PEDRO (G), 1972** – Les sols développés sur roches calcaires : Nature, originalité et cadre général de leur évolution à la surface du globe. Suppl. au Bull. de l'Ass. Fr. pour l'étude du sol, 1 : 5-19.
- PERRIN (R), 1986** – Les agents pathogènes du sol en pépinières forestières. Prévisions des risques – lutte. Rev. Forest. Fr. XXXVIII. N° 3, 243-248 p.
- PESSON 1973** – Ecologie forestière. Ed. Gauthier Villard. 382 p.
- PESSON, 1980** – Actualités d'écologie forestière : sol, flore et faune. Nancy. 517 p.
- PEYERIMOFF (P), 1941** – Carte forestière de l'Algérie et de la Tunisie au 1/1.500.000 avec notice. 71 p. 7 pl, Ph,
- PLAISANCE (G), 1978** - Le Chêne vert. In La forêt privée, 1978, n°119. PP 49-63
- PONGE (JF), VANNIER (G), ARPIN (P) et DAVID (JF), 1986** – Caractérisation des humus et des litières par la faune du sol. Intérêt sylvicole. Rev. Forest. Fr., 38 : 509-516.
- PONGE (JA), 1985** - Etude écologique d'un humus forestier par l'observation d'un petit volume.2. La couche L2 d'un moder sous *Pinus sylvestris*. Pédobiologia **28**, 73-114.
- POOLE (T.B), 1951** – Studies on the food of Collembola in a Douglas fir plantation. Ordination of communities. Rev. Ecol. Biol. Sol. 23 : 299-311.
- POUGET (M), 1980** - Les relations sol - végétation dans les steppes sud Algéroises. Trav. Doc. ORSTOM. 116-555 p.
- QUEZEL (P) et SANTA (S), 1962 -1963** - Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Vol 1-2. C.N.R.S, PARIS, 1170 p.
- QUEZEL (P), 1976** – Les forêts du pourtour méditerranéen. In écologie, conservation et aménagement. Note Techn. MAB 2, 9 – 33.
- QUEZEL (P), 1979** – La région méditerranéenne française et ses essences forestières. Signification écologique dans le contexte circum-méditerranéen. For. Médit. 1 (1) 7-18.
- QUISSANCE (P), 1987** - Multiplication des végétaux et pépinière. Edition Lavoisier PP 5-24
- RAPP (A), 1972** - Conclusions from the DUSER soil erosion project in Tanzania. Geografiska Annaler ; 54, A : 377-9
- RIVAS-MARTINEZ (S), 1981** – Les étages bioclimatiques de la péninsule ibérique. Anal., Jard., Bot., Madrid. 37 (2) : 251-258.
- ROBERT (M) et BERTHELIN (J), (1986)** – Role of biological and chemical factors in soil mineral weathering. In "Interactions of soil minerals with natural organics and microbes". P.M. Ed Huang. SSSA Spec. Publ., 17, 453-495.
- ROOSE (E), 2000** - Gully erosion in Africa. Int Symp « Gully erosion under global change » Leuven, Belgium, 16-19 April 2000 (abstract 111).
- SABIR (M), 1994** - Impact du pâturage sur certaines propriétés physiques et hydrologiques d'un sol brun calcaire en milieu pastoral aride : Aarid, Haute Moulouya, Maroc. Thèse Doctorat en Sciences Agronomiques, Rabat : IAV HII, 1994 ; 196 p.
- SARI (D), 1977** - L'homme et l'érosion dans l'Ouarsenis (Algérie). Alger SNED, 624 p

- SAUVAGE (CH), 1961** - Recherches géobotaniques sur le Chêne vert au Maroc. Tran. Inst.Sci. Chérifien Ser. Bot.21 : 1-462. TH. Doc. Univ. Montpellier 1960.
- SCHLENKER (G), BABEL, BENECKE, 1969** – Untersuchungen über Auswirkungen des Fichtenreinanbau auf Parabraunerden und Pseudogleye des Neckarlandes. Mitteilungen des Vereins für forstliche Standortskunde und Forstpflanzensüchtung, n° 19.
- SCHLENKER (G), 1971** – Die Auswirkungen der Laubholz – bzw – Fichtenbestockung auf den Regenwurm besatz in Parabraunerden und Pseudogleye des Neckarlandes. Mitteilungen des Vereins für forstliche Standortskunde und Forstpflanzensüchtung, n° 20.
- SCHWARTS (R), 1981** – Influence de la monoculture des résineux sur la microflore des sols et la décomposition des litières. Thèse. Doct. 3^{ème} cycle. Univ. Nancy. 170p.
- SELTZER (P), 1946** – Le climat de l'Algérie. Alger. 219 p.
- STEWART (P), 1969** – Quotient pluviothermique et dégradation biosphérique. Bul.Soc. Hist. Nat. Afr. Nord. 59: 23-36.
- SUSZKA (B), 1979** - Seeding emergence of beech (*Fagus sylvatica*) seed pretreated by chilling without medium at a controled hydration levels - Arboretum Kornickie, Vol. 24, 1979. PP 111-135.
- TINTOUIN (R),1946** – Les aspects physique du Tell Oranais. Thèse Doc. Es. Sc. Fouque. Oran. 638 p.
- TOMASELLI (R), 1976** – Les causes de régression de la végétation naturelle méditerranéenne. Actes du 2^{ème} stage européen sur l'écologie appliquée dans la région méditerranéenne. 393 – 415 p.
- TOUTAIN (F), 1974** - Etude écologique de l'humification dans les hêtraies acidophiles. Thèse Université de Nancy. 126 p.
- VANNIER (G), 1970** – Réactions des microarthropodes aux variations de l'état hydrique du sol. Techniques relatives à l'extraction des arthropodes du sol. Ed. C.N.R.S. Paris, série P.B.I., R.C.P. 40, 319 p.
- VEDY (J.C), 1973** – Relations entre le cycle biochimique des cations et l'humification en milieu acide. Thèse Doct. Etat. Univ. Nancy. 116 p.
- VOISIN (A), 1957** – Productivité de l'herbe. Ed. Flammarion 0 467 p
- WANG (T.S.C), MUNG MUH KAO et HUANG (P.M), 1980** – Soil science, 129 (6), 333-338.
- ZARCO, 1965** – Cours de Botanique et de la restauration des sols. Alger. 105 p.
- ZERAIA (L), 1981** – Essai d'interprétation comparative des données écologiques, phénologiques et de production subéro-ligneuse dans les forêts de chêne liège de Provence cristaline et d'Algérie. Thèse d'état. Univ. Aix Marseille III. 367 p.