

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique**

**Centre universitaire de Djelfa Ziane Achour**

**Institut d'Agronomie pastorale**

**Mémoire**

Présenté au centre universitaire Ziane Achour

pour l'obtention du diplôme de

**Magister**

Par

**DEROUECHE HOUDA**

Intitulé

**Les dépérissements des  
peuplements forestiers dans la  
région de Djelfa**

**Soutenu le : 12/07/2006, devant le jury :**

- |   |           |
|---|-----------|
| - Dr. Choukri. A Maître de conférence C.U.D (Djelfa)      | Président |
| - Dr. Chakali. G Maître de conférence I.N.A (Alger)       | Promoteur |
| - Dr. Adem. L Maître de conférence Ibn Khaldoune (Tiaret) | Examineur |
| - Dr. Mokabli. A Maître de conférence I.N.A (Alger)       | Examineur |

N°d'ordre : 03/2006-Agro

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique**

**Centre universitaire de Djelfa Ziane Achour**

**Institut d'Agronomie pastorale**

**Mémoire**

مسجل في المكتبة الجامعية المركزية  
رقم الجرد: 07  
رقم التصنيف: MA 04/06  
النسخة: 01

Présenté au centre universitaire Ziane Achour

pour l'obtention du diplôme de

**Magister**

Par

**DEROUECHE HOUDA**

Intitulé

**Les dépérissements des  
peuplements forestiers dans la  
région de Djelfa**

Soutenu le : 12/07/2006, devant le jury :

- Dr. Choukri. A Maître de conférence C.U.D (Djelfa)
- Dr. Chakali. G Maître de conférence I.N.A (Alger)
- Dr. Adem. L Maître de conférence Ibn Khaldoune (Tiaret)
- Dr. Mokabli.A Maître de conférence I.N.A (Alger)



Président

Promoteur

Examineur

Examineur



# REMERCIEMENTS



Merci au préalable à Dieu le tout puissant de m'avoir donnée la force et la sérénité pour accomplir ma recherche.

Ma très vive gratitude s'adresse à Monsieur Chakali. G Maître de conférence au Département de Zoologie Agricole à l'INA (Alger), qui a accepté à diriger cette recherche sans cesse, avec encouragements et conseils pédagogiques, avec gentillesse et doigté.

Je garde une grande reconnaissance à Monsieur Choukri. A Maître de conférence et Recteur au centre universitaire de Djelfa, pour l'honneur qu'il me fait de présider le jury et pour la bienveillance compréhension qu'il nous a toujours témoignée.

Je remercie particulièrement Monsieur Adem. L. Maître de conférence à l'université Ibn Khaldoune (Tiaret) et chercheur conseiller auprès de Ministère de l'Agriculture et des Administrations locales et Monsieur Mokabli. A. Maître de conférence à (l'INA. Alger) de bien vouloir examiner mon travail comme mémoire de magister.

Mes sincères reconnaissances vont à toutes les personnes de la Maison de la télédétection à Montpellier (France), particulièrement Mr Pierre Bazile pour leurs aides infinies. A Mr Kacimi Directeur de (HCDS) de Djelfa et ses collaborateurs Mr Ghzaili. A et Mr Halwane. R Responsables à la cellule de la télédétection qui m'ont facilité les moyens de travail. Ma gratitude et ma reconnaissance vont aussi à tous les forestiers particulièrement Mr Birini. S à la conservation des forêts de la région de Djelfa pour leurs aides en forêts.

Mes sincères remerciements et gratitude vont à mes parents qui ont été toujours derrière mes succès.

Ma très grande gratitude à l'égard de tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à mener à bien ce travail.



# *Liste des abréviations*

- **D.S.P.A.E** : Direction de statistique et de planification agricole et de l'environnement
- **HCDS** : Direction de la haute commission de la steppe
- **FAO** : Forest and Agriculture Organization
- **MNT** : Modèle Numérique de Terrain
- **SIG** : système d'information géographique
- **GPS** : Global Positioning System
- **CP** : Code Pastoral
- **µm** : Micro mètre
- **Km** : Kilomètre.
- **Cm** : Centimètre
- **°C** : Degrés Celsius



## Liste des tableaux

- ✓ Tableau 1: Les patrimoines forestiers de la région de Djelfa.
- ✓ Tableau 2: Les surfaces forestières reboisées sur les massifs forestiers de la région de Djelfa.
- ✓ Tableau 3: Différentes attaques des scolytes sur les pinèdes.
- ✓ Tableau 4: Les différents canaux et leur longueur d'onde.
- ✓ Tableau 5: Les bandes spectrales et leur réalité thématique.
- ✓ Tableau 6: Les bandes utilisées et leur réalité thématique.
- ✓ Tableau 7: Présentation des moyennes des précipitations mensuelles (1975/1987).
- ✓ Tableau 8: Variation mensuelles des précipitations moyennes (1988/2001).
- ✓ Tableau 9: Evaluation des précipitations annuelles (période de 1975 à 2001).
- ✓ Tableau 10: Variation des moyennes des températures mensuelles (1975/1987).
- ✓ Tableau 11: Variation des moyennes des températures mensuelles (1988/2001).
- ✓ Tableau 12: Evaluation temporelle des surfaces forestières dans la région de Djelfa.
- ✓ Tableau 13: Espèces des scolytes répertoriées en relation avec son hôte, *Pinus halepensis* Mill).
- ✓ Tableau 14: Volume du bois exploité dans le cadre d'assainissement contre les scolytes (1990-2000).
- ✓ Tableau 15: Analyse descriptive détaillée sur les paramètres étudiés.
- ✓ Tableau 16: Analyse de la variance (effet Diamètre).
- ✓ Tableau 17: Analyse de la variance (effet Epaisseur).
- ✓ Tableau 18: Matrice de corrélation.
- ✓ Tableau 19: Présentation analytique des variables considérées.
- ✓ Tableau 20: Matrice de corrélation entre les variables étudiées
- ✓ Tableau 21: Analyse de la variance (effet Exposition).
- ✓ Tableau 22: Analyse de la variance (effet Hauteur).
- ✓ Tableau 23: Analyse de la variance (effet Age).
- ✓ Tableau 24: Analyse de la variance (effet Diamètre).
- ✓ Tableau 25: Analyse de la variance (effet Epaisseur).

## Liste des figures

- ✓ Figure 1: Situation géographique de la région de Djelfa.
- ✓ Figure 2: Situation géographique de la forêt de Senalba Chergui.
- ✓ Figure 3: Vue générale du reboisement de Moudjbara.
- ✓ Figure 4: Situation actuelle de la forêt de Senalba Chergui exprimée en surface.
- ✓ Figure 5: Situation actuelle de la forêt de Senalba Chergui exprimée en volume.
- ✓ Figure 6: Situation de la forêt de Senalba Chergui après la période d'aménagement exprimée en surface.
- ✓ Figure 7: Situation de la forêt de Senalba Chergui après la période d'aménagement exprimée en volume.
- ✓ Figure 8 : Présentation systématiques des scolytes.
- ✓ Figure 9: Cycle biologique des scolytes.
- ✓ Figure 10: Coupe schématique du tronc. Photo montrant écorce, aubier et duramen.
- ✓ Figure 11: photo présentant des sujets atteint.
- ✓ Figure 12: Dispositif d'arbres pièges installés en forêt.
- ✓ Figure 13: Présentation des techniques suivies et utilisées dans la télédétection.
- ✓ Figure 14: Spectre des rayonnements électromagnétiques-le domaine du « visible » est représenté par la petite bande colorée.
- ✓ Figure 15: Différents stades de corrections de l'image satellite.
- ✓ Figure 16: Image satellite initiale de la région de Djelfa (1972).
- ✓ Figure 17: Image satellite initiale de la région de Djelfa (1987).
- ✓ Figure 18: Image satellite initiale de la région de Djelfa (2001).
- ✓ Figure 19: Variation des moyennes des précipitations mensuelles (1975-1987).
- ✓ Figure 20: Variation des moyennes des précipitations mensuelles (1988-2001).
- ✓ Figure 21: Variation des moyennes des températures mensuelles (1975-1987).
- ✓ Figure 22: Variation des moyennes des températures mensuelles (1988-2001).

- ✓ Figure 23: Examen des sujets dépéris sur pied à Senalba Chergui.
- ✓ Figure 24: Abattage des arbres dépéris dans les pinèdes de Senalba Chergui.
- ✓ Figure 25: Abattage des arbres dépéris dans les pinèdes de Senalba Chergui (versant nord).
- ✓ Figure 26: Image satellite corrigée de la région de Djelfa (année1972).
- ✓ Figure 27: Image satellite corrigée de la région de Djelfa (année1987).
- ✓ Figure 28: Image satellite corrigée de la région de Djelfa (année2001).
- ✓ Figure 29: Image satellite de surfaces forestières digitalisées (année 1972).
- ✓ Figure 30: Image satellite des surfaces forestières digitalisées (année1987).
- ✓ Figure 31: Image satellite des surfaces forestières digitalisées (année 2001).
- ✓ Figure 32: Evolution de la surface forestière de 1972 à 2001. (Cas de la forêt de Senalba Chergui).
- ✓ Figure 33: Evolution de la surface forestière de 1972 à 2001. (Cas de La forêt de Senalba Guarbi).
- ✓ Figure 34: Evolution de la surface forestière de 1972 à 2001. (Cas de La forêt de Sahary).
- ✓ Figure 35: Evolution de la surface forestière de 1972 à 2001. (Cas des formations de Djebel El Gueddid).
- ✓ Figure 36: Evolution de la surface forestière de 1972 à 2001. (Cas des reboisements de Moudjbara).
- ✓ Figure 37: Evaluation de la surface totale des formations forestières de la région de Djelfa.
- ✓ Figure 38: Image satellite représentant les foyers les plus dépéris dans la forêt de Senalba Chergui.
- ✓ Figure 39: *Tomicus destruens*.
- ✓ Figure 40: *Orthotomicus erosus*.
- ✓ Figure 41: *Pityogenes bidentatus*.
- ✓ Figure 42: *Crypturgus numidicus*.
- ✓ Figure 43: Récolte des espèces racinaires dans les pinèdes de Senalba Chergui.
- ✓ Figure 44: *Hylurgus ligniperda*



- ✓ Figure 45: *Hylastes cunicularius*.
- ✓ Figure 46: Répartition du nombre total du *Pityogenes bidentatus* en fonction du diamètre des rondins.
- ✓ Figure 47: Répartition du nombre total de *Pityogenes bidentatus* en fonction de l'épaisseur de l'écorce.
- ✓ Figure 48: Répartition de la population de *Tomicus destruens* en fonction du diamètre des rondins.
- ✓ Figure 49: Répartition de la population de *Tomicus destruens* en fonction de l'épaisseur de l'écorce
- ✓ Figure 50: Evolution des moyennes des longueurs des galeries à 1mètre d'hauteur exposant nord.
- ✓ Figure 51: Evolution des moyennes des longueurs des galeries à 4 mètre d'hauteur exposant nord.
- ✓ Figure 52: Evolution des moyennes des longueurs des galeries exposant Sud à 1mètre d'hauteur (*Tomicus destruens*).
- ✓ Figure 53: Evaluation des moyennes des longueurs des galeries exposant Sud à 4mètre d'hauteur (*Tomicus destruens*).
- ✓ Figure 54: Répartition de la population de *Pityogenes* en fonction des diamètres des rondins attaqués.
- ✓ Figure 55: Distribution de la population de *Pityogenes* en fonction de l'épaisseur de l'écorce.
- ✓ Figure 56: Distribution du nombre total de la population de *Pityogenes bidentatus* récoltée.
- ✓ Figure 57: Evolution du nombre d'encoche de ponte en fonction des longueurs des galeries.
- ✓ Figure 58: Evolution du nombre des galeries maternelles en fonction des longueurs des galeries.
- ✓ Figure 59: Classification des variables étudiées.
- ✓ Figure 60: Variation des mensurations des diamètres des rondins attaqués.
- ✓ Figure 61: Variation des mensurations des épaisseurs des écorces des rondins attaqués.

- ✓ Figure 62: Variation des moyennes des longueurs des galeries de reproduction.
- ✓ Figure 63: Distribution de la population de l'espèce de *Tomicus destruens* par mètre carré.
- ✓ Figure 64: Répartition en classes des diamètres des rondins.
- ✓ Figure 65: Répartition en classes des épaisseurs des écorces.
- ✓ Figure 66: Répartition en classes des densités d'attaques/m<sup>2</sup>.
- ✓ Figure 67: Répartition en classes des longueurs des galeries de *Tomicus destruens*.
- ✓ Figure 68: Relation entre la densité d'attaque et l'exposition de l'arbre.
- ✓ Figure 69: Relation entre l'exposition de l'arbre et la longueur des galeries de reproduction.
- ✓ Figure 70: Densité d'attaque en fonction de la hauteur des arbres.
- ✓ Figure 71: Longueur des galeries en fonction de la hauteur des arbres.
- ✓ Figure 72: Tracé des moyennes des densités d'attaques en fonction de l'exposition de l'arbre.
- ✓ Figure 73: Tracé des moyennes des longueurs des galeries en fonction de l'exposition de l'arbre.
- ✓ Figure 74: Tracé des moyennes des densités d'attaques en fonction de la hauteur des arbres.
- ✓ Figure 75: Tracé des moyennes des longueurs des galeries en fonction de la hauteur des arbres.
- ✓ Figure 76: Tracé des moyennes des densités d'attaques en fonction de l'âge de l'arbre.
- ✓ Figure 77: Tracé des moyennes des longueurs des galeries en fonction de l'âge de l'arbre.
- ✓ Figure 78: Arbre relationnelle des paramètres étudiés.
- ✓ Figure 79: Images satellites présentant l'évolution des formations forestières de Senalba Chergui durant les années (1972/1987/2001).
- ✓ Figure 80: Sujets dépéris à Senalba Chergui.
- ✓ Figure 81: Images satellites présentant l'évolution de la forêt de Senalba Gharbi durant les années (1972/1987/2001).

- ☞ Figure 82: Images satellites comparatives des formations forestières de Sahari des années (1972/1987/2001).
- ☞ Figure 83: Images comparatives présentant les massifs reboisés de Moudjbara (1987 et 2001).
- ☞ Figure 84: Images comparatives des reboisements de Sahari des années 1987 et 2001.
- ☞ Figure 85: Troupeaux des ovins en forêt (2004).



# Sommaire

**Introduction**.....6

## **PREMIÈRE PARTIE**

### **DONNEES SUR LES PEUPELEMENTS FORESTIERS ET LES DEPERISSEMENTS**

#### **PREMIER CHAPITRE : Présentation des forêts de la région de Djelfa**

|   |    |
|---|----|
| 1) Historique .....                                     | 10 |
| 2) Situation administrative et géographique.....        | 11 |
| 3) Aires de répartition.....                            | 12 |
| 4) Les zones forestières et leur importance.....        | 12 |
| 5) Les formations forestières .....                     | 13 |
| 5.1) Les forêts naturelles .....                        | 13 |
| 5.2) Les Reboisements.....                              | 16 |
| 6) Etat actuel des forêts de la région de Djelfa.....   | 17 |
| 7) Aménagements forestiers dans la région d'étude ..... | 19 |

#### **DEUXIÈME CHAPITRE : Les dépérissements en milieu forestier**

|  |    |
|--|----|
| 1) Chronologie et régression des peuplements forestiers..... | 22 |
| 2) Causes possibles.....                                     | 23 |
| 2.1) Changements climatiques.....                            | 23 |
| 2.2) Action anthropozoïque.....                              | 24 |
| 2.3) Impact des xylophages.....                              | 24 |
| 2.3.1) Caractères généraux des scolytes.....                 | 25 |
| 3) Relation entre les scolytes et les conifères.....         | 29 |
| 3.1) Mécanisme d'installation.....                           | 29 |
| 3.2) Défense des conifères.....                              | 30 |
| 4) Symptômes de dépérissement.....                           | 31 |
| 4.1) Facteurs prédisposants.....                             | 31 |
| 4.2) Facteurs déclenchants.....                              | 32 |
| 4.3) Facteurs aggravants.....                                | 33 |
| 5) Evolution épidémiologique en pinèdes.....                 | 33 |
| 6) Appréciation des risques et stratégie d'intervention..... | 33 |
| 6.1) Elimination des arbres atteints.....                    | 34 |
| 6.2) Technique de lutte par arbre piège.....                 | 35 |

### **TROISIÈME CHAPITRE : Contribution de la télédétection spatiale dans la Caractérisation des dépérissements**

|  |    |
|--|----|
| 1) Généralités.....  | 35 |
| 2) Intérêt de la télédétection.....                              | 35 |
| 3) Caractéristiques générales sur la télédétection spatiale..... | 38 |
| 3.1) Généralités.....  | 38 |
| 3.2) Les bases de la télédétection.....                          | 40 |
| 3.2.1) Interaction avec l'atmosphère.....                        | 41 |
| 3.2.2) Interaction rayonnement – cible.....                      | 41 |
| 3.2.3) La signature spectrale.....                               | 41 |
| 3.3) Les satellites capteurs.....                                | 41 |
| 3.3.1) Satellite SPOT.....                                       | 42 |
| 3.3.2) Satellite LANDSAT.....                                    | 44 |
| 4) Notion de l'image satellite.....                              | 44 |
| 4.1) Généralités.....  | 44 |
| 4.2) Les qualités des images satellites.....                     | 45 |
| 4.3) Utilisation.....  | 45 |
| 5) Les facteurs de base de traitements d'images satellites.....  | 45 |

## **DEUXIÈME PARTIE**

### **MATERIELS ET METHODES**

#### **PREMIER CHAPITRE : Méthodes d'analyse des images satellites**

|  |    |
|--|----|
| 1) Présentation et méthode adoptée.....  | 49 |
| 2) Traitements et corrections des images satellites.....                                 | 50 |
| 2.1) Présentation des cartes sources.....  | 51 |
| 2.2) Les prétraitements.....   | 54 |
| 2.2.1) Les corrections radiométriques.....   | 54 |
| 2.2.2) Les corrections géométriques.....   | 55 |
| 3) Les traitements proprement dits.....  | 56 |
| 3.1) Digitalisation des forêts de la région de Djelfa.....                               | 56 |
| 3.2) Analyse et examen des images satellites.....  | 56 |
| 3.2.1) Compositions colorées.....  | 56 |
| 3.2.2) Répartition spatiale et dénomination des forêts sur les images<br>satellites..... | 57 |
| 3.2.3) Détermination des surfaces forestières de la zone d'étude.....                    | 57 |
| 3.2.4) Détermination des points dépéris.....   | 58 |



## DEUXIÈME CHAPITRE : Les données climatiques et présentation des méthodes adoptées à la quantification des scolytes

### 1) Les données climatiques

|   |    |
|---|----|
| 1.1) Présentation des données climatiques.....          | 59 |
| 1.2) Analyse des données climatiques.....               | 59 |
| 1.2.1) Précipitation.....                               | 59 |
| 1.2.2) Température.....                                 | 63 |
| 1.3) Relation des données spatiales et climatiques..... | 65 |

### 2) Méthode de quantification des scolytes

|  |    |
|--|----|
| 2.1) Prospection et choix des sujets dépéris.....                            | 66 |
| 2.2) Abattage et préparation des échantillons.....                           | 68 |
| 2.3) Identification des espèces présentées.....                              | 68 |
| 2.4) Mensuration des galeries de reproduction.....                           | 68 |
| 2.5) Cas de l'espèce de <i>Tomicus destruens</i> .....                       | 70 |
| 2.5.1) Abattage des échantillons.....  | 70 |
| 2.5.2) Mensuration des paramètres des rondins en fonction de la hauteur..... | 71 |
| 2.5.3) Ecorçage des échantillons.....  | 71 |
| 2.5.4) Mensuration et calcul des paramètres de l'insectes.....               | 71 |
| 2.6) Méthodes d'analyses des données.....                                    | 72 |

## TROISIÈME PARTIE

### RESULTATS

## PREMIER CHAPITRE : Présentation des images satellites de la région de Djelfa

|   |    |
|---|----|
| 1) Images satellites corrigées.....   | 73 |
| 2) Images satellites digitalisées.....  | 76 |
| 3) Evaluation des surfaces forestières de la région d'étude.....                      | 78 |
| 3.1) Cas de la forêt de Senalba Chergui.....  | 80 |
| 3.2) Cas de La forêt de Senalba Guarbi.....   | 80 |
| 3.3) Cas de La forêt de Sahary.....   | 81 |
| 3.4) Cas des formations de Djebel El Gueddid.....                                     | 81 |
| 3.5) Cas des reboisements de Moudjbara.....   | 81 |
| 3.6) Surface totale des formations forestières considérées.....                       | 82 |
| 4) Répartition géographique des coordonnées des foyers dépéris à Senalba Chergui... . | 83 |
| 5) Cartographie des foyers dépéris.....   | 83 |



## DEUXIÈME CHAPITRE : Présentation des principales espèces des scolytes identifiées sur les sujets dépéris

|  |    |
|--|----|
| 1) Analyse qualitative des principales espèces récoltées.....                                | 84 |
| 1.1) <i>Tomicus destruens</i> .....  | 85 |
| 1.2) <i>Orthotomicus erosus</i> .....  | 86 |
| 1.3) <i>Pityogenes bidentatus</i> .....  | 87 |
| 1.4) Le genre <i>Crypturgus</i> .....  | 87 |
| 1.5) Le genre <i>Hylurgus</i> et <i>Hylastes</i> .....                                       | 88 |
| 2) Analyse quantitative des principales espèces répertoriées.....                            | 89 |
| 2.1) Répartition de l'espèce de <i>Pityogenes bidentatus</i> .....                           | 89 |
| 2.2) Répartition de l'espèce de <i>Tomicus destruens</i> .....                               | 91 |
| 2.3) longueurs des galeries de reproduction de l'espèce de <i>Tomicus destruens</i><br>..... | 93 |
| 2.3.1) Longueurs moyennes exposant nord.....   | 93 |
| 2.3.2) Longueurs moyennes exposant sud.....  | 95 |
| 3) Importance des dégâts.....  | 97 |

## TROISIÈME CHAPITRE : Analyses statistiques des dommages de reproduction

|   |     |
|---|-----|
| 1) Cas de l'espèce de <i>Pityogenes bidentatus</i> .....  | 98  |
| 1.1) Analyse descriptive des variables étudiées.....  | 98  |
| 1.1.1) Variables liées à l'arbre.....   | 98  |
| 1.1.2) Variables liées à l'insecte .....  | 100 |
| 1.2) Effets des paramètres liés à l'arbre sur le nombre total de <i>Pityogenes bidentatus</i> .....           | 101 |
| 1.2.1) Effet de diamètre des rondins.....   | 101 |
| 1.2.2) Effet de l'épaisseur de l'écorce.....  | 101 |
| 1.3) Analyse croisée entre les longueurs des galeries de reproduction et le nombre d'encoche larvaire.....    | 102 |
| 1.4) Analyse croisée entre le nombre des galeries maternelles et les moyennes des longueurs des galeries..... | 103 |
| 1.5) Classification des paramètres étudiés.....   | 104 |
| 2) Cas de l'espèce de <i>Tomicus destruens</i> .....  | 105 |
| 2.1) Analyse descriptive des variables étudiées.....  | 105 |
| 2.1.1) Variables liées à l'arbre .....  | 105 |
| 2.1.2) Variables liées à l'insecte .....  | 107 |
| 2.2) Analyse fréquentielle des données.....   | 108 |
| 2.2.1) Variables liées à l'arbre .....  | 108 |
| 2.2.2) Variables liées à l'insecte.....   | 110 |
| 2.3) Effets des paramètres liés à l'arbre sur la densité d'attaque et la longueur des galeries.....           | 112 |
| 2.3.1) Matrice de corrélation.....  | 112 |
| 2.3.2) Effet de l'exposition de l'arbre.....  | 113 |

|   |     |
|---|-----|
| 2.3.3) Effet de la hauteur de l'arbre.....  | 113 |
| 2.3.4) Effet de l'âge de l'arbre.....   | 114 |
| 2.3.5) Effet de diamètre des rondins attaqués.....  | 114 |
| 2.3.6) Effet de l'épaisseur de l'écorce.....  | 115 |
| 2.4) Analyse croisée des paramètres liés a l'insecte avec les variables considérées.....    | 115 |
| 2.4.1) Exposition de l'arbre avec la densité d'attaque.....                                 | 115 |
| 2.4.2) Exposition de l'arbre avec la longueur des galeries de reproduction.....             | 116 |
| 2.4.3) Hauteur de l'arbre avec la densité d'attaque .....                                   | 116 |
| 2.4.4) Hauteur de l'arbre avec la longueur des galeries de reproduction.....                | 117 |
| 2.5) Variabilité des paramètres liés a l'insecte en fonction des variables considérées..... | 118 |
| 2.5.1) Exposition de l'arbre.....   | 118 |
| 2.5.2) Hauteur de l'arbre.....  | 119 |
| 2.5.3) Age de l'arbre.....  | 121 |
| 2.6) Classification des variables étudiées.....   | 123 |

## QUATRIÈME PARTIE : DISCUSSIONS

### PREMIER CHAPITRE : Analyse des images satellites

|   |     |
|---|-----|
| 1) Image satellite de l'année 1972.....   | 124 |
| 2) Image satellite de l'année 1987.....   | 124 |
| 3) Image satellite de l'année 2001.....   | 125 |
| 4) Evolution spatiotemporelle des formations forestières de la région de Djelfa ..... | 125 |
| 4.1) Comparaison des images satellites des périodes considérées.....                  | 125 |
| 4.1.1) Cas de la forêt de Senalba Chergui.....  | 126 |
| 4.1.2) Cas de la forêt de Senalba Gharbi.....   | 129 |
| 4.1.3) Cas de la forêt de Sahari.....   | 131 |
| 4.1.4) Le reboisement de Moudjbara .....  | 133 |
| 4.1.5) Le reboisement de Sahari.....  | 135 |
| 5) Analyse cartographique des foyers déperis.....                                     | 140 |

### DEUXIÈME CHAPITRE : Interprétations sur les populations des scolytes

|   |     |
|---|-----|
| 1) Cas de l'espèce de <i>Tomicus destruens</i> .....      | 141 |
| 2) Cas de l'espèce de <i>Pytyogenes bidentatus</i> .....  | 142 |
| 3) Stratégie de la colonisation des espèces étudiées..... | 142 |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Conclusion générale.....</b>         | <b>143</b> |
| <b>Références bibliographiques.....</b> | <b>147</b> |
| <b>Annexes.....</b>                     | <b>154</b> |



# *Introduction*

Les écosystèmes forestiers sont des communautés distinctes et cohérentes qui renferment un grand nombre de formes de vie et un environnement avec lequel elles ont un rapport d'interdépendance (Slocombe, 1993). Les formations forestières sont estimées à 40% selon les données de la FAO de l'année 1995. Elles se composent d'arbres, d'arbustes, des arbrisseaux et des végétaux herbacés formant une structure stratifiée complexe, dans laquelle les arbres prédominent au point de modifier les conditions écologiques qui règnent au sol en créant un microclimat spécial (Dajoz, 1980).

La forêt représente une communauté vivante et complexe au sein de laquelle règne un équilibre écologique instable et dynamique qui vient parfois perturber l'évolution de cette biocénose (Carle, 1973). Cette source inépuisable en bois qui est un milieu de faible sécurité a subi des dégradations sur son espace vital. Cette importance économique peut résoudre dans les utilisations de bois d'industrie, le bois de pâte à papier et les bois de chauffage pour les citoyens (Mouna, 1982). La forêt algérienne présente 70% d'espèces résineuses et 30 % de feuillus; c'est une richesse naturelle non négligeable pour contribuer à l'essor économique du pays (Ferria et Zidani, 2002).

Parmi les espèces résineuses, le pin d'Alep qui est le plus répandu en Afrique du Nord et occupe environ 36 % de la surface totale, il est présenté en grande partie en Atlas tellien et saharien (Chakali, 2005). Chaque année l'Algérie présente un programme de reboisement pour l'espèce de *Pinus halpensis* estimé à une surface de 20.000 hectares (Kadik, 1983).



Ces dernières décennies les peuplements forestiers algériens sont sous une dépendance écologique très agressive, influencée par plusieurs facteurs anthropozoïques. La variabilité spatiotemporelle des écosystèmes forestiers contribue à une modification de la morphologie de l'arbre et le sol.

La cause principale de ce phénomène de dégradation est la conjugaison de plusieurs facteurs; le vieillissement des forêts qui sont des peuplements dont l'âge dépasse souvent le terme d'exploitabilité, près de 80% des peuplements ont plus de 100 ans d'après les statistique du service de la conservation des forêts de la région de Djelfa. La sécheresse qui a sévi a engendré la faiblesse des sujets et leur vulnérabilité vis-à-vis des attaques des insectes xylophages, qui sont conditionnées par le climat méditerranéen de tendance xérothermique et par le régime irrégulier de pluies (Salhi, 2000). L'ampleur des pertes sylvicoles dépend essentiellement de l'état physiologique des peuplements soumis au niveau des populations des ravageurs.

De même, le stockage prolongé du bois exploité à l'intérieur de la forêt dû aux difficultés d'écoulement du bois, présente des foyers de multiplications de divers insectes déprédateurs. Ces insectes appartiennent à la famille des scolytidae qui constitue le groupe le plus redoutable des conifères. Ils profitent du moindre affaiblissement pour s'y installer et tenter d'y proliférer (Abgrall et Schveser, 1987).

*Pinus halpensis* représente l'espèce préférée à l'installation de plusieurs insectes xylophages. Cette pullulation provoque un changement progressif des caractéristiques de la forêt particulièrement de son état physiologique, qui se traduit par un retard de croissance et une défoliation répétée.

Les pertes causées par les scolytes se dédoublent par la transmission des maladies cryptogamiques qui dégradent la qualité technologique du bois lui donnant une coloration bleuâtre, d'où la perte totale de la valeur marchande du bois (Chakali, 2005). Le diagnostic localisé sur les sujets attaqués est une base fondamentale de lutte préventive contre une épidémie (Lieutier, 1988).

Ces dégâts résultent de deux types de facteurs, le premier type est celui conditionnant les niveaux de population d'insectes en forêts, le second type est celui conditionnant les capacités de défense de l'hôte (Lieutier *et al*, 1988). Il existe une liaison étroite entre les capacités de défense d'un nombre et le seuil critique de densité d'attaque au delà duquel succombe (Berryman, 1972, Christiansen *et al*, 1987 in Lieutier, 1988).

De vastes surfaces qui ont été touchées par les dépérissements mettent en évidence les phénomènes altérant la superficie des espèces ligneuses. Cette évolution spatio-temporelle est caractérisée par le calcul de la variabilité des extensions occupées par le pin d'Alep. Pour cela il est devenu impératif de recourir à l'outil informatique engendré par la technologie numérique, grâce à laquelle la cohabitation et l'intégration des données satellitaires de données géoréférencielles et des statistiques sont devenues nécessaires (Adem, 2001).

La science qui a pour but de déterminer et de délimiter les surfaces dépéries est la télédétection. Elle est une source directe de nouvelles informations jouant un rôle très important dans une étude spatiale et diachronique d'un phénomène naturel, en utilisant une banque de données d'illustrations graphiques des cartes thématiques sous forme d'images satellites.

L'objectif fondamental de notre étude est de tirer des renseignements sur l'évolution spatio-temporelle des pinèdes de la région de Djelfa en relation avec le développement des prédateurs xylophages. En se basant sur le traitement du potentiel forestier de la région d'étude à partir des images satellites pendant les trois dernières décades. Ce travail est réalisé par la digitalisation des surfaces dégradées à l'aide des logiciels de traitements d'images, afin de caractériser les zones les plus menacées par le dépérissement.

L'étude se base sur la variabilité de la répartition des scolytes suivant l'espèce considérée à l'échelle de l'arbre, et de distinguer l'intérêt des caractéristiques morphologiques de l'arbre tels que l'épaisseur de l'écorce et le diamètre des troncs, la hauteur et l'exposition de l'arbre dans la distribution des scolytes.

De même l'étude consiste à faire une analyse des résultats recueillis des deux principales espèces récoltées dans les pinèdes de Djelfa, *Tomicus destruens* et *Pityogenes bidentatus*.





## **PREMIERE PARTIE**

### **DONNEES SUR LES PEUPELEMENTS FORESTIERS ET LES DEPERISSEMENTS**

#### **PREMIER CHAPITRE : Présentation des forêts de la région de Djelfa**

##### **1) Historique**

L'histoire des milieux forestiers Algériens a été profondément marquée par la plus grande extension estimée à cinq millions d'hectares en 1830, cette surface boisée a régressé à 3.174.616 hectares (Lefebvre, 1904). Au cours des années quarante les surfaces forestières couvraient seulement 2.210.000 hectares. En 1980, le couvert forestier a subi une reprise remarquable; les statistiques établies ont montré que la surface forestière a dépassé le chiffre de trois millions d'hectares (Berchiche, 1986).

En Algérie, parmi les plus importantes formations forestières, les forêts de pins d'Alep occupent une extension d'environ neuf cent mille hectares répartis entre les massifs des Aurès, les hauts plateaux, les massifs de l'Ouarsenis et au niveau des monts de Djelfa (Salhi, 2000). A l'ouest du pays, celles qui se localisent dans un bioclimat semi aride qui leur convient, allant jusqu'au l'Atlas Saharien où les conditions climatiques sont difficiles, particulièrement les pinèdes de la région de Djelfa qui constituent l'une des dernières reliques forestières de cet étage bioclimatique. Ces massifs étaient de l'ordre de 200.000 hectares en 1936. Au début des années quatre vingt cette surface a régressé à 130.833 hectares (Bouhlal, 1981).

Les peuplements de pins dans la région de Djelfa représentent 25% des pinèdes Algériennes, mais ces peuplements atteignent pour la plupart leur âge limite (Letreuch-Belaroussi, 1981).



## 2) Situation administrative et géographique

D'après les données de la conservation des forêts de l'année 1997, la wilaya de Djelfa est issue de l'organisation territoriale de l'ex wilaya du Titteri en juillet 1974. Elle s'étend sur une superficie de 32.503 Km<sup>2</sup> et occupe environ 8,53% de la superficie totale de l'Algérie, elle reste l'une des rares régions steppiques disposant d'un patrimoine forestier assez important (Fig. 1). La région de Djelfa se trouve à 300 Km de la capitale limitée au Nord Ouest par la région asylvatique des hauts plateaux et au sud par le Sahara à l'est par la wilaya de Msila. Sa situation géographique lui confère une place privilégiée dans les relations Nord Sud du pays.

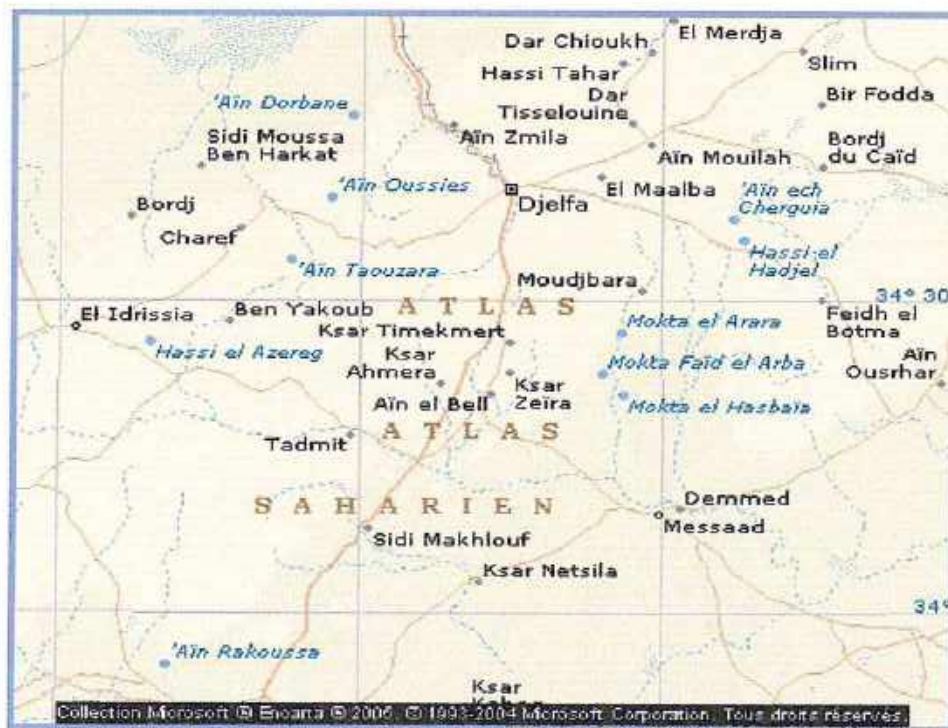


Figure 1 : Situation géographique de la région de Djelfa.





### 1) Aires de répartition

En Algérie, le pin d'Alep est l'essence occupant la plus grande surface forestière, elle est de l'ordre de 881.000hectares. Les pinèdes se trouvent principalement dans la zone semi-aride (Letreuch-Belaroussi, 1991). Les plus beaux peuplements de ces pinèdes appartient à l'Atlas saharien occupant 7% de la couverture forestière Algérienne (Berchiche, 1986), englobant les pinèdes de la région de Djelfa, elles sont localisés sur les montagnes jurassiques et crétacées des monts des Ouled Nails à Ain-Gotaia, à Senelba, et à Sahary (Kadik, 1986).

D'après les données recueillies de la conservation des forêts de l'année 2002, les massifs forestiers de la région de Djelfa représentent 6% des forêts du territoire national soient 222.000 hectares. Ces massifs dénommés monts de Ouled Nail, font partie des chaînes montagneuses de l'Atlas saharien et sont comprises entre 1000 et 1500 mètres d'altitude.

Ces données restent des valeurs estimées et résultent des enquêtes administratives qui donnent une idée sur l'état actuel des milieux forestiers malgré les chiffres qui diffèrent entre les collaborateurs, mais ils s'accordent sur l'état régressif du couvert forestier.

### 4) Les zones forestières et leur importance

Les dernières données des statistiques faites par la direction de la planification agricole et de l'environnement (D.S.P.A.E) en 1997, montrent que la région de Djelfa occupe un taux très faible de l'ordre de 4% de la surface forestière en Algérie, ces massifs se concentrent dans la partie centrale du territoire de la région; ce sont les monts de Ouled Nail. Ces forêts occupent la zone montagneuse et constituent un rempart de lutte contre l'avancé de désert, elles contribuent amplement dans l'équilibre écologique dans la région et la protection du milieu naturel.

Malgré la productivité de bois des pinèdes connue très lente, le pin d'Alep présente un grand intérêt dans la conservation des sols par sa plasticité et occupent ainsi de grande surface très peu fertile. Dans ces zones les peuplements de pins ont essentiellement un objectif de conservation et de restauration des sols.





## 5) Les formations forestières

La région de Djelfa se localise dans une zone à caractéristiques géographiques et climatiques défavorables pour le développement d'une flore variée, elle possède un patrimoine forestier typique entre forêts naturelles et reboisements.

### 5.1) Les forêts naturelles

La région de Djelfa possède une association des massifs forestiers distribués sur une grande partie de son territoire régional. Les plus importantes sont les massifs de Senalba Chergui et Guarbi, Shary Guebli et Dahri. On trouve les peuplements de Sahary Guebli localisés à l'est de la commune de Djelfa C'est une forêt naturelle de l'Atlas saharien qui constitue l'un des derniers rideaux biologiques séparant le milieu aride des zones semi arides, elle s'étend sur surface de protection de 32400 hectares. De part sa situation géographique elle s'inscrit dans un écosystème fragile et sensible au phénomène de dégradation.

Une autre série de forêts montagneuses située au sud-ouest de la ville de Djelfa représente les forêts de Senalba Guarbi et Chergui. Ces massifs sont classés parmi les forêts naturelles les plus importantes au niveau de la région de Djelfa et constituant la principale chaîne des monts des Ouled Nail (Atlas Saharien). Elles occupent la partie orientale du massif, l'individualité de cette forêt est bien soulignée à la fois par des tracés de routes et par des différences d'altitude. Au Nord la dépression de zoubia, à l'Est la route nationale n°1, au Sud la route de wilaya n° 164 reliant Djelfa et Charef, à l'Ouest un large couloir de terre dénuée (Fig. 2).

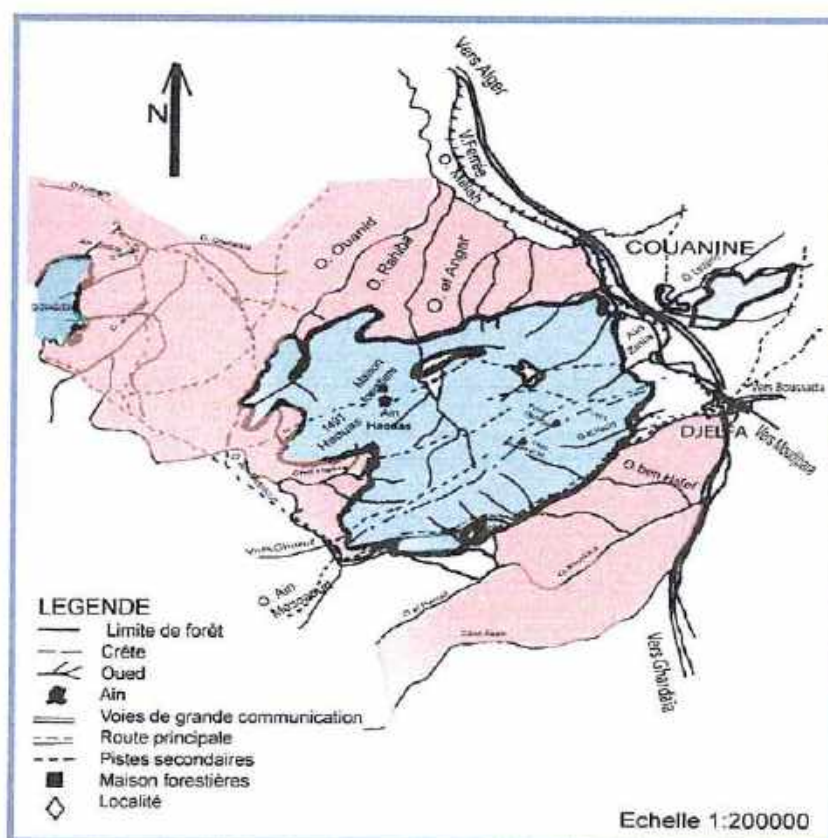


Figure 2 : Situation géographique de la forêt de Senalba Chergui.

La forêt de Senalba Chergui est située dans la zone semi-aride où les conditions naturelles sont peu favorables à la végétation, puisqu'elle se trouve proche du milieu saharien. Ce sont les derniers massifs arborescents situés à la limite du Sahara qui jouent un rôle important dans la progression du désert vers le nord.

Les peuplements forestiers de Senalba Chergui sont composés de Pin d'Alep *Pinus halpensis* comme espèce principale et qui est un arbre résineux de seconde grandeur dépassant rarement vingt mètres (Boudy, 1952), c'est une espèce xérophile et héliophile indifférente au substrats, qui se trouve même sur les sols superficiels et aride avec une légère préférence pour les sols calcaires (Kadik, 1983).



Ces pinèdes sont souvent en association avec des formations naturelles, le chêne vert, *Quercus ilex*, le genévrier de phoenicae, *Juniperus phoenicia*, le genévrier oxycèdre, *Juniperus oxycedrus*, le romarin, *Romarinus tournefortii*, l'alfa, *Stipa tenacissima*. Le groupement de pin d'Alep à chêne vert est le plus représenté (Kadik, 1983).

La surface forestière des massifs de Senalba Chergui atteint environ 20.000hectares, les proportions d'occupation par les principales essences sont; 6/10 de Pin d'Alep, 2/10 Chêne Vert, 1/10 Genévrier (Boudy, 1955).

Les forêts naturelles de la wilaya de Djelfa sont constituées par 6 massifs distincts d'après les données de la direction de la conservations des forêt de Djelfa, elles sont d'une surface de l'ordre de 152.753,0578 hectares et se répartissent comme suit :

Tableau 1 : Les patrimoines forestiers de la région de Djelfa.

| Massifs forestiers                    | Surfaces en (hectares) |
|---------------------------------------|------------------------|
| La forêt domaniale de Sahary Guebly   | 31.800,30              |
| La forêt domaniale de Senelba Garbi   | 42.339,96              |
| La forêt domaniale de Senelba Chergui | 19.833,63              |
| Massif de Sahary Dahri                | 29.151,09              |
| La forêt domaniale des Djellal        | 7.374,54               |
| La forêt de Chouach                   | 3.846,05               |
| Les forêts de Boudeir Takouka         | 3.407,48               |
| Massif de Bouk'hil                    | 15.000, 00             |

Parmi les zones forestières citées dans le tableau 1, les massifs de Djebel Bouk'hil et Sahary Dahri subissent de fortes dégradations. Par ailleurs, les peuplements naturels de pin d'Alep ont atteint un âge avancé et leurs taux de régénération restent très faibles à cause des facteurs limitants.





## 5.2) Les reboisements

Depuis 1970, un effort considérable a été établi dans le cadre de reboisements, les plus grandes réalisations sont localisées dans les zones semi arides et arides. Le plus important de ces plantations réalisées à Djelfa suivant le programme de reconstitution et de protection contre la désertification se localise à Moudjbara s'étendant sur plus de 13000 hectares de superficie et de 10.000hectares à Taadmit.

Le reboisement de Moudjbara est caractérisé par un relief plat légèrement vallonné (Chakali, 1985), situé dans une enclave à relief relativement homogène avec un taux de recouvrement compris entre 10 et 100%, Ce reboisement se trouve à cinq kilomètres au sud est de la ville de Djelfa aux piémonts des Ouled Nail (Djellal Chergui), à une altitude variant entre 1200 et 1400m, limité à l'est par la commune de Moudjbara, au sud la forêt dégradé de Djellal chergui (Missaoui, 1991). Il est traversé par une route reliant Djelfa à la ville de Moudjbara, planté sur un terrain presque plat excepté au niveau du mont de Djelfa Chergui où la pente atteint 40% (Missaoui, 1990). La hauteur des arbres varie entre 1,70 mètre en relief et 5,30 mètres en dépression (Aitchaffa et al, 1991). Il est installé sur un sol assez pauvre et fragile, ces peuplements présentent un taux de régression assez important.



Figure 3 : Vue générale du reboisement de Moudjbara (Original)



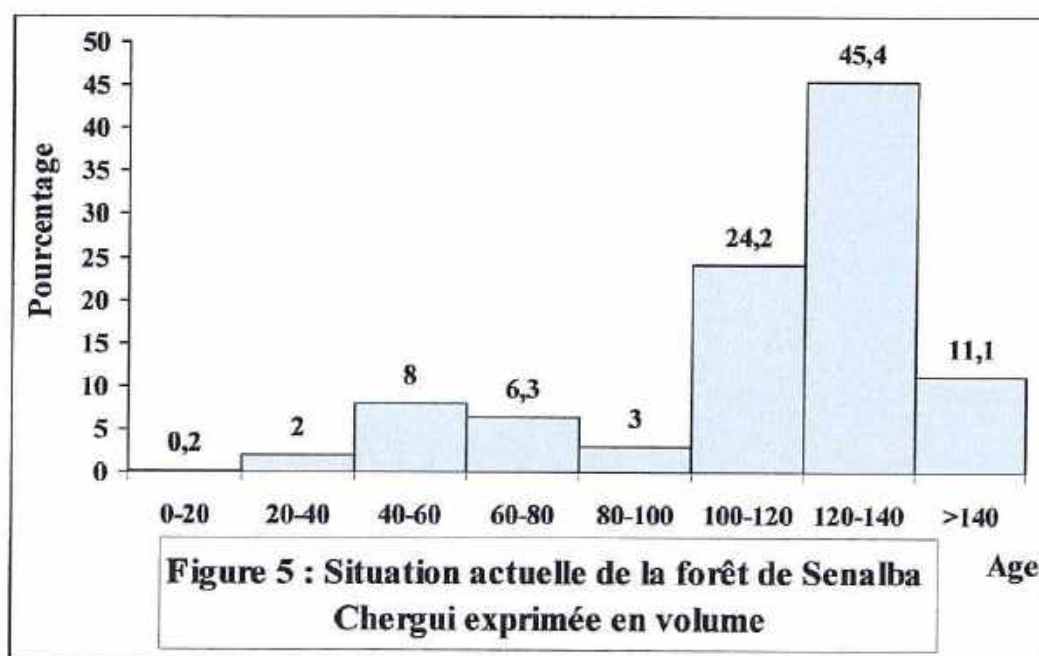
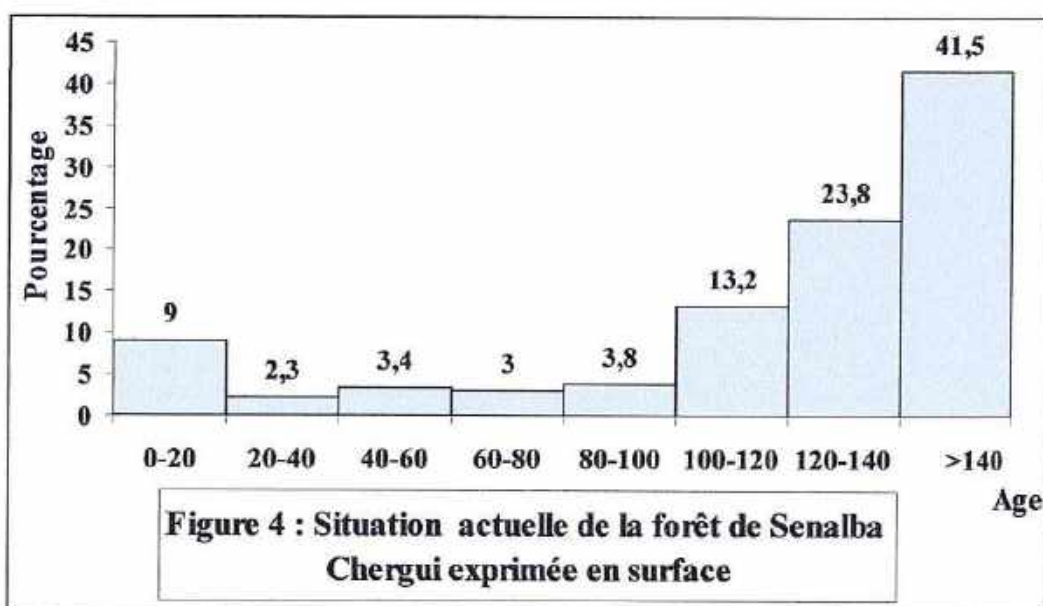
Pour les reboisements de reconstitution des zones dégradées, c'est celui de Senalba Chergui qui est réalisé en ligne avec *Pinus halpensis* en forêt naturelle.

## 6) Etat actuel des forêts de la région de Djelfa

Les formations forestières de Djelfa sont en déséquilibre et subissent une régression au cours de ces dernières décennies. Un dépérissement en étroite relation avec divers groupes d'insectes xylophages particulièrement les scolytes, a été mis en évidence avec la période de sécheresse, qui a sévi au cours de la dernière décennie. Plusieurs espèces ont proliféré et se sont multipliées dans les diverses forêts naturelles, les arbres en déficience physiologique particulièrement le stress hydrique succombent aux attaques denses et répétées de ces insectes (Chakali, 2003).

Sur la base des données des enquêtes effectuées par la direction de conservations des forêts, le massif de Senalba Chergui est considéré comme la forêt la plus touchée par la dégradation parmi les formations forestières de Djelfa. Elle contient d'une part une surface productrice estimée à 15.053,20 hectares englobant les massifs des pins et les surfaces reboisées d'environ 77,20% de la surface totale. D'autre part la surface improductive occupe 4.457,40 hectares d'environ 22,80% de la surface totale des forêts de Senalba Chergui, ceci engendre les différentes actions de l'homme réalisées par les ouvertures des routes et le déboisement pour l'urbanisation ainsi que l'aménagement sylvicole.

Près de 20% de la forêt de Senalba Chergui sont des arbres en sénescence dépassants les 140 ans occupant 18% de la surface totale avec un volume dépassant 27% du volume total, soit plus de 40% sont d'un âge de 120 à 140 ans, occupant 55% du volume total de la forêt. Les peuplements âgés entre un an et 40 ans ne présentent que 16% et représentent un volume de 0,4% de volume total (Fig.4 et 5). Ces forêts fragiles sont très sensibles aux maladies et aux ravageurs xylophages, particulièrement les scolytes provoquent des dommages pouvant conduire à une véritable catastrophe (Dajoz, 1980).







Depuis 1962 la surface reboisée est estimée à 71.000 hectares entre reboisement de protection et de reconstitution des massifs dégradés. De grandes réalisations de programme de reboisements sont localisés en zones semi arides et arides. L'objectif principal est de couvrir les terrains dénudés par une espèce végétale adaptée aux conditions du milieu afin de pallier à l'effet érosif. Les efforts fournis présentent un taux très en dessous des normes et ne peuvent jouer un rôle écologique escompté.

### **7) Aménagements sylvicoles dans les forêts de Djelfa**

Vu le rôle écologique que jouent ces forêts sur l'environnement, une politique de reconstitution fait l'objet d'un programme établi dans le cadre de la protection des forêts de Djelfa, mais ces surfaces forestières présentent une évolution régressive qui est très préoccupante et mérite une attention particulière car elles connaissent un dépérissement suite à la conjugaison de plusieurs facteurs (peuplements sur âgés, sécheresse prolongée, stockage prolongé de bois, incendies).

La stratégie actuellement adoptée vis-à-vis des dépérissements de ces formations forestières est surtout basée sur les méthodes sylvicoles. Les travaux réalisés sont surtout les coupes sanitaires pour assainir les forêts qui peuvent être réalisées sur plusieurs années, et l'exploitation des sujets âgés.

Ces forêts ont subi des travaux d'assainissements à une grande envergure par la vente de bois dépérissant et mort sur pied.

Ces travaux restent insuffisants pour répondre aux menaces des peuplements forestiers. Ces forêts devraient y être régénérées mais suite à diverses considérations, des opérations de reconstitution et de repeuplement n'ont pu être entreprises.

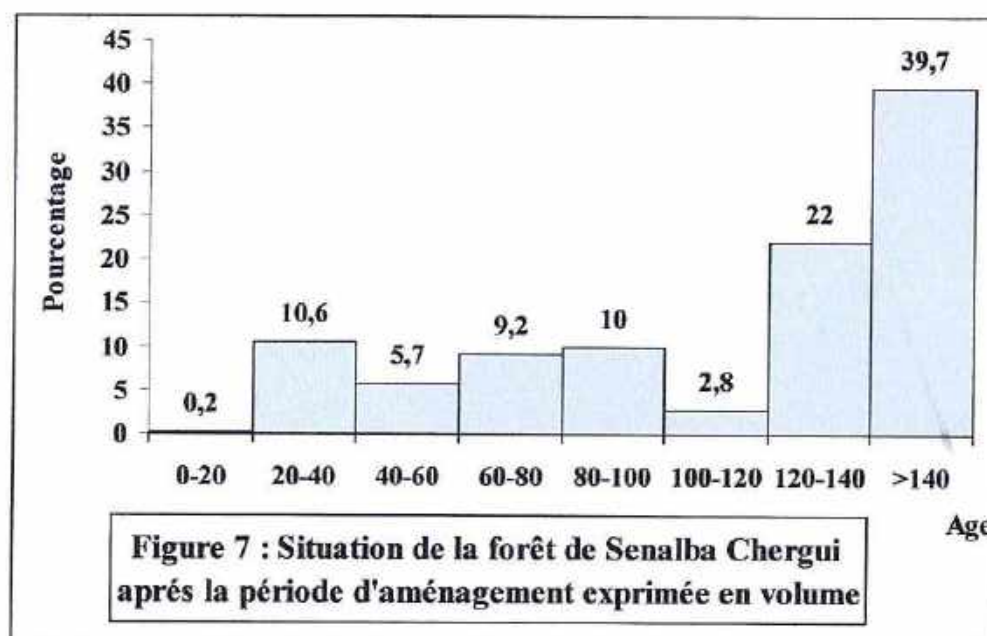
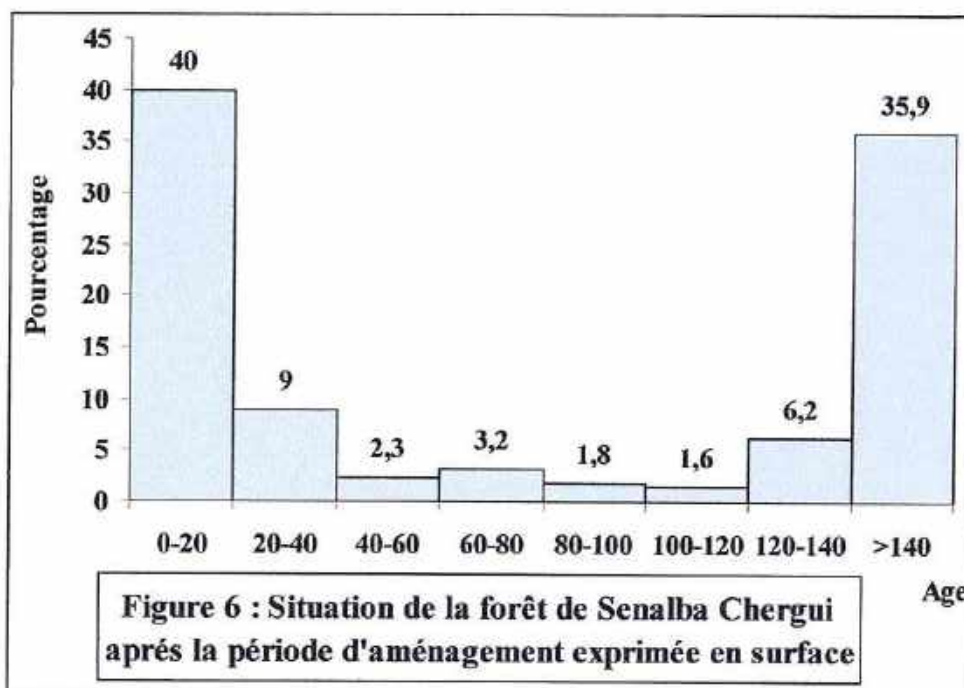


D'après les données de la direction de conservation des forêts de Djelfa de l'année 1996, les travaux de reboisement et de reconstitution réalisée Dans le cadre d'aménagement depuis les années quatre-vingt sont regroupés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Les surfaces reboisées dans les massifs forestiers de la région de Djelfa

| <b>Formations forestières</b> | <b>Surfaces reboisées en hectares</b> |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| Forêts de Senalba Chergui     | 4.440                                 |
| Forêt de Senalba Gharbi Est   | 4.920                                 |
| Forêt de Senalba Gharbi Ouest | 5.800                                 |
| Sehary Guebli                 | 8.200                                 |
| Djebel Deguedegue             | 2.000                                 |
| Sahary Dahry                  | 5.000                                 |
| Djellal Chergui               | 1.500                                 |
| <b>Total</b>                  | <b>31860</b>                          |

Dans le but de la reconstitution des vieilles forêts, la direction de la conservation des forêts de Djelfa a établi un programme d'aménagement depuis les années quatre-vingt et appliqué à partir de 1985. Malgré la réussite de plusieurs séries de reconstitutions dans divers peuplements réalisés, plusieurs autres montrent l'échec. Le problème de l'adaptation de Pin d'Alep est devenu assez difficile, à l'heure actuelle, cette essence forestière très répandue subit l'influence de plusieurs facteurs perturbant son développement. L'aménagement adopté et prévisionné sur 20 ans est illustré par les figures 6 et 7.







## DEUXIEME CHAPITRE : Les dépérissements en milieu forestier

### 1) Chronologie et régression des peuplements forestiers

L'état de fragilité écologique et de dégradation avancée sont l'aboutissement d'un ensemble de facteurs, soumettant la richesse forestière à des attaques successives de plusieurs déprédateurs, le cas des scolytes qui sont de redoutables ravageurs forestiers dont les dégâts sont considérables (Piou *et al*, 1989). En Amérique, deux millions et demi d'hectares de pin ont été détruits entre 1962-1964, à raison d'environ 100.000 arbres par jours sur front de 180 Km (Pesson et Chararas, 1969). En parallèle les scolytes détruisent chaque année en Californie le bois de conifères pour une estimation de deux millions de Dollars (Pesson, 1974). Ces xylophages sont classés au premier rang des ennemis des forêts car ils sont responsables de 85 à 90% des dommages (Pesson, 1974). En Tunisie le *Cerambycidae Phoracantha semipunctata* a détruit d'immenses plantations d'*Eucalyptus*. Ceci traduit l'importance des dégâts et nécessite une attention plus grande qui devrait être accordée à ce groupe d'insectes.

En Algérie, un grand nombre des forêts naturelles et reboisements sont en ligne de dégradation, plus de 10 millions de mètres cubes de bois résineux et 9 millions de mètres cubes de bois feuillus sont destinés chaque année aux usines de tranchage et de déroulages et près de 95 millions de mètres cubes d'industries servent chaque année comme matières premières aux industries de pâte à papier et à la fabrication de poteaux. Notant que les incendies répétés des forêts notamment les incendies coloniaux durant la guerre de libération ont modifié grandement l'état boisé (Ferria et Zidani, 2002).

D'après les analyses statistiques de la direction générale des forêts de l'année 2000, la surface forestière ravagée par les incendies en Algérie est estimée à 365.000 hectares au cours de la période de 1987 à 1999. Les forêts algériennes et particulièrement les forêts de la région de Djelfa atteint un stade avancé de dégradation ce qui provoque un abattage d'environ 40.000m<sup>3</sup> de bois en 10 ans dans le cadre d'assainissement (Chakali, 2003).



La dégradation des forêts est liée aux différents types de problèmes sanitaires qui ne progressent que lentement sur les sujets atteints et les agents causaux agissent d'une manière complexe. Notant que le facteur aggravant l'état de la forêt est l'agriculture intensive et destructrice que la colonisation a développée d'une façon massive et systématique, de vaste région à la recherche de profits substantiels et immédiats sans faire de soucis sur les effets néfastes à long terme (El hassani et *al*, 1994)

## **2) Causes possibles**

### **2.1) Changements climatiques**

Le climat de la terre est une donnée planétaire variable, complexe, contrastée, méconnue et non maîtrisable par l'homme. Il a changé tout au long de son histoire géologique qui a eu une influence sur l'existence, l'abondance et la répartition des végétaux et des animaux sur la planète. Le risque de changement du climat mondial crée une nouvelle menace pour la viabilité des forêts et compromet les pratiques d'aménagement basées sur la variabilité du climat telle qu'elle est mesurée par les observations actuelles et passées.

Le changement climatique est un phénomène complexe qui se traduit par l'apparition d'un nouveau aspect du climat, ce sont surtout la succession des périodes de sécheresse régionale de 1983 à 1985 et de 1989 à 1991 qui traduisent fidèlement la longévité de la période sèche qui se caractérise par des températures élevées et des pluviosités mal réparties au cours du temps. Cet effet est la cause importante du stress des formations arborées, qui augmente sensiblement leur vulnérabilité aux maladies et aux attaques des ravageurs.

Les accidents climatiques, parmi lesquels les tempêtes, peuvent causer des blessures qui prédisposent les arbres aux attaques des ravageurs. Néanmoins les arbres dépérissant déjà atteints deviennent souvent la proie des scolytes après une vague de sécheresse.





## 2.2) Action anthropozoïque

L'homme modifie l'organisation de la couverture forestière par des interventions, travaux culturels, défrichage, construction des pistes et routes et le passage de canalisation et l'arrachage des arbres pour les travaux sylvicoles. En effet le défrichage de la forêt en faveur des cultures est de plus en plus persistant, les arbres sont arrachés pour servir de combustible. La désertification est le moment où la disparition de l'arbre devient irréversible (Carro in Ait-Alhayene, 1992).

Une plus grande mortalité des arbres aura pour conséquence l'augmentation du volume des matières combustibles, notant que la vitesse des incendies progresse chaque année, pour ceci des milliers d'hectares de forêts algériennes ont été incendiés au cours de ces dernières décennies.

Les activités de l'homme entre autre, la consommation excessive de combustibles fossiles et le déboisement des zones forestières, entraînent des changements climatiques d'une ampleur limitée. Les forêts et leur durabilité pourraient en être profondément affectées on ajoutant les techniques de reboisement et le choix des essences, le choix du site et les techniques de plantation sont d'autant des facteurs qui peuvent contribuer à l'affaiblissement des arbres a long terme.

## 2.3) Impact des xylophages

Les conséquences des facteurs primaires précités sont l'installation et la succession d'une multitude d'insectes xylophages, accélérant le processus de dépérissement qui se réfère généralement à une perte de vigueur et de santé prématurée et progressive non associée systématiquement à un insecte ou un pathogène spécifique (Landman 1993, in El Hassani et *al*, 1994). Les forêts plus particulièrement résineuses souffrent régulièrement des pullulations de scolytes (Laplante, 1998). De nombreux cas de dépérissement à scolytides notamment *Tomicus piniperda* sont d'une grande importance économique en Europe et se sont multipliés ces dernières années dans le bassin méditerranéen.





Les pinèdes Algériennes particulièrement les forêts de la région de Djelfa ont subi ces dernières années l'attaque des scolytes; plusieurs espèces nidifient dans les racines dénudées ou dans les pieds de souches des arbres, gisant à terre et toujours sur la face en contact avec le sol où règne une grande humidité et une absence de lumière.

Ce groupe d'insectes vit à l'état endémique dans tous les boisements, et leur pullulation ne se produit que quand les conditions climatiques leur sont favorables en même temps qu'elles ralentissent la vigueur des arbres (Rodary, 1959). Leur répartition est très vaste dans le monde, elle s'étend de la Russie à l'Atlantique et de la Scandinavie à la Grèce (Chararas, 1962).

### **2.3.1) Caractères généraux des scolytes**

Les scolytes sont des petits Coléoptères de forme trapue de 0.5 à 8 mm, de couleur terne ou foncée (bruns, bruns acajou, noirs) aux téguments recouverts parfois d'écailles dressées ou imbriquées plus claires (blanche, grises, argentées, rousses.....) ou de soies couchées ou relevées. La tête enfoncée dans le pronotum qui est ornée d'antennes relativement courtes pourvues d'un scape, un funicule, et une massue terminale composée d'un nombre variable d'articles arrondie, claviforme, conique...etc (Balachowsky, 1963).

Les élytres sont épais et fortement chitineuses, elles sont arrondies postérieurement chez les Ipinii. Ces insectes ont une importance économique et peuvent se développer sur toutes les espèces de pin. Les pattes sont courtes mais robustes. Les larves sont de types éruciformes, thynchophorien, grasses légèrement recourbées ou arrondies, apodes, blanches avec une tête brune chitinisée bien dégagée du thorax (Balachowsky, 1949).

Chez les adultes scolytides, il existe un proventricule muni de pièces sclérifiées qui jouent le rôle d'un filtre et empêchent les fragments de bois trop volumineux de pénétrer dans l'intestin moyen. les larves sont blanches, recourbées et apodes (Chararas, 1956).



### a) Classification

Les scolytes sont divisés en deux groupes, les Hilesinini et les Ipini (Joly, 1975). La famille des *Scolytidae* se répartit en trois sous-familles ; *Hylesininae*, *colytinae*, *Ipinae* (Pfeffer, 1995). La classification des scolytes est synthétisée sur la figure 8.

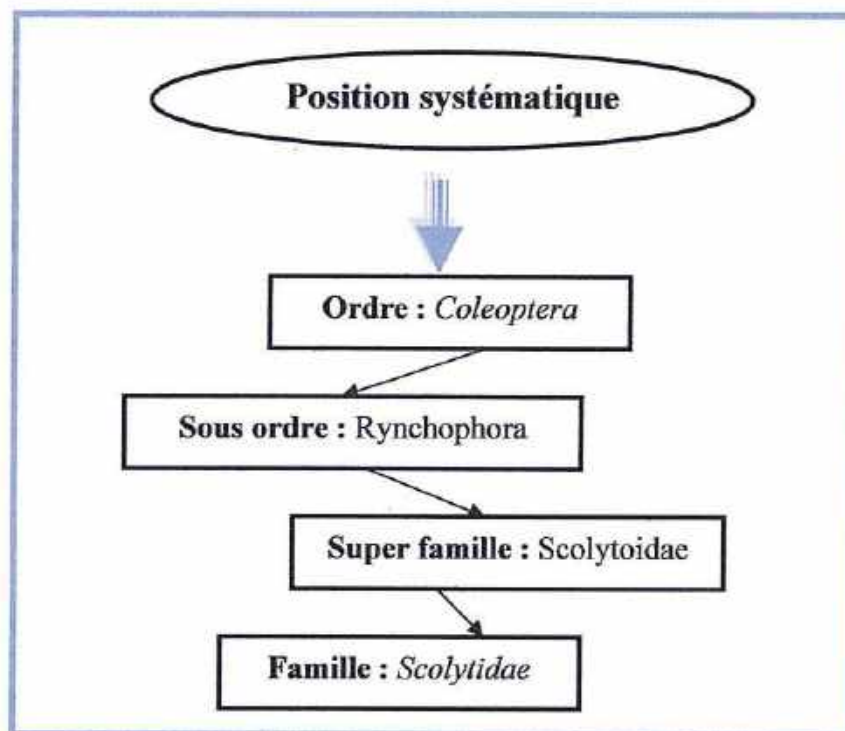


Figure 8 : Présentation systématiques des scolytes.



### b) Régime alimentaire

Dajoz (1980), souligne que tous les scolytes sont phytophages, la plupart subsistent aux dépens de végétaux ligneux, rares sont les espèces qui choisissent les plantes herbacées. Les espèces communes aux deux étant fort rares. Les résineux sont les plus attaqués et parmi eux les espèces du genre *Pinus*.

Les scolytidés ravageurs primaires attaquent les arbres en parfaite santé dont le cambium et le phloème sont pleinement fonctionnels et riches en amidon et en protéines. Les ravageurs secondaires recherchent des arbres plus ou moins dégradés (Balachowsky, 1949).

Plusieurs espèces de scolytides ont une préférence pour certaine partie de l'arbre. Les uns choisissent les grosses branches, les autres des rameaux ou des brindilles ou des écorces d'épaisseurs déterminées (Dajoz, 1980).

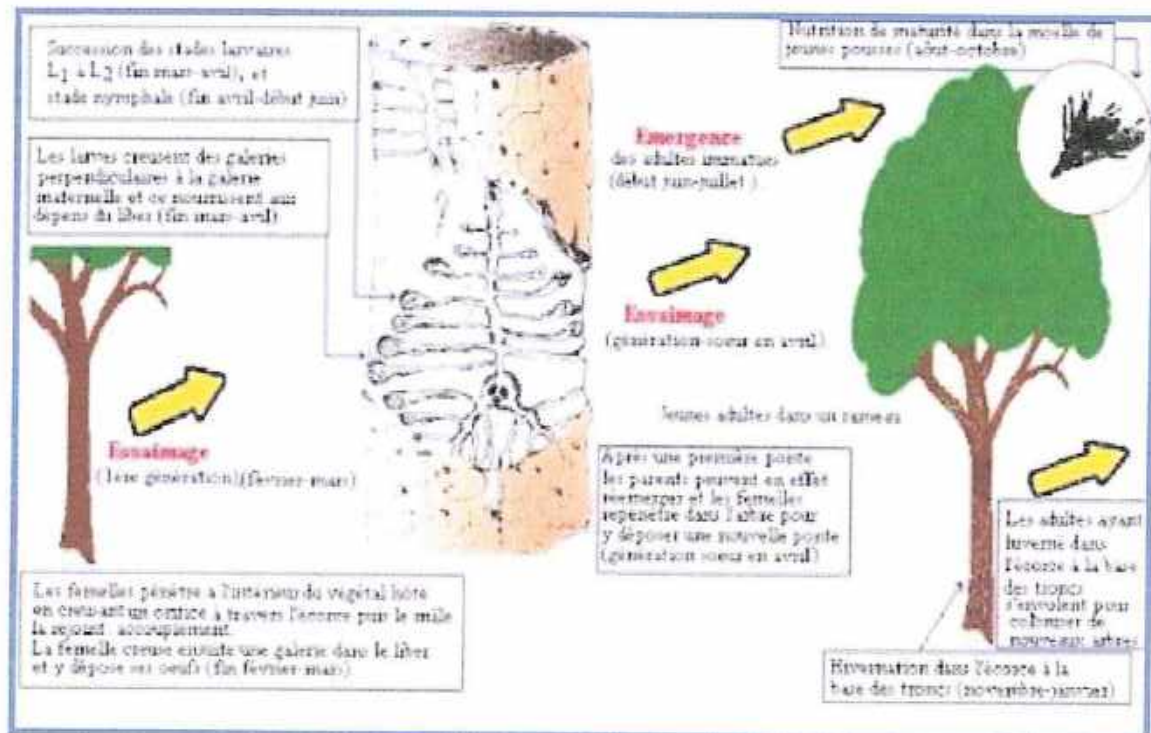
Il existe des espèces sous corticales dont les galeries n'impressionnent que faiblement l'aubier car leur nutrition et leur ponte se localisent dans le liber. Il existe d'autre espèce dont le développement s'accomplit dans la masse du xylème et parfois même dans le bois de cœur (Chararas, 1979).

### c) Biologie

Les scolytes sont des espèces monogames ou polygames, le nombre d'œufs pondu par femelle varie d'une espèce à une autre. Chez les *Cryphalus*, il est de 10 à 12 mais atteint 300 chez les espèces de *Dendroctonus* (Dajoz, 1980). La fécondation peut également être variable chez la même espèce suivant le climat et l'habitat, le nombre de génération varie aussi en fonction des espèces et leurs biotopes (Balachowsky, 1963).

Le cycle biologique des scolytes débute par des trous de pénétration forée par la femelle sur l'écorce d'un arbre affaibli (fig. 9). Le mâle et la femelle s'accouplent à l'entrée de la galerie, la fécondation débute pendant la nutrition et se poursuit pendant l'hiver et s'achève au printemps après l'installation des insectes sur le fût des arbres attaqués (Janin et Lieutier, 1988).





Janin et Lieutier, (1988)

Figure 9: Cycle biologique des scolytes.

La femelle creuse ensuite une galerie dans le liber et y dépose ses oeufs (fin hiver au début de l'été) de 20 à 100 oeufs le long de galerie longitudinale qui est creusée par la femelle dans l'aubier. La température élevée accélère le développement embryonnaire et peut détruire à des seuils les oeufs par dessèchement, les oeufs supportent peu les basses températures (Merzoug, 1991). L'essaimage des adultes a lieu au printemps, il y a également des espèces à essaimage précoce de février à mars et tardif en avril à juin (Balachowsky, 1963).

Le développement larvaire s'effectue sous l'écorce épaisse de la partie inférieure des troncs, après éclosion les larves sortent et creusent à leur tour des galeries perpendiculaires et se nourrissent aux dépens du liber. Les jeunes adultes émergent et s'alimentent dans plusieurs pousses, cas des hylésines (Carle, 1973). A la fin de l'automne, les adultes migrent vers le site d'hivernation qui se fait dans l'écorce à la base des troncs.



Les galeries dans lesquelles vivent les scolytes ont des formes caractéristiques de chaque espèce, à tel point qu'il est souvent possible reconnaître l'auteur de dégâts même en son absence (Dajoz, 1980).

### 3) Relation entre les scolytes et les conifères

Chez les conifères la réussite ou l'échec des attaques des scolytes sur le hôte, semble résulter en effet de l'issue de combat entre les réactions de défense de l'arbre et la population d'insectes (Lieutier et Levieux, 1985).

#### 3.1) Mécanisme d'installation

Beaucoup de ravageurs secondaires sont nuisibles car ils provoquent chez les arbres qu'ils attaquent des modifications irréversibles. Cette action peut être indirecte dans les cas de la transmission des maladies cryptogamiques. Les xylophages recherchent les arbres en état de déficience physiologique. Le phloème et le cambium de ces arbres conservent leurs propriétés mécaniques mais la pression osmotique est inférieure à la normale, ainsi que la teneur en amidon et en protéines (Dajoz, 1980).

Les Insectes xylophages s'alimentent du bois vivant ou malade ou récemment abattu dit bois frais, en creusant des galeries dans l'aubier qui est un bois secondaire jeune périphérique (Fig. 10). Elles forent des galeries sous l'écorce et causent des ravages considérables dans toutes les forêts des conifères du monde (Lieutier, 1992).

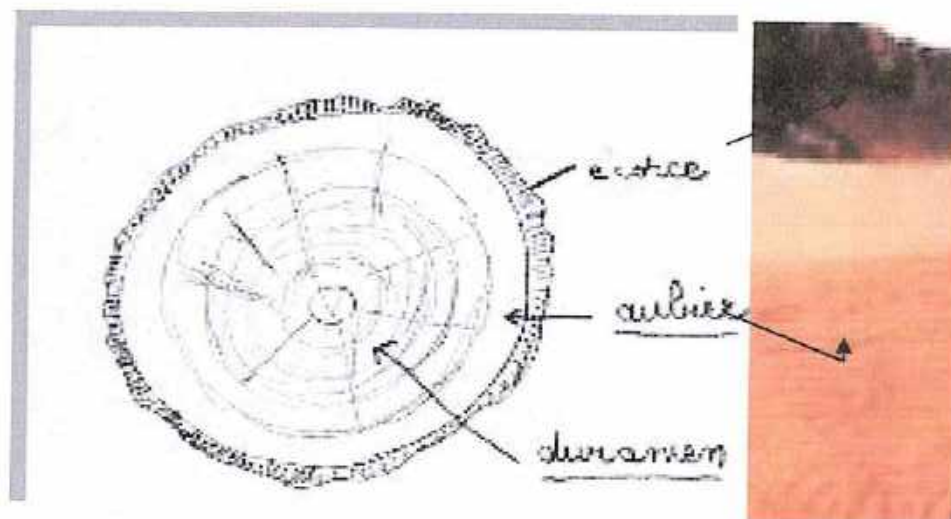


Figure 10: Coupe schématique du tronc. Photo montrant écorce, aubier et duramen (le cambium se situe entre aubier et écorce)





### 3.2) Défense des conifères

Les pinacées en général disposent de deux mécanismes de résistance, l'un met en jeu des structures et composés préexistant à l'attaque, l'autre fait appel à des néosynthèses (induite) Lieutier (1994). Selon les capacités individuelles de chaque sujet l'arbre défend; on a deux cas :

#### ☛ Chez les pins (vigoureux ou affaiblis)

Il existe deux types de réactions de défense chez les résineux comme tout être vivant. L'arbre est capable de se défendre face à une agression, les manifestations externes des attaques de l'insecte se concrétisent par la formation d'un cône de résine durcie percé d'un trou, à cet endroit, si l'on retire l'écorce externe on peut observer la galerie de l'insecte creusé dans le phloème (Lieutier, 1988). Deux cas peuvent se présenter (Tab. 3).

Tableau 3 : Différentes attaques des scolytes sur les pinèdes.

| Cas d'une attaque avortée                                       | Cas d'une attaque réussie  |
|---|--|
| La galerie ne contient ni oeufs ni larves, ni insectes adultes. | Adultes généralement encore présents, présence d'œufs ou de larves |

Une attaque réussie des scolytes provoque la mort de l'arbre en 2 ou 3 années (Brague Bouragba, 1994).

#### ☛ Chez les pins (très affaiblis)

Sur des arbres très affaiblis dont les moyens de défense sont très faibles, les attaques réussissent toujours. Les écoulements de résine sont presque inexistantes et les galeries sont visibles de l'extérieur. On observe sous l'écorce la présence d'adultes en activité, des oeufs et des larves de l'insecte. Il est nécessaire de vérifier s'il y a ou non la présence d'œufs et larves pour conclure au succès ou à l'échec de l'attaque.





#### 4) Symptômes de dépérissement

Le dépérissement reste encore ambigu, c'est l'existence des symptômes visibles identifiés par des mesures classiques, des modifications de croissance et défoliation, altération du feuillage et la perte de vitalité quelle que soit la cause (Bonneau, 1991).

Le dépérissement causé par les xylophages se traduit par un jaunissement des aiguilles puis par un dessèchement complet de la cime et la mort de l'arbre dans les mois qui suivent. L'aspect morphologique est une référence de différenciation entre un sujet dépéris et un sujet sain (Landmang et al, 1987, in Hadji, 1998).

La nutrition des jeunes adultes dans les pousses entraîne un dessèchement des bourgeons et provoque une baisse de la croissance de l'arbre, de plus les extrémités minées se cassent (Brague Bouragba, 1994). La présence au sol de nombreuses pousses minées est un indice de l'existence récente dans les environs d'un foyer d'attaque (Lieutier et Levieux, 1985).

Les dommages sont maximaux lorsque les arbres sont dans un état de grande réceptivité (arbres en période végétative) en même temps qu'une arrivée massive des tempêtes (Lavagne, 1990).

##### 4.1) Facteurs prédisposants

Les peuplements forestiers se présentent dans des conditions pérennes qui influent pendant une longue période sur l'état physiologique et la vigueur de l'arbre et aboutit au dépérissement qui peut être liée à la nature des sols. A titre d'exemple, la nocivité du sol sodique traduit par sa forte teneur en sodium, a été démontrée in situ par l'observation de nécroses racinaires chez les arbres adultes (Magnin, 1990).



Pour le végétal, ceci est démontré par Nguyen et Lamant (1989a) lors de fortes pluies qui semblent le facteur déclenchant de ce phénomène de dépérissement, le sodium est libéré dans le sol, ce qui a pour effet d'augmenter la pression osmotique du sol (diminution du potentiel hydrique du sol), l'eau devient difficile d'accès pour la plante qui se trouve alors dans une situation de stress hydrique. Suite à ce déficit hydrique la croissance de la plante est inhibée, celle-ci étant plus importante au niveau des parties aériennes qu'au niveau des parties racinaires.

Gaouas *et al*, 1997 ajoutent que la présence de calcaire localisé sur les forêts de pentes peut causer indirectement le dépérissement, c'est le cas de la série VI de la forêt de Senalba Chargui.

Un autre facteur toujours persistant, la sénescence du peuplement et son exposition au sud, influe indirectement sur l'aspect forestier des peuplements.

#### **4.2) Facteurs déclenchants**

Ce sont des facteurs favorisant l'apparition des symptômes et interviennent durant une courte période, peuvent être d'origine abiotique (accidents climatiques) qui se traduit par des longues périodes sèches. De même allure, les attaques par les insectes défoliateurs (facteur d'origine biotique), ces facteurs conduisent rapidement au phénomène de dépérissement des arbres.

L'écosystème qui se trouve gravement perturbé sous l'effet des facteurs abiotiques et biotiques et l'action de l'homme constitue très souvent une cause de modification de l'environnement. Du fait que les Scolytides préfèrent les sujets dont la vitalité s'est trouvée perturbée, tous les facteurs défavorables aux arbres peuvent déterminer même s'ils n'agissent que pendant une courte durée des perturbations physiologiques autorisent l'installation massive des xylophages (Chararas, 1980).



### 4.3) Facteurs aggravants

Ces facteurs provoquant des symptômes très visibles et identifiables sur les sujets dépéris, ceci par la succession de plusieurs facteurs causaux, leurs actions sur l'hôte provoquent la mort de l'arbre. Les conséquences des facteurs primaires précités sont l'installation et la succession d'une multitude d'insectes xylophages qui accélèrent le processus de dépérissement.

### 5) Evolution épidémiologique en pinèdes

Ce type de dépérissement peut être décomposé en trois stades :

- ✚ un stade préliminaire, caractérisé par un ralentissement de la croissance des arbres, avec un jaunissement puis un brunissement de l'apex des aiguilles, ou les marges foliaires et la chute prématurée des feuilles et des aiguilles âgées.
- ✚ un stade intermédiaire, durant lequel il y a nécrose des bourgeons
- ✚ un stade final, correspondant à la mort de branches entières, consécutivement à une défoliation complète qui ne permet donc plus d'alimenter en photosynthétats l'arbre et peut entraîner sa mort (Meli et Resch, 1990)

### 6) Appréciation des risques et stratégie d'intervention

Les symptômes d'une attaque des scolytes de pin n'attirent souvent l'attention que tardivement, lorsque l'arbre est condamné. De plus même lorsque le diagnostic est très précoce, il n'existe souvent pas de remèdes pour sauver l'arbre et l'on peut alors compter que sur les capacités intrinsèques de défense de celui-ci (Chakali, 2005). Toutefois, même tardivement un diagnostic des attaques sur l'arbre attaqué est indispensable car au-delà de l'individu c'est le peuplement qui est menacé. Le diagnostic des attaques sur quelques individus est un élément de base d'une lutte préventive contre une épidémie.





Dans le cadre de la lutte contre le dépérissement, des moyens de lutte à court et à long terme ont été mises en place par la collaboration des directions nationales et internationales, sur ceci divers points de protection ont été lancés :

### 6.1) Elimination des arbres atteints

C'est la méthode fondamentale de lutte. Elle consiste à procéder à un assainissement urgent des foyers atteints par une coupe sélective des arbres morts sur pied et des arbres dépérissant.

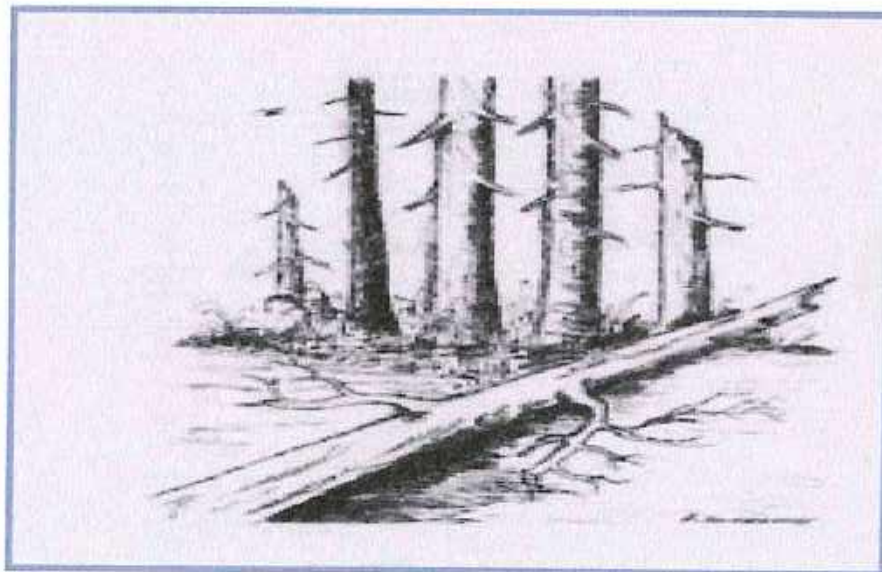


Figure 11 : photo présentant des sujets atteints .

Il y a lieu également d'évacuer hors de la forêt tout le bois gisant (chablis, coupes) et de procéder à son incinération ou à sa transformation.



## 6.2) Technique de lutte par arbre piège

L'installation d'arbres pièges est une mesure tout aussi importante que la première. Elle s'appuie sur la nette préférence des insectes xylophages à pondre sur des arbres faibles d'où la concentration du plus grand nombre d'individus et de pontes sur les pièges. Il s'agit de couper un arbre sain ou faible, les billes sont alors ébranchées et juxtaposées sur le sol puis recouvert de feuillage pour éviter une dessiccation trop rapide. Les rondins installés à proximité des foyers d'attaque vont permettre l'attraction des insectes adultes qui vont y pondre. Au cours de son envol, l'insecte adulte est attiré par les émissions de substances chimiques (terpènes) émises par les sujets affaiblis qui deviennent des cibles. Chaque début de mois, l'ancien arbre piège est évacué du site et l'on procède à son incinération ce qui permet de détruire toutes les pontes et les premiers stades larvaires.



Figure 12 : Dispositif d'arbres pièges installés en forêt (original).



D'une part la mise en place d'arbres pièges est une simulation de cette situation naturelle et permet d'attirer les insectes volants. Les arbres servent de pièges que s'ils sont encore en sève au moment de l'essaimage et leurs attractivités jouent alors à plein (Chararas, 1959). Pour limiter à court terme le dépérissement il faut retirer les arbres morts ou malades en continu, ceci afin d'éviter la propagation des maladies qui l'accompagnent.





## **TROISIEME CHAPITRE : Contribution de la télédétection spatiale dans la caractérisation de dépérissements**

### **1) Généralités**

La télédétection est une source d'information géographique actualisée à usages multiples exhaustive, homogène, cohérente, objective et fiable sur un territoire donné. Elle est utilisée par de nombreux organismes publics et privés à différentes échelles, du local au global dans de nombreux domaines d'application (agriculture, forêt, environnement et aménagement de territoire...). Elle est utilisée dans les inventaires cartographiques (Atlas) et les suivis pour l'évaluation des changements (ex : Analyse multi- temporelle de l'occupation des sols, système d'alerte précoce.....) (Giacobbo, 2000).

### **2) Intérêt de la télédétection**

Son intérêt inclue dans la répétitivité, favorise une vue synoptique et autorise l'accès à l'information dans des zones inaccessibles. Par ailleurs, l'inconvénient réside sur les coûts élevés des images et de leurs traitements et nécessite l'utilisation de la haute technologie (outils de traitement, formation.....). En plus de la limite des capteurs actuels (nouvelles tendances ; haute résolution spatiale et spectrale), le manque de produit dans les services pour une utilisation plus large et régulière. Ce sont les éléments influençant la bonne qualité d'analyse des images considérées.



### **3) Caractéristiques générales sur la télédétection spatiale**

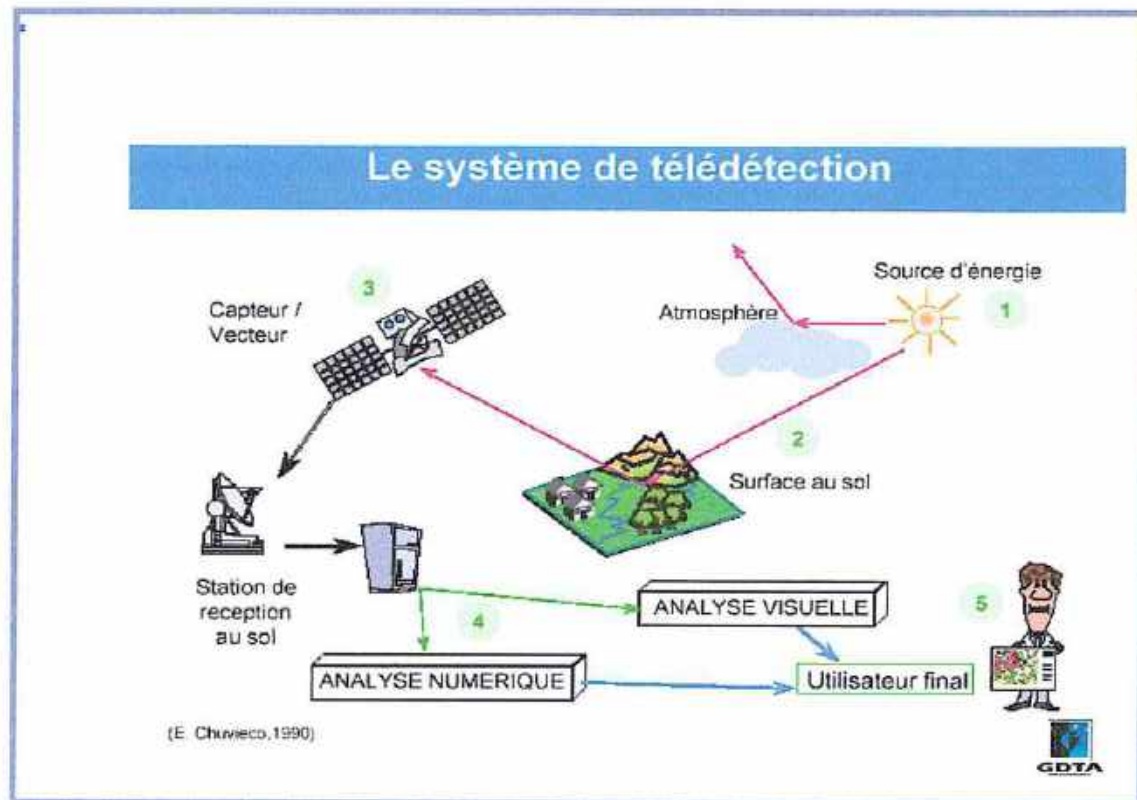
#### **3.1) Généralités**

La commission officielle de terminologie de la télédétection aérospatiale définit la télédétection comme « l'ensemble des connaissances et techniques utilisées, pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci ».

Elle est considérée comme un moyen de connaître un objet ou un ensemble d'objets distribués spatialement (Manier, 1987). Elle regroupe les techniques permettant la détection sous forme de photographie, d'enregistrement donnant lieu à des images ou de profils, les variations d'absorption, de réflexion et d'émission des ondes électromagnétiques (Scanvic, 1983). Le principal objectif de la télédétection est de cartographier et de suivre les ressources classiques. La télédétection par satellite est précise, rapide et économique.

Autre définition désigner par Lillasand et Kiefer, 1994 cité par Giacobbo, 2000, « La télédétection est l'ensemble des techniques permettant d'obtenir de l'information sur un objet, un territoire ou un phénomène géographique à travers l'analyse des données acquise à distance sans contact direct avec cet objet, ce territoire ou ce phénomène géographique » (Fig.13).

Pour la bonne obtention des images, la télédétection dépend essentiellement de la mesure effectuée à distance, par l'interaction entre le rayonnement et la matière, à l'aide des instruments de mesure comme les capteurs et vecteurs (satellites, avion). Lorsqu'un satellite doit effectuer une prise d'image, il lui faut tout d'abord être orienté par rapport à une cible prédéfinie par une station de commande depuis la terre.



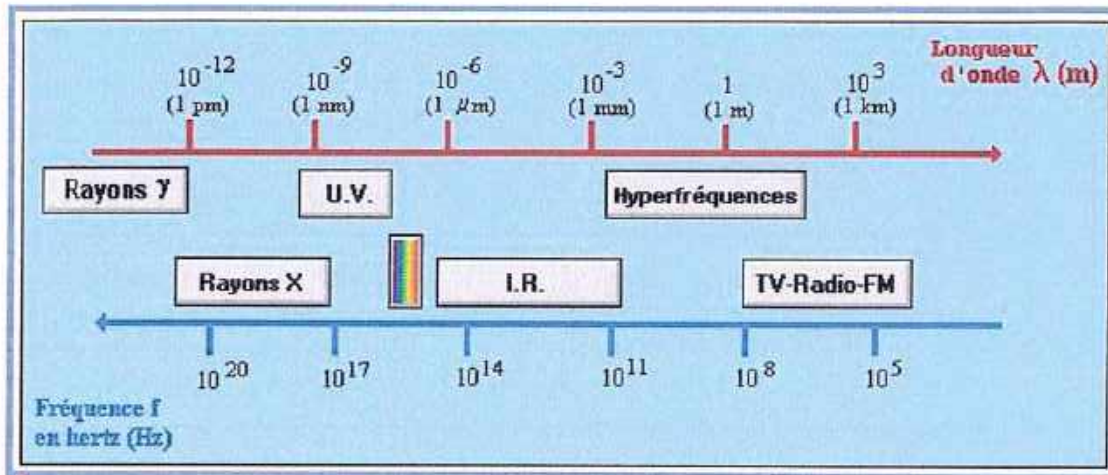
Chuvieco, (1990) in Giacobbo, (2000)

Figure 13 : Présentation des techniques suivies et utilisées dans la télédétection.

La télédétection tient compte des caractéristiques des ondes électromagnétiques (réflexion, absorption et émission), elle est donc fondamentalement fondée sur la notion de spectre électromagnétique (Fig.14).

L'œil humain est un capteur sensible aux rayonnements électromagnétiques dont la longueur d'onde se situe grossièrement entre 0,4 et 0,8 mm (soit entre 400 et 800 nm). L'évolution technologique qui a permis de réaliser des capteurs sensibles à des rayonnements non perceptibles par l'œil humain a considérablement accru les domaines d'observation.





Cassanet et al, (2002)

Figure 14: Spectre des rayonnements électromagnétiques-le domaine du « visible » est représenté par la petite bande colorée.

### 3.2) Les bases de la télédétection

La télédétection est basée sur la notion physique du spectre électromagnétique qui est une source d'énergie sous forme de rayonnement électromagnétique est nécessaire pour illuminer le cible, qui ne produit pas cette énergie. Tout rayonnement électromagnétique possède des propriétés fondamentales et se comporte de façons prévisible (Bonn et Rochon, 1992). La radiation électromagnétique est en interaction avec la matière et peut donner lieu à des phénomènes qui interviennent à l'interface sol-atmosphère. Selon la longueur d'onde et la nature de l'objet, l'énergie suit un comportement pour être en contact avec l'objet, elle sera soit transmise, absorbée, émise ou diffusée (Fig.13). Pour cela la télédétection est basée sur deux principes ;

- Les objets reçoivent une énergie électromagnétique globale qu'ils réfléchissent plus ou moins dans les différentes bandes spectrales considérées.
- Les objets émettent de façon propre une énergie électromagnétique dans le spectre infrarouge thermique.



### 3.2.1) Interaction avec l'atmosphère

Avant que le rayonnement utilisé pour la télédétection n'atteigne la surface de la terre, il traverse une certaine épaisseur d'atmosphère. Les particules et les gaz dans l'atmosphère peuvent dévier ou débloquer le rayonnement incident. Ces effets sont causés par les mécanismes de diffusion et absorption (Reeves et *al*, 1975).

### 3.2.2) Interaction rayonnement – cible

Le rayonnement qui n'est pas absorbé ou diffusé dans l'atmosphère peut atteindre et interagir avec la surface de la terre. Lorsque l'énergie atteint la cible, la surface peut absorber l'énergie, la transmettre ou réfléchir l'énergie incidente.

### 3.2.3) La signature spectrale

C'est le signal capté, réfléchi ou émis par une surface géographique. Le signal transporte avec lui une indication sur la nature de l'objet. Dans la partie visible, proche infrarouge et moyen infrarouge du spectre, de 0,3 à 3 micro mètre, la signature spectrale correspond à la réflectance qui est le rapport entre l'énergie reçue par la surface et l'énergie réfléchi par cette surface. La réflectance s'exprime en pourcentage (Caloz, 1990).

On peut en déduire l'énergie absorbée ou transmise par la surface, sachant que leur somme est égale à l'énergie incidente. Il y a donc une modification du rayonnement incident qui se caractérise par une soustraction qui se traduit par l'apparition d'une couleur.

## 3.3) Les satellites capteurs

Autour de la terre gravite un grand nombre de satellites artificiels. Certains d'entre eux sont spécialisés dans l'observation de la terre de différentes façons. Elles peuvent être un outil intéressant dans l'évaluation des différents paramètres écologiques, une observation plus longue et plus précise pourrait permettre d'évaluer la variabilité spatiale et temporelle de ces paramètres délicats. Il s'agit soit d'avions, soit de satellites, les scanners multispéctraux ou à détecteurs en peigne sont le plus souvent placés sur satellites.





Un satellite coûte très cher pour sa réalisation et sa mise sur orbite, mais sa durée de vie peut être de plusieurs années. Il assurera un passage systématique au-dessus de divers points du globe plusieurs fois par an. Par ailleurs, l'affrètement et l'envol de l'avion coûtent beaucoup moins cher, mais ne correspondra qu'à une intervention ponctuelle et précise.

Le satellite de télédétection des ressources terrestres est le vecteur assurant aux utilisateurs, services publics et entreprises, la saisie des données échelonnées dans le temps permettant des études diachroniques (Rogalo *et al*, 1987). En conséquence, seuls les satellites à haute résolution, SPOT (10 ou 20 m), LANDSAT TM (30 m) pour le domaine visible, sont actuellement utilisables pour les applications cartographiques à moyenne échelle. Dans le domaine radar, ERS1 (20 m à 6 m selon le nombre de vues) et JERS1 (18m) ont également des résolutions compatibles avec la cartographie à moyenne échelle (Laurence *et al*, 1993).

Les données image-radar sont parfois difficiles à utiliser car elles ne résultent pas d'une mesure du rayonnement solaire reçu mais d'une analyse complexe du signal émis par une antenne puis rétro diffusé par le sol. L'image n'est obtenue que par traitement complexe du signal. De plus, des «aberrations» de localisation dues à l'éclairage oblique et aux effets du relief sont difficiles à éliminer. De nombreuses recherches sont menées actuellement sur ce sujet en vue de l'utilisation opérationnelle de ce type de données pour la cartographie topographique (Laurence *et al*, 1993).

### 3.3.1) Satellite SPOT

SPOT a donc une orbite parfaitement adaptée à l'observation continue de la terre. L'orbite Polaire Phasée, héliosynchrone et circulaire nous permet d'obtenir chaque jour des images comparables de tout point de la terre selon différents modes de prise de vue. Les satellites SPOT sont équipés de deux instruments H.R.V. (Haute Résolution Visible) opérant chacun en deux modes spectraux (Maurel, 2002).





### Mode multi spectral (XS)

Le satellite SPOT porte un radiomètre qui mesure le rayonnement réfléchi et émis par la terre dans trois domaines de longueur d'onde (ou trois "canaux"). Il comprend trois bandes spectrales; deux dans le visible (vert et rouge) et une dans le proche infrarouge, la résolution est de 20m. Ils sont représentés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Les différents canaux et leur longueur d'onde.

| Les canaux           | Longueur d'onde           |
|----------------------|---------------------------|
| Canal vert XS1       | 0,50 à 0,59 $\mu\text{m}$ |
| Canal rouge XS2      | 0,61 à 0,68 $\mu\text{m}$ |
| Canal infrarouge XS3 | 0,79 à 0,89 $\mu\text{m}$ |

Maurel, (2002)

### Mode panchromatique (PA)

Comprend une bande spectrale dans le visible de 0,51 à 0,73 $\mu\text{m}$ , la résolution est de 10m. Le mode d'acquisition de l'image est réalisé ligne par ligne, ce qui assure une rigidité géométrique parfaite sur une ligne d'image.

L'une des originalités de l'instrument H.R.V. (Haute Résolution Visible) est son miroir de d'épointement qui permet d'observer latéralement jusqu'à 27°, de part et d'autre du plan de l'orbite permettant ainsi d'accroître la répétitivité des observations et d'obtenir une vision stéréoscopique à partir de deux images d'une même zone acquise depuis des orbites différentes.

La largeur du champ est comprise entre 60 et 80km en fonction de l'angle de visée. Les deux instruments (H.R.V) ont au total un champ d'observation de 117km de large avec un recouvrement de 3km pour une inclinaison de  $\pm 18^\circ$  par rapport à la verticale de chaque capteur. Cette dernière spécificité s'avère particulièrement utile pour les opérations de mosaïque d'image, les données SPOT subissent un prétraitement de base et peuvent sur demande du client subir des traitements complémentaires permettant d'améliorer tant la géométrie que la radiométrie des images.



### 3.3.2) Satellite LANDSAT

La géométrie des images LANDSAT TM est très différente de celle de SPOT. En effet le mode de prise de vue par balayage mécanique (scanning) perpendiculairement à la trace du satellite peut induire des déformations particulières dont les corrections sont plus complexes.

## 4) Notion de l'image satellite

### 4.1) Généralités

Outil de visualisation et de communication de l'information qu'elle soit géographique, statistique.....etc. Pour un objectif précis, ces cartes peuvent adopter des présentations variées et sont donc réalisées avec une plus grande liberté de choix et de figures. (Laurence *et al*, 1993).

L'image satellite est une image numérique représentant les mesures d'un rayonnement réfléchi ou émis par la surface terrestre. Permet d'identifier en composition colorée les éléments du paysage (Habert, 2002).

Elles sont caractérisées par la partie du spectre électromagnétique utilisée (visible, infrarouge, ondes radar), la résolution au sol, c'est-à-dire la taille du plus petit élément ou échantillonné sur le terrain, la répétitivité de l'observation qui est un des grands avantages de l'observation par satellite est de pouvoir fournir des séries temporelles d'images de la même zone dans des conditions d'observation assez identiques.



## 4.2) Qualités de l'image satellite

L'image satellite se présente sur plusieurs qualités, des qualités géométriques qui dépend entre autres des performances du capteur et de la stabilité du satellite sur son orbite, de la connaissance des perturbations pouvant affecter le satellite et/ou le capteur.

## 4.3) Utilisations

Gérard (1995), note que l'exploitation des images satellites est assurée, si la première lecture est souvent affective parce qu'on reconnaît l'espace présenté ou qu'on apprécie la composition colorée, on peut résumer la démarche à cinq étapes.

- **Le repérage** dans l'espace et dans le temps.
- **La lecture** de l'image qui s'effectue sur 4 critères appelés descripteurs, les éléments linéaires, la couleur, la structure et la texture.
- **Le zonage** qui est la recherche de plages à l'intérieur desquelles les descripteurs sont homogènes.
- **l'interprétation** qui est la véritable exploitation géographique par la formulation de questions et d'hypothèses d'explications.
- **La cartographie** synthétique ou thématique à partir de la grille de description et d'interprétation.

## 5) Les facteurs de base de traitements d'images satellites

L'observation de la terre depuis l'espace donne naissance à une multitude d'images qui sont toutes des représentations de phénomènes perçus par les capteurs embarqués à bord des satellites. La lecture et l'interprétation de ces images exigent d'en connaître les contenus et d'appréhender les phénomènes physiques qui sont à l'origine de ces contenus. Des notions élémentaires de radiométrie sont nécessaires pour une lecture raisonnée des images de télédétection





D'après Maurel, (2002) les niveaux de prétraitement d'une scène SPOT en mode panchromatique ou multi spectral sont:

- **Niveau 1A** : C'est un niveau brut où seule une égalisation des détecteurs (calibrage) est réalisée dans chaque bande spectrale. Ces corrections sont réalisées systématiquement. Ce niveau de prétraitement est généralement utilisé lorsque des études radio métriques fines doivent être conduites. Il ne comprend pas de corrections géométriques.
- **Niveau 1B** : L'image est corrigée des déformations systématiques introduites par le système, rotation de la terre, effet panoramique, effet de filé, angle de visée. Ces corrections sont monodimensionnelles (perpendiculaires à la trace du satellite). Les corrections sont donc de nature géométrique mais aussi radio métrique (rééchantillonnage de l'image).

La précision locale absolue est de l'ordre de 800m en visée verticale, pas de correction géométrique, égalisation radiométrique des détecteurs, correction géométrique monodimensionnelle, (une ligne corrigée est alignée avec une ligne brute), effet panoramique, rotation et courbure de la terre corrigée.

Parmi les corrections l'utilisation des éphémérides (position du satellite), on procède à une correction géométrique bidimensionnelle par l'utilisation de l'attitude du satellite et de l'altitude moyenne de terrain et d'une projection cartographique. Ceci nécessite de points d'appui (2B), correction géométrique tridimensionnelle et l'utilisation d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) sont à prendre en considération.

- **Niveau 2** : Les principaux caractères distinctifs du niveau 2 par rapport au niveau 1B sont une géométrie et une localisation améliorées par l'utilisation de données internes et externes, les données internes prises en compte sont les données d'orbite restituée et la géométrie de la prise de vues, les données auxiliaires de restitution d'attitude du satellite.



Les données externes sont surtout les paramètres du système de représentation plane choisi l'altitude moyenne souhaitée pour la rectification. C'est pour les points situés à cette altitude que la précision du produit sera la meilleure. En général, c'est l'altitude moyenne de la zone d'intérêt de l'utilisateur qui est choisie, éventuellement, les coordonnées d'un certain nombre de points au sol, dits points d'appui, mesurées sur une carte, sur le terrain ou fournies par l'utilisateur. Selon que l'on utilise des points d'appui ou non, on distingue deux sous niveaux :

- **Niveau 2A** : Des corrections bidimensionnelles sont réalisées pour restituer la scène dans un système de représentation cartographique. Les corrections sont effectuées en utilisant seulement les données d'altitude du satellite et la géométrie de prise de vues sans prise de point d'appui (il n'est donc pas nécessaire de posséder des cartes topographiques).

La précision interne de l'image est améliorée ( $0,5 \cdot 10^{-3}$ ) mais la précision en localisation absolue reste celle du niveau 1B (soit environ 800m). Cependant, une simple translation en X et en Y par rapport à un point connu permet un recalage précis en localisation.

- **Niveau 2B** : C'est un niveau de prétraitement de précision dans lequel les corrections bidimensionnelles sont réalisées à l'aide de points d'appui. L'image est rectifiée dans la projection des cartes. Ce produit, comme le niveau 1B, ne prend pas en compte les déformations dues au relief et est donc d'autant plus précis que la visée est plus verticale et le relief moins important. Les scènes de niveau 2 peuvent être traitées par segment de plusieurs scènes, elles se raccordent alors parfaitement de pixel à pixel.
- **Niveau 3** : En plus des corrections du niveau 2B, la correction de niveau 3 tient compte des déformations dues au relief. Elle fait appel à des données issues d'un modèle numérique de terrain (MNT). La précision de localisation absolue est alors de l'ordre de 0,5 pixel. Le produit final est une ortho image.



La classification des produits LANDSAT a une certaine complexité présentée en huit niveaux.

- **Le niveau 0**, est le produit de base. Les distorsions dues au balayage mécanique sont corrigées en tenant compte de la géométrie du détecteur et du temps d'échantillonnage, elles impliquent un simple ré échantillonnage le long des lignes.
- **Le niveau 1**, reprend les corrections géométriques du niveau 0 en leur ajoutant des corrections radio métriques (calibration, interne,...).
- **Les niveaux 3 et 4**, incluent dans les corrections des variations de vitesse du miroir (polynôme de degré 5) à l'aller et au retour des différentes lignes de balayage, la correction de la rotation de la terre et la correction des effets panoramiques et de courbure de la terre.
- **Le niveau 5**, correspond à un ré échantillonnage à 2 dimensions mais sans géocodage.
- **Les niveaux 8, 9 et 10**, correspondent à des produits géocodés. Le niveau 8 est obtenu sans points d'appui, le niveau 9 avec points d'appui et le niveau 10 avec points d'appui et MNT.

L'équivalence entre les niveaux de prétraitement SPOT et LANDSAT n'est pas stricte. On peut cependant proposer une correspondance relative.



## **DEUXIEME PARTIE**

### **MATERIELS ET METHODES**

#### **PREMIER CHAPITRE : Méthodes d'analyse des images satellites**

##### **1) Présentation et méthode adoptée**

Les capteurs satellitaires actuels fournissent divers renseignements sur les échanges atmosphère/terre. Elles couvrent généralement de grandes surfaces, ce qui renseigne globalement sur les divers phénomènes naturels. Plusieurs types d'images existent en fonction de la nature de l'enregistrement (papier photographique ou enregistrement numérique) et du type de rayonnement enregistré par les capteurs, soit en utilisant le rayonnement propre des objets au sol dans le domaine visible ou proche infrarouge, soit en utilisant un rayonnement émis par un système et réfléchi par les objets, la radargraphie est un exemple (Duperet, 2003).

Un des objectifs de cette étude est de tirer un renseignement sur le processus de réalisation de la cartographie par voie de SIG (système d'information géographique. Principalement le SIG demeure un outil de diagnostic par la localisation des dépérissements dans les massifs forestiers en vue des possibilités d'amélioration du potentiel forestier.

Au cours de la phase préliminaire qui a consisté dans l'obtention d'une carte dite carte des unités de paysage au 1/200000 sur la base de 24 images satellite (LANDSAT MSS, TM, ETM). La carte réalisée sur la wilaya de Djelfa couvrant une superficie 3 228 000ha, elle a été obtenue par photo-interprétation d'images satellites réalisées loin de tout épisode pluvieux, afin de refléter mieux les couleurs naturelles. Les bandes radiométriques utilisées sont classées dans le tableau 5.

Tableau 5 : Les bandes spectrales et leur réalité thématique

|           |  |
|-----------|--|
| ☉ Bande 1 | bleu morphologie du paysage<br>et <u>land cover</u>        |
| ☉ Bande 4 | Végétations  |
| ☉ Bande 7 | relief, hydrographie, lithologie, substrats<br>affleurants |

Puech *et al.*, (1998)

Dans un deuxième volet, une correction géométrique a été effectuée sur la carte conformément au projection UTM et reproduites par impression en fausses couleurs sur papier type cibachrome (24 impressions format 40x 50cm échelle 1/120000<sup>ème</sup> environ ).

L'étude repose essentiellement sur l'utilisation de l'outil informatique basant sur l'apport actuel de la télédétection combinée aux données terrains et climatiques. Ces images sont traitées à l'aide des logiciels, MAPINPHO et l'ENVI.

## 2) Traitements et correction des images satellites

Les différents types d'images satellites présentés sont ceux qui sont visibles, représentant la quantité de lumière visible réfléchi par les nuages ou la surface de la terre. Les zones nuageuses sont blanches et les zones sans nuages sont noires. Les nuages épais sont plus brillants que les nuages fins. En lumière visible, on ne peut pas distinguer les nuages bas des nuages élevés et sur la face nocturne de la terre l'image est entièrement noire. Dans ce cas l'utilisation des images infrarouges s'avère indispensable.

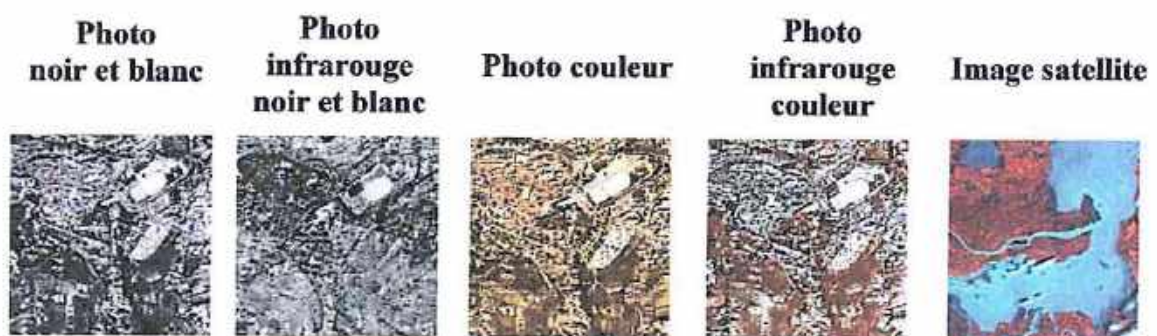
Les images infrarouges, représentent une mesure du rayonnement infrarouge émis par le sol ou les nuages. Ce rayonnement dépend de la température, plus l'objet est chaud plus il devient noir et plus l'objet est froid plus il est blanc.

Les nuages élevés apparaissent plus blancs que les nuages bas car il sont plus froids. Dans les zones sans nuages, plus le sol est chaud plus il est sombre. Il existe une variante colorisée des images infrarouges dans lesquelles chaque graduation est représentée par une couleur spécifique ce qui permet de mieux discerner la partie active des nuages.

Les images vapeur d'eau (water vapor), représentent une mesure du rayonnement infrarouge influencé par la vapeur d'eau dans l'atmosphère. Cela permet de déterminer les zones sèches et les zones humides. Les zones sombres correspondent à des zones sèches et les blanches à des zones humides.

La séquence des différents types des images satellites proposée par Duperet (2003) et représentée par la figure 15.

Figure 15 : Différents stades de corrections de l'image satellite (Duperet, 2003).



## 2.1) Présentation des cartes sources

Les images satellites disponibles occupant la région d'étude ne sont pas des images brutes issues des stations de réceptions. Elles sont le résultat de traitements informatiques destinés à recadrer l'image sur une zone particulière pour être exploitable (limite des zones considérés, colorisation, etc..).



Les images présentant les forêts de la région de Djelfa sont des images corrigées, fournies par la station des photos satellites de la direction de la haute commission de la steppe (HCDS) de Djelfa, l'image représentant la cartographie originale limitant la région de Djelfa est obtenue à partir de la carte source (COMGEO). Les images satellites utilisées et couvrant la région de Djelfa, sont prises à des dates différentes mais au cours de la même saison (1972, 1987 et 2001), représentant l'état des forêts à des périodes variées (Fig. 16, 17, 18).

Ces images sont traitées, interprétées et exploitées à l'aide du logiciel MAPINPHO, elles sont d'une extension (Tif), (Ex : Djelfa Tif). Les bandes qui favorisent l'apparition de ces images sont (1, 2, 3, 4, 5 et 7) en utilisant le logiciel de ENVI, notant que les bandes panchromatiques favorisant la coloration des zones en question, elles sont spécifiques pour chaque satellite.

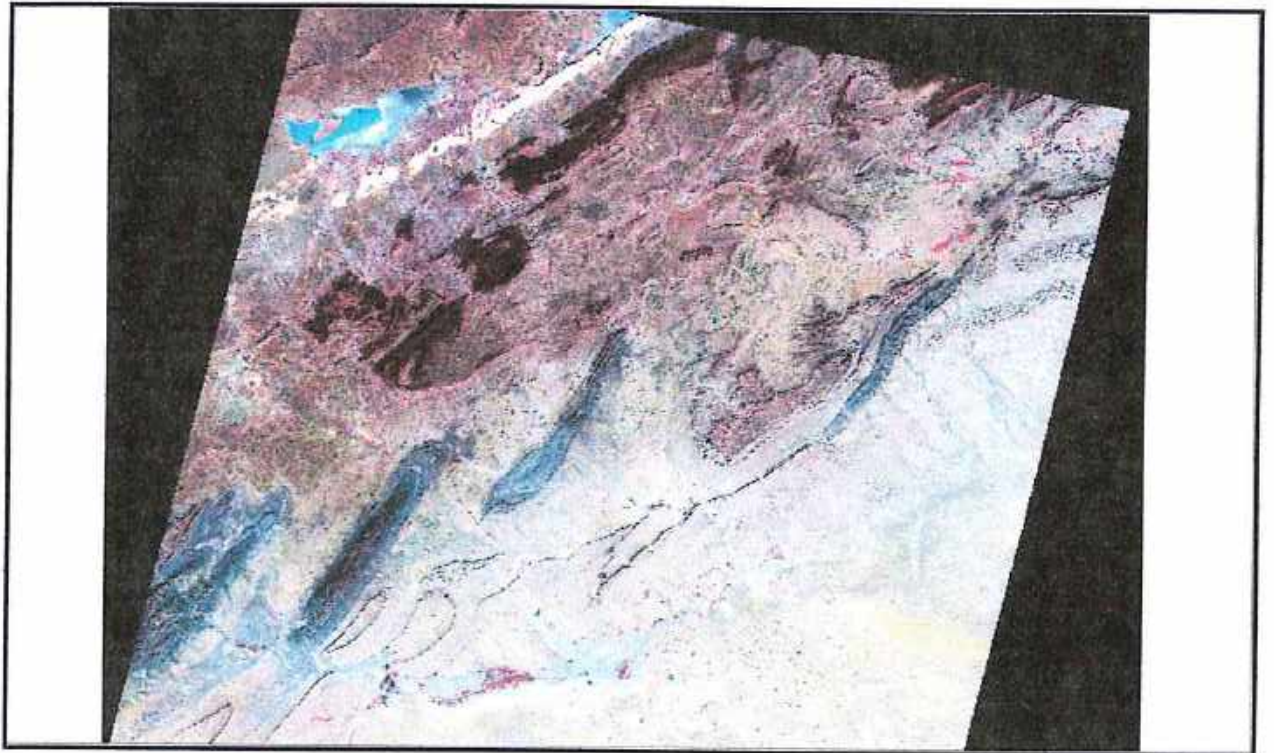


Figure 16 : Image satellite initiale de la région de Djelfa (1972)



Figure 17 : Image satellite initiale de la région de Djelfa (1987)





Figure 18: Image satellite initiale de la région de Djelfa (2001).

## 2.2) Les prétraitements

Suivant la longueur d'onde utilisée par le satellite et le couvert nuageux au moment de l'observation, les images obtenues sont plus ou moins nettes et peut rendre le traitement des images difficile. Cette étape s'avère une nécessité dans un premier temps.

### 2.2.1) Les corrections radiométriques

Les images satellites étudiées sont des images LANDSAT d'une résolution 30x30m. La résolution spatiale est améliorée en utilisant la fonction zoom à partir d'un mouvement d'avancement qui nous permet d'obtenir l'équivalent d'une image prise à plusieurs dizaines de mètres d'altitude, ceci améliore considérablement la résolution longitudinale à 15m.



Ces corrections ont pour but de réduire l'effet bruit, de modeler l'image et de réduire les déformations dues à plusieurs causes qui se résument comme suit:

- ✚ Aux capteurs dont les anomalies de fonctionnements qui ont un effet sur les mesures de réflectance des objets.
- ✚ Au mode de transmission des données.
- ✚ A l'atmosphère qui par diffusion, absorption et émission trouble les valeurs radiométriques des données.
- ✚ A l'angle de visée et l'angle solaire qui influent à leur tour sur la réflectance de l'objet, « la mesure radiométrique est très perturbée pour les angles qui s'éloignent de la verticale » (Mderbel, 1988).

### 2.2.2) Les corrections géométriques

Ce traitement géoréférencement des cartes revêt une importance particulière, non seulement de faciliter le repérage cartographique mais aussi la possibilité de superposer plusieurs images prises dans des dates différentes et vues par des satellites différents.

Ces corrections sont destinées à corriger l'image des déformations systématiques dues à la prise de vue (ellipsoïde terrestre, défilement du satellite, variation du sol). Elles sont faites soit à partir de paramètres d'orbites et d'altitudes enregistrées durant le vol, soit à l'aide de lois de déformation, pour rendre l'image conforme à un type de projection cartographique connu. Les lois de déformations sont calculées à partir de points particuliers appelés amers dont les coordonnées sont connues à la fois sur image et sur terrains.

Géoréférencer ou caler une carte permet d'entrer des coordonnées géographiques dans une projection définie et indiquer quels points de l'image correspondent à ces coordonnées. C'est un processus qui consiste à établir une relation mathématique entre des coordonnées papier (centimètres ou millimètres) sur une carte plane et des coordonnées réelles géographiques (Bernard *et al*, 1997)

### **3) Les traitements proprement dits**

#### **3.1) Digitalisation des forêts de la région de Djelfa**

Les limites des unités des images d'interprétation ont été digitalisées dans un système d'information géographique. Parallèlement il a été réalisé un modèle digital du terrain par codification en numérique de cartes topographiques à l'échelle 1/200000<sup>ème</sup> et 1/500000<sup>ème</sup> (courbes de niveau équidistantes de 50m). Le modèle a été calculé par interpolation des courbes sur une grille de 180 x 180m.

L'utilisation de ces images satellites nous a permis d'évaluer certains paramètres de surfaces, de la densité et déduire le degré d'évolution de ces formations forestières. Cette opération est réalisée en utilisant une table de digitalisation dans la barre couche dessin, agissant sur l'icône de contrôles couches pour les rendre modifiables, ce qui permet de transformer les coordonnées des points de la surface de la table désignés en séries, définissant ainsi des lignes de points qui sont saisis. Cette étape s'effectue en parallèle avec une fonction destinée à délimiter les surfaces des forêts étudiées, en diminuant la résolution à 15x15m par le mouvement de fonction zoom. La procédure se répète sur les trois images considérées.

#### **3.2) Analyse et examen des images satellites.**

##### **3.2.1) Compositions colorées**

Une composition colorée est une représentation significative par une ou plusieurs combinaisons de couleurs ou canaux. Il s'agit en fait dans la plupart des cas d'une simple affectation d'une couleur par canal pour la réalisation de la combinaison de trois couleurs fondamentales bleu vert et rouge (Foin, 1988).

### 3.2.2) Répartition spatiale et dénomination des forêts sur les images satellites

En vue de la réalisation des cartes d'occupation de végétation, les images sont étudiées sous forme de composition colorée combinant les canaux 4, 5 et 7.

Tableau 6 : Les bandes utilisées et leur réalité thématique

| Les canaux     | Longueur d'onde                      | Couleur      | Réalité thématique   |
|----------------|--------------------------------------|--------------|--|
| Le canal MSS 7 | varie entre 0.8 et 1.1 $\mu\text{m}$ | Infrarouge   | Sensible aux variations de la teneur en chlorophylle         |
| Le canal MSS 5 | varie entre 0.8 et 1.1 $\mu\text{m}$ | Orange-rouge | Constitue le siège d'une forte absorption de la chlorophylle |
| Le canal MSS 4 | varie entre 0.5 et 0.6 $\mu\text{m}$ | Vert         | Degrés de développement végétal                              |

Joly (1984) in Kermad, (1989).

Les deux canaux 5 et 7 sont les plus utilisés pour l'étude des groupements de végétaux et leur combinaison permet de traiter en grande partie les phénomènes qui apparaissent sur le terrain.

Avec sa longueur d'onde, le canal 4 indique le développement naturel des végétaux notamment l'intensité des forêts, reboisement et déboisement ainsi que l'installation des cultures (Escadafal et Pouget in Kermad, 1989).

La dénomination des forêts sur les images digitalisées se réalise à l'aide d'une table de fonction texte dans la couche de dessin.

### 3.2.3) Détermination des surfaces forestières de la zone d'étude

Les surfaces forestières de la région d'étude peuvent être estimées par des tables de fonctions en cliquant deux fois sur la zone digitalisée à l'aide des logiciels de cartographie « MAPINPHO ».



Pour le traitement d'image le logiciel « ENVI » a été utilisé pour tirer plus d'informations et préciser dans les zones inaccessibles. L'évaluation des surfaces en vue de régression ou d'augmentation s'effectue par la superposition des images satellitaires considérées et la différence indique la variation.

#### **3.2.4) Détermination des points déperis**

L'étude a concerné le dépérissement des forêts de la région de Djelfa particulièrement les massifs forestiers de Senalba Chergui qui sont les plus menacés par ce phénomène de dégradation. Plusieurs visites et prospections ont été effectuées dans toutes les séries durant les deux dernières années 2004 et 2005, afin de délimiter les foyers les plus déperis et de tirer les informations relatives à la stratégie d'extension. Dans chaque foyer déperis les relevés des coordonnées géographiques ont été notés et mémorisés sur place à l'aide du GPS (Global Positioning System), qui est un système de navigation basé sur un ensemble de satellites militaires dont l'accès est autorisé aux civils. Il est utilisé de façon à limiter la précision de la position à 100 mètres.

On compte aujourd'hui 24 satellites répartis sur 6 orbites à une altitude de 20.000km. Le système GPS donne la position et l'altitude chaque seconde, 24 heures par jour, n'importe où dans le monde.

Dès que le récepteur est accroché sur un groupe de signaux, le GPS peut déterminer à quelle distance il se trouve de chaque satellite en mesurant le temps qu'il est nécessaire pour recevoir le signal du satellite, et par un calcul de triangulation il détermine donc sa position.

Il est à retenir que le dépérissement est le résultat du phénomène enregistré sur plusieurs années. Nous avons opté de placer nos relevés sur l'image la plus récente qui est de l'année 2001, afin de tirer les renseignements les plus actuels de la distribution des foyers déperis dans la forêt de Senalba Chergui.

## **DEUXIEME CHAPITRE : Les données climatiques et présentation des méthodes adoptées à la quantification des scolytes**

### **1) Les données climatiques**

#### **1.1) Présentation des données climatiques**

Le climat de Djelfa est de type méditerranéen contrasté avec une longue saison estivale sèche et chaude et une saison hivernale pluvieuse et froide. Les précipitations sont faibles et variable d'une année à l'autre au point de vue quantité et répartition. Les régimes thermiques sont relativement homogènes et traduisent un climat de type continental. Les données climatologiques nous ont été fournies par la station de l'office national de la météorologie de Djelfa, située à 1150 mètres d'altitude et aux coordonnées, 34°41' latitudes nord et 03°15' longitudes Est.

Les données des moyennes mensuelles des températures et des précipitations relevées de deux périodes considérées (1975/1987) et (1988/2001) pour la région de Djelfa, elles sont représentées en degrés Celsius dans le tableau 1 et 2 d'annexe.

#### **1.2) Analyse des données climatiques**

##### **1.2.1) Précipitations**

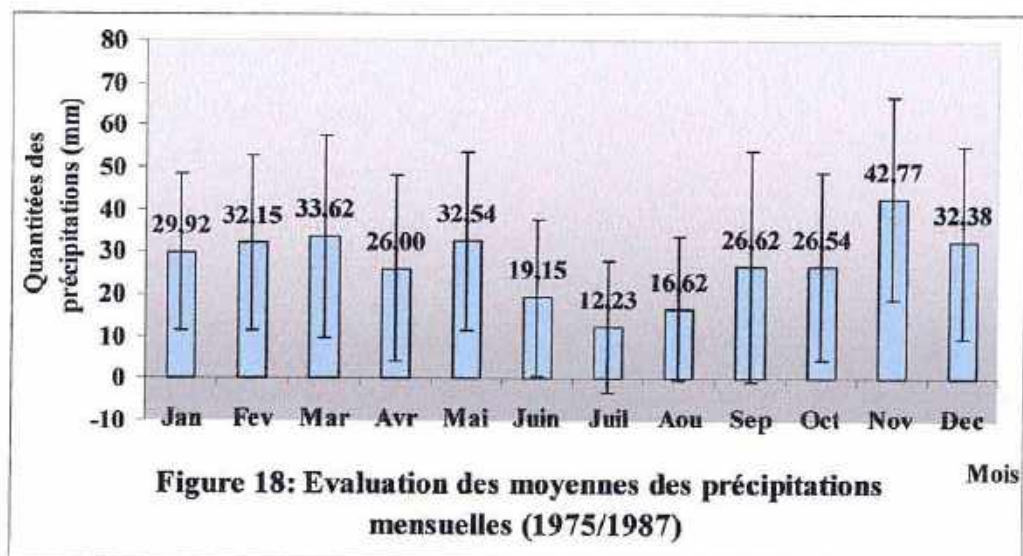
La pluviométrie de Djelfa est caractérisée par un rythme irrégulier annuel et interannuel, relativement peu abondante, concentrée durant la période froide de l'année faisant ainsi une saison froide et humide et saison sèche et chaude. Pour tirer plus d'informations sur les variations des quantités pluviométriques, on préconise dans un premier volet à la présentation des moyennes des précipitations mensuelles enregistrées sur une trentaine d'années, cette durée prise en considération est répartie en deux périodes. Les tableaux 7 et 8 représentent respectivement les périodes (1975/1987) et (1988 à 2001).



Tableau 7 : Présentation des moyennes des précipitations mensuelles (1975/1987)

| Mois       | Jan   | Fev   | Mar   | Avr   | Mai   | Juin  | Juil  | Aou   | Sep   | Oct   | Nov   | Dec   |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Moyenne    | 29,92 | 32,15 | 33,62 | 26    | 32,54 | 19,15 | 12,23 | 16,62 | 26,62 | 26,54 | 42,77 | 32,38 |
| Ecart type | 18,48 | 20,75 | 23,95 | 21,89 | 21,03 | 18,45 | 15,66 | 16,89 | 27,30 | 22,27 | 23,86 | 22,82 |

Les données recueillies sont reportées sous forme d'histogramme afin de mieux analyser les variations (fig. 19).



Les quantités moyennes de pluies enregistrées au cours de l'année, ne présentent pas une grande variabilité, des quantités importantes de pluies caractérisent la période froide allant de 32 mm du mois de février, mars et décembre à 43 mm au mois de novembre. Les faibles précipitations enregistrées coïncident avec la saison estivale ne dépassent pas une moyenne de 19mm.

La moyenne annuelle des précipitations calculées sur la période allant de 1975 à 1987 est de 331mm. En comparaison avec la moyenne de 350mm qui caractérise la zone semi-aride de la région de Djelfa, il apparaît un déficit de 19mm, soit 5,4%.

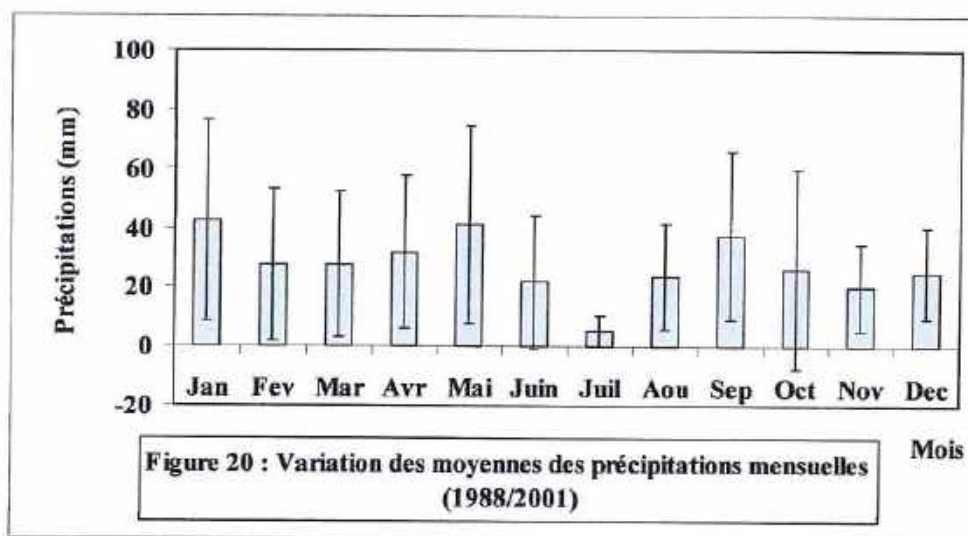


De juin à octobre les écarts types calculés ont des valeurs presque identiques aux moyennes, par contre cette dernière est faible de novembre à mai. Ce qui témoigne de l'irrégularité des précipitations mensuelles.

Pour la période de 1988 à 2001, les données du tableau 8 sont représentées sur l'histogramme de la figure 20.

Tableau 8 : Variation mensuelles des précipitations moyennes (1988/2001)

| Mois       | Jan   | Fév   | Mar   | Avr   | Mai   | Juin  | Juil | Aou   | Sep   | Oct   | Nov   | Dec   |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Moyenne    | 42,49 | 27,55 | 27,59 | 31,85 | 40,92 | 21,68 | 5,31 | 23,65 | 37,40 | 26,10 | 20,06 | 24,84 |
| Ecart type | 34,00 | 25,56 | 24,47 | 25,98 | 33,28 | 22,37 | 5,15 | 17,93 | 28,40 | 33,89 | 14,73 | 15,32 |



L'analyse de l'histogramme de la seconde période (1988/2001) représente globalement une diminution des précipitations par rapport à la première période sauf pour le mois de janvier elle s'élève à une quantité moyenne de 42 mm. Les variations mensuelles sont assez comparables, la plus faible valeur est marquée le mois de juillet par un chiffre de 5mm. La moyenne annuelle des précipitations calculées sur cette période est de 326 mm, en comparaison avec la moyenne de 350mm qui caractérise la zone semi-aride de la région de Djelfa, il apparaît un déficit de 24mm, soit 6,85%.

Les écarts types restent élevés et montrent encore l'irrégularité mensuelle des précipitations au cours des années. Les écarts type calculés pour les mois de février, juin et juillet ont des valeurs comparables aux moyennes.

Les quantités pluviométriques annuelles reportées dans le tableau 9, illustrent les variations enregistrées au cours des années considérées.

Tableau 9 : Evaluation des précipitations annuelles (période de 1975 à 2001)

| Années                     | 1975 | 1976  | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 |
|----------------------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Quantité (mm)              | 337  | 510   | 272  | 175  | 368  | 389  | 329  | 435  | 180  | 244  | 364  | 395  | 299  |
| Excédent(+)<br>Déficit (-) | -    | +     | -    | -    | +    | +    | -    | +    | -    | -    | +    | +    | -    |
| (%)                        | 3,7  | 47,7* | 22,3 | 50   | 5,1  | 11,1 | 6    | 24,3 | 48,6 | 30,3 | 4    | 12,9 | 14,6 |

| Années                      | 1988 | 1989 | 1990  | 1991  | 1992 | 1993  | 1994 | 1995  | 1996  | 1997 | 1998 | 1999  | 2000  | 2001  |
|-----------------------------|------|------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| Quantité (mm)               | 334  | 337  | 447,4 | 451,5 | 380  | 291,4 | 371  | 281,1 | 438,8 | 394  | 177  | 295,6 | 150,7 | 238,9 |
| Excédent (+)<br>Déficit (-) | -    | -    | +     | +     | +    | -     | +    | -     | +     | +    | -    | -     | -     | -     |
| (%)                         | 4,6  | 3,7  | 27,8  | 29    | 8,6  | 16,7  | 6    | 19,7  | 25,4  | 12,6 | 49,4 | 15,5  | 56,9* | 31,7  |

Les excédents et les déficits sont calculés en pourcentage par rapport à la moyenne pluviométrique annuelle qui caractérise la zone semi aride de la région d'étude (350mm).

Les quantités pluviométriques calculées année par année sur une trentaine d'années, montrent une grande irrégularité annuelle. Les plus fortes pluviosités sont enregistrées en 1976 avec un chiffre de 510 m d'environ 47,7% d'excédent, par contre l'année 2000 est la plus sèche avec une quantité de 150,7 mm. Ces années considérées présentent un déficit en eau très variable de 3,7% à 56,9%. Ceci témoigne l'irrégularité des précipitations au cours de ces années qui sont relatives à des périodes de sécheresse, qui par conséquent l'augmentation de la fréquence des attaques des xylophages, dues en général au stress hydrique causé aux arbres.

### 1.2.2) La température

La température est un facteur climatique important, qui a un effet direct sur la végétation et c'est grâce aux degrés jours que la végétation manifeste son rythme biologique.

La région de Djelfa est caractérisée par des températures très variables. Elles sont basses en hiver et élevées en été. Les moyennes mensuelles des températures calculées sur une trentaine d'années sont reportées dans les tableaux 10 et 11.

Tableau 10 : Variation des moyennes des températures mensuelles (1975/1987).

| Mois       | Jan  | Fev  | Mar  | Avr   | Mai  | Juin  | Juil  | Aôut  | Sep   | Oct   | Nov  | Déc  |
|------------|------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Moyenne    | 4,45 | 6,58 | 8,38 | 11,99 | 16,1 | 22,58 | 26,18 | 25,43 | 20,29 | 14,82 | 8,77 | 5,98 |
| Ecart type | 1,19 | 1,54 | 1,59 | 1,67  | 1,69 | 1,43  | 1,08  | 1,17  | 1,83  | 2,12  | 1,87 | 1,75 |

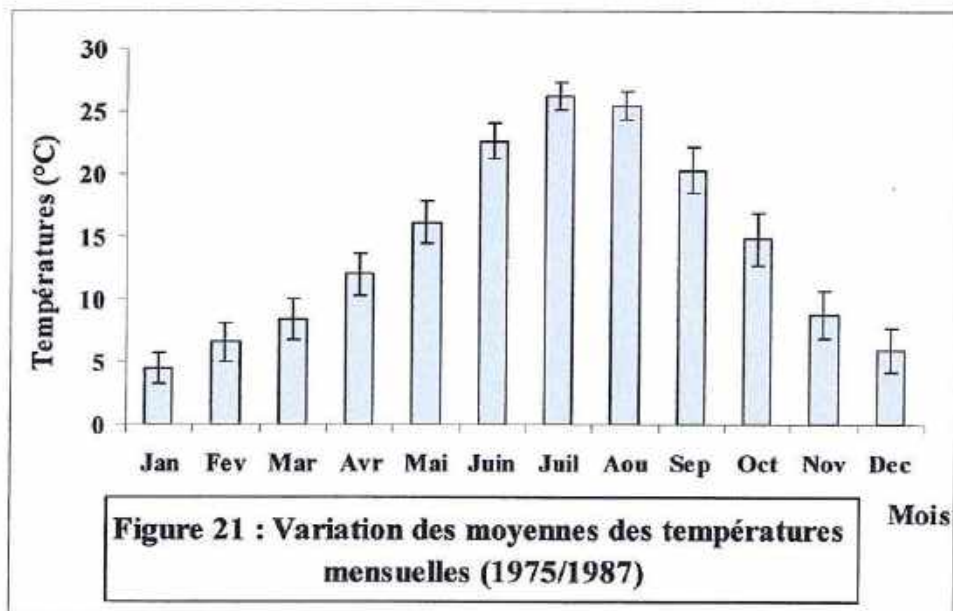
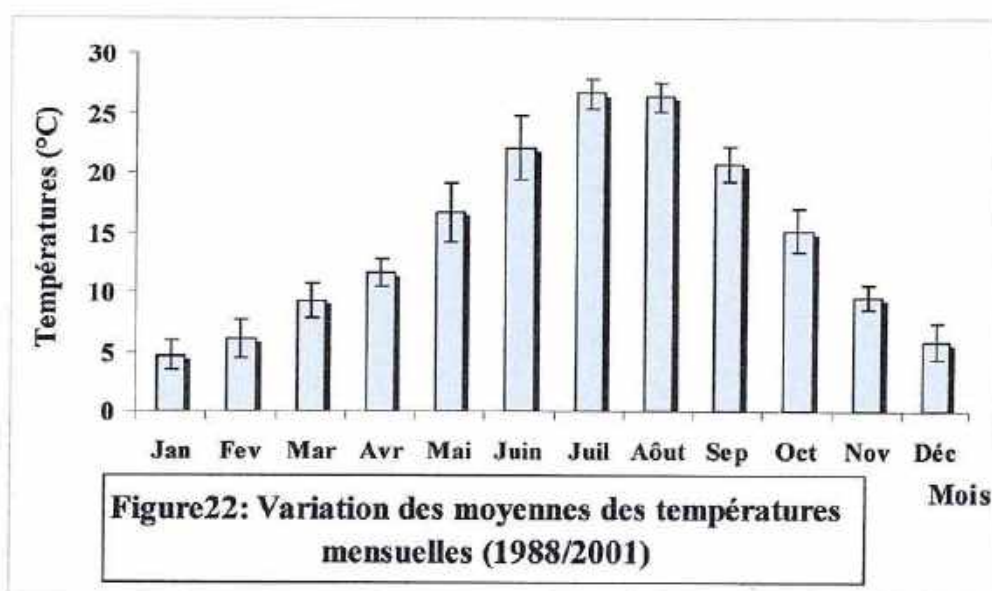




Tableau 11 : Variation des moyennes des températures mensuelles (1988/2001).

| Mois       | Jan  | Fév  | Mar  | Avr   | Mai   | Juin  | Juil  | Aôut  | Sep   | Oct   | Nov  | Déc  |
|------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Moyenne    | 4,66 | 6,09 | 9,29 | 11,63 | 16,67 | 22,10 | 26,60 | 26,32 | 20,74 | 15,13 | 9,54 | 5,83 |
| Ecart type | 1,23 | 1,59 | 1,43 | 1,15  | 2,52  | 2,69  | 1,27  | 1,29  | 1,46  | 1,84  | 0,99 | 1,53 |



Pour les deux périodes prises en considération les moyennes des températures calculées sont très comparables (Fig. 21 et 22). En hiver les températures moyennes calculées sont de l'ordre de 4 à 9 °C avec des écarts types de 1 à 2 °C. Au cours de la période estivale les moyennes vont de 22 à 26°C avec des écarts types de l'ordre de 1 à 3 °C.

En été, la région est favorisée par l'effet de l'altitude et ne connaît pas les chaleurs torrides du Sahara. Une forte amplitude thermique entre l'hiver et l'été et même entre le jour et la nuit est enregistrée très souvent dans toute la région de Djelfa. L'hiver est très rude et la température de l'air descend souvent en dessous de zéro degré. Le minimum absolu noté est de -7°C au mois de janvier, ce qui peut entraîner des répercussions sur la croissance et le développement de la végétation.

La diminution des précipitations et l'élévation des températures favorisent l'installation des insectes xylophages dans un biotope favorable, notant que la succession d'attaques des xylophages rend les forêts incapables de se défendre.

Le développement, l'adaptation et la reproduction des scolytes sont conditionnés par les variations de température. La température n'agit pas par ses moyennes, mais par ses variations même journalières. En réalité les moyennes peuvent perdre beaucoup d'informations, surtout avec l'activité des scolytes qui, dès que les conditions leurs sont favorables continuent à s'activer, profitant même des écarts thermiques du jour et de la nuit pour se développer. Cependant les valeurs extrêmes des minima peuvent agir défavorablement sur les xylophages et entraîner des cas de mortalité.

### **1.3) Relation des données spatiales et climatiques**

Les variations climatiques, notées au cours des dernières périodes, montrent des déficits annuels enregistrés, ont vraisemblablement influencé l'état physiologique des peuplements forestiers à s'autodéfendre contre les ravageurs en général et les xylophages en particulier. La composition floristique des forêts de la région de Djelfa présentée sur les images satellites traduit fidèlement les conditions climatiques qu'elles rencontrent.

## **2) Méthode de quantification des scolytes**

### **2.1) Prospection et choix des sujets dépéris**

La récolte des scolytes à l'intérieur des forêts de Djelfa, est obtenue à partir des prospections sur terrain et des observations analytiques effectuées au laboratoire des échantillons d'écorces prélevés à différents niveau des arbres dépéris. Ceci a été réalisé au cours de l'année 2004 et 2005, où des sorties périodiques saisonnières ont été effectuées mensuellement dans les forêts naturelle de Senalba Chergui (Fig. 23). Les observations se sont multipliées avec l'activité des scolytes au cours des périodes estivale et hivernale pour tirer plus d'informations sur la répartition spatio-temporelle des scolytes. Les sujets attaqués sont facilement reconnaissables, par la présentation des trous de pénétration, les sciures et l'écoulement de la résine permettent la réaction de la défense de l'hôte.

Les prélèvements et l'examen d'échantillons à partir des sujets dépéris nous ont permis de répertorier les espèces des scolytes susceptibles de contribuer au dépérissement.



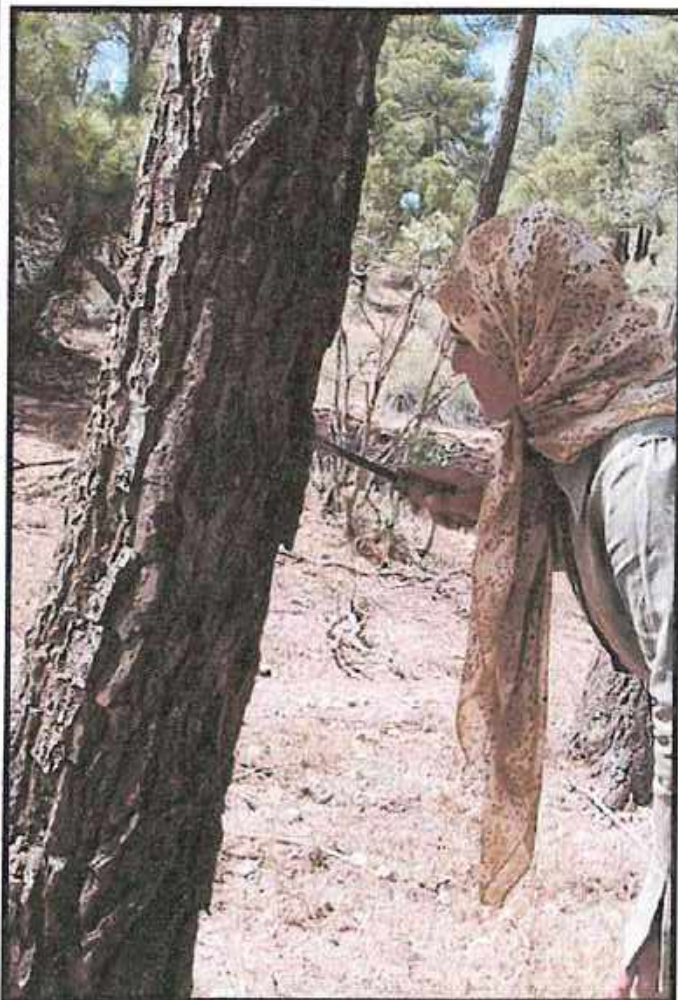


Figure 23 : Examen des sujets dépéris sur pied à Senalba Chergui (Original).

## **2.2) Abattage et préparation des échantillons**

Sept arbres dépéris ont été abattus et découpés en une trentaine de rondins de 30 à 50 centimètres de longueur à l'aide d'une tronçonneuse (Fig. 24). Les échantillons ainsi préparés sont écorcés et examinés minutieusement en laboratoire. Le diamètre moyen de chaque rondin est noté pour le calcul des surfaces. Les espèces récoltées sont conservées dans l'alcool à 70° C pour être identifiées par la suite.

## **2.3) Identification des espèces récoltées**

Les espèces récoltées à partir des écorces des rondins sont examinées sous une loupe binoculaire. Les formes des galeries de reproduction ont été prises en considération dans l'identification taxonomique des espèces de scolytes. Ce caractère permet une approche de la reconnaissance des genres appartenant à la famille des Scolytidae. Parmi les clefs utilisées, les ouvrages de Balachowsky (1949) ; Chararas (1962) ; Joly (1975) et Pfeffer (1995).

## **2.4) Mensuration des galeries de reproductions et dénombrements des encoches de pontes**

Après le nettoyage des surfaces décortiquées, nous procédons à des mesures des longueurs de galeries de reproductions des diverses espèces rencontrées au niveau des rondins. Un comptage des encoches de pontes a été effectué pour l'espèce *Pityogenes bidentatus*



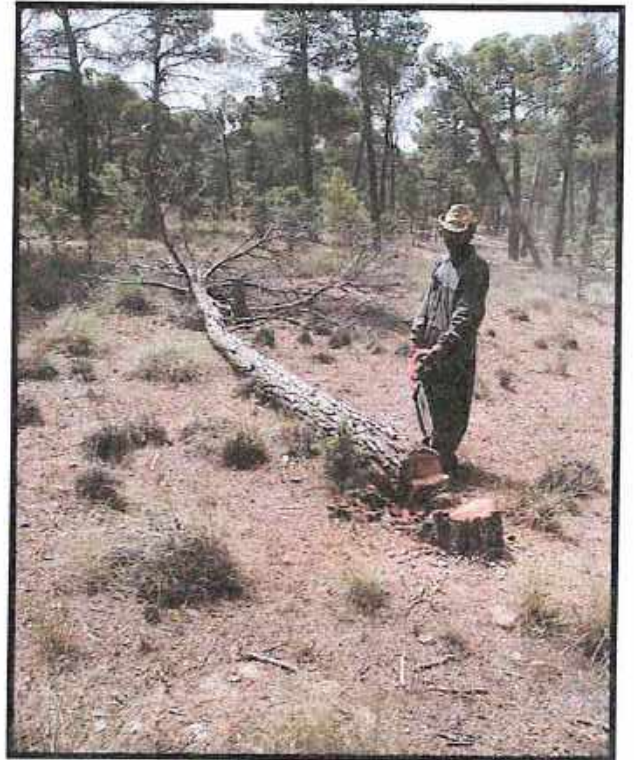


Figure 24 : Abattage des arbres dépéris dans les pinèdes de Senalba Chergui (Original).



## 2.5) Cas de l'espèce de *Tomicus destruens*

### 2.5.1) Abattage des échantillons

Les galeries de pontes de *Tomicus destruens* ont été étudiées sur des arbres dépéris. Un nombre de 10 arbres de pin d'Alep a été retenu au versant nord le plus attaqué (Fig. 25). Les arbres sont abattus en été, après que les femelles ont terminé leur reproduction. L'âge des arbres est déterminé par le comptage des cernes réalisé pour chaque arbre choisi après son abattage.

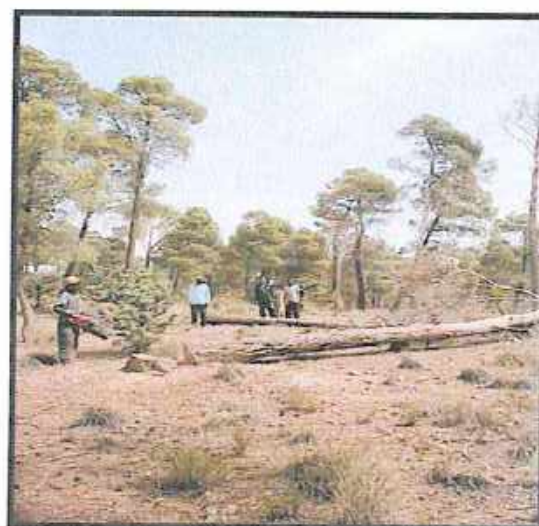


Figure 25 : Abattage des arbres dépéris dans les pinèdes de Senalba Chergui, versant nord (Original).

### **2.5.2) Mensuration des paramètres des rondins en fonction de la hauteur**

A partir de la base de l'arbre abattu, on note le diamètre et l'épaisseur de l'écorce de l'arbre à 1mètre et à 4 mètres de hauteur. Ceci afin de tirer des renseignements sur les corrélations possibles qui peuvent s'établir entre ces deux paramètres. Le diamètre et l'épaisseur de l'écorce des arbres choisis sont notés à la partie médiane du rondin.

### **2.5.3) Ecorçage des échantillons**

Sur les parties délimitées, nous écorçons deux bandes de 10centimètres de largeur sur 1 mètres de longueur, une à l'exposition nord et l'autre à l'exposition sud de l'arbre.

### **2.5.4) Mensuration et calcul des paramètres de l'insectes**

Sur les surfaces écorcées et nettoyées de l'aubier, nous dénombrons les galeries maternelles forées dans le bois tout en procédant à leur mensuration. Ces paramètres liés à l'insecte permettent de situer les longueurs des galeries de reproductions avec les densités d'attaque.

## 2.6) Méthodes d'analyses des données

Plusieurs méthodes d'analyses biométriques ont été effectuées dans le but de tirer des informations sur les relations des paramètres liés à l'arbre et l'insecte.

### ➤ Analyses descriptives

Se type d'analyse est basé sur un calcul effectué séparément pour chaque variable pour donner des renseignements élémentaires sur la moyenne, les valeurs minimale et maximale, différentes mesures de dispersion, et des indications sur la forme de la distribution de la variable.

### ➤ Analyses fréquentielles

L'objectif de l'analyse fréquentielle est d'établir les distributions de fréquences pour chaque variable grâce à la table fréquentielle.

### ➤ Analyses de la variance

Cette méthode de comparaison des moyennes nous a permis de tester la signification entre les moyennes.

### ➤ Analyses croisées

Le but de cette méthode d'analyse croisée est d'avoir des informations sur la relation entre différentes variables prises en considération. Elle dérive de l'analyse canonique.

### ➤ Analyse de la variance avec décomposition

La décomposition de la variance permet d'offrir un ensemble des techniques favorise une analyse des plans comportant des effets aléatoires, il est également bien adapté pour analyser des plans importants avec des effets principaux.



## TROISIEME PARTIE

### RESULTATS

#### PREMIER CHAPITRE : Présentation des images satellites de la région de Djelfa

##### 1) Images satellites corrigées

Les résultats des corrections géométriques des images de la région de Djelfa prises par les satellites LANDSAT (MSS, TM, ETM) sont représentés par les figures 26 à 28.

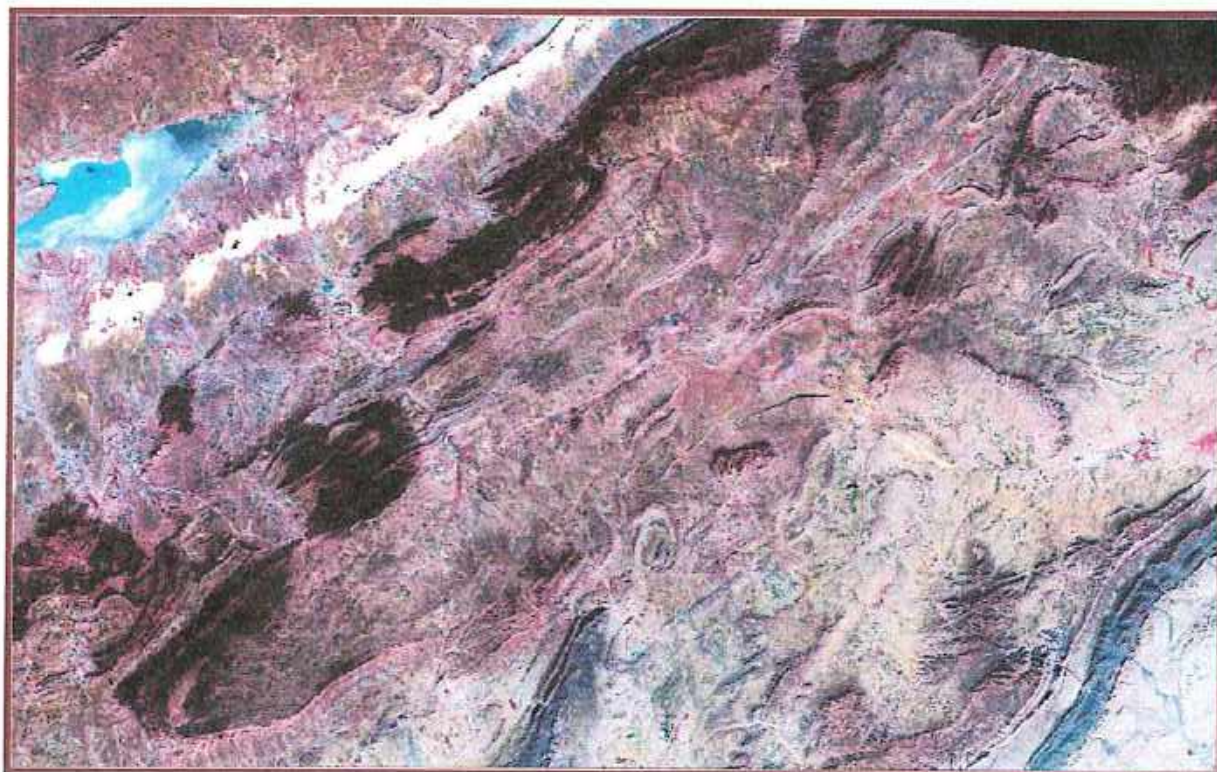


Figure 26 : Image satellite corrigée de la région de Djelfa (année1972).

Pour l'évaluation des surfaces forestières de la région d'étude nous avons procédé à la superposition des tables des images satellites considérées. Un fort calage a été effectué pour les deux points A et B, (Point A de  $(X1=-6^{\circ} 10' 48''$ ,  $Y1=-23^{\circ} 11' 24''$ ) à un nouveau point  $(X2=-5^{\circ} 55' 12''$ ,  $Y2=-23^{\circ} 15' 0''$ ). De même le point B de  $(X1=-2^{\circ} 12' 0''$ ,  $Y1=-0^{\circ} 5' 24''$ ) à  $(X2=-2^{\circ} 2' 24''$ ,  $Y2=-0^{\circ} 5' 24''$ ). Ceci a été réalisé pour l'image de l'année 1972 et appliqué aux quatre angles directionnels, les deux images de 1987 et de 2001, ont subit relativement un calage plus limité.





Figure 27 : Image satellite corrigée de la région de Djelfa (année1987)



Figure 28: Image satellite corrigée de la région de Djelfa (année2001).



## 2) Images satellites digitalisées

Les surfaces digitalisées des massifs forestiers pour les trois périodes considérées sont représentées dans les figures 29, 30 et 31.

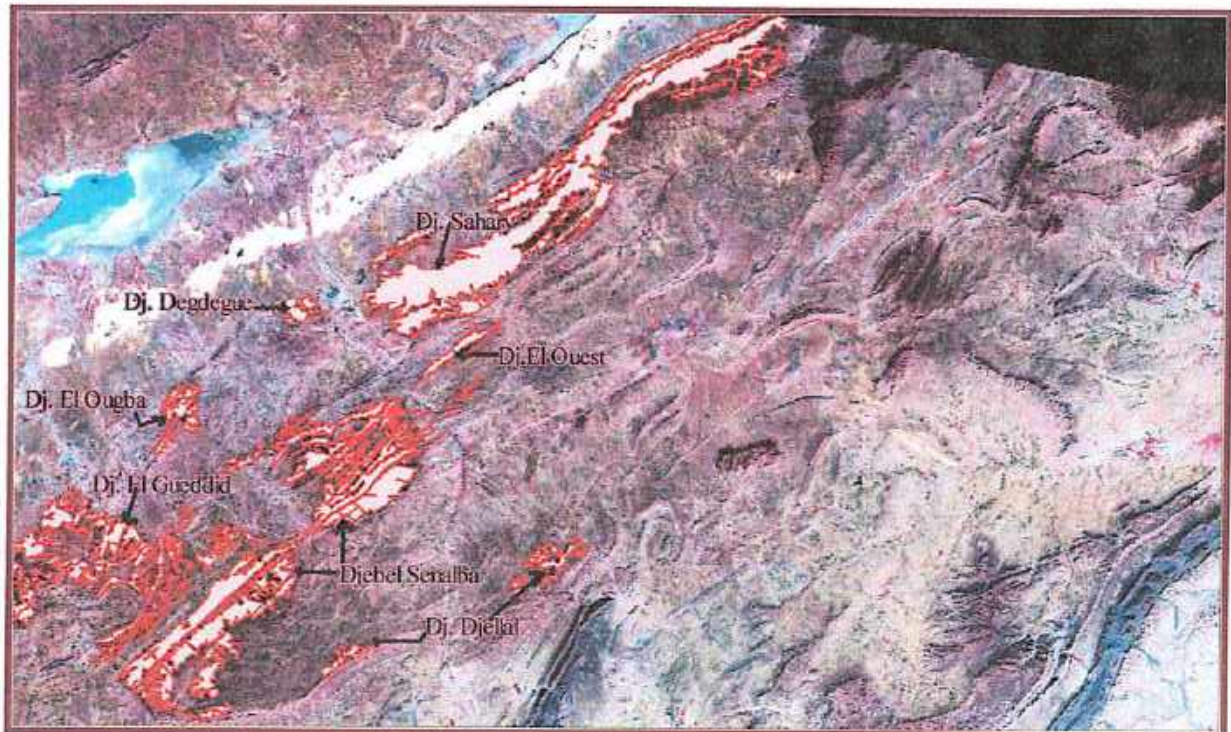


Figure 29 : Image satellite des surfaces forestières digitalisées (année 1972).

Il est à noter que cette image de base est le résultat des actions anthropozoïques et naturelles que les formations forestières ont déjà subi avant l'acquisition de l'image en question. Pour convertir les couleurs des bandes en une formation naturelle, on procède pour chaque canal une réalité thématique.



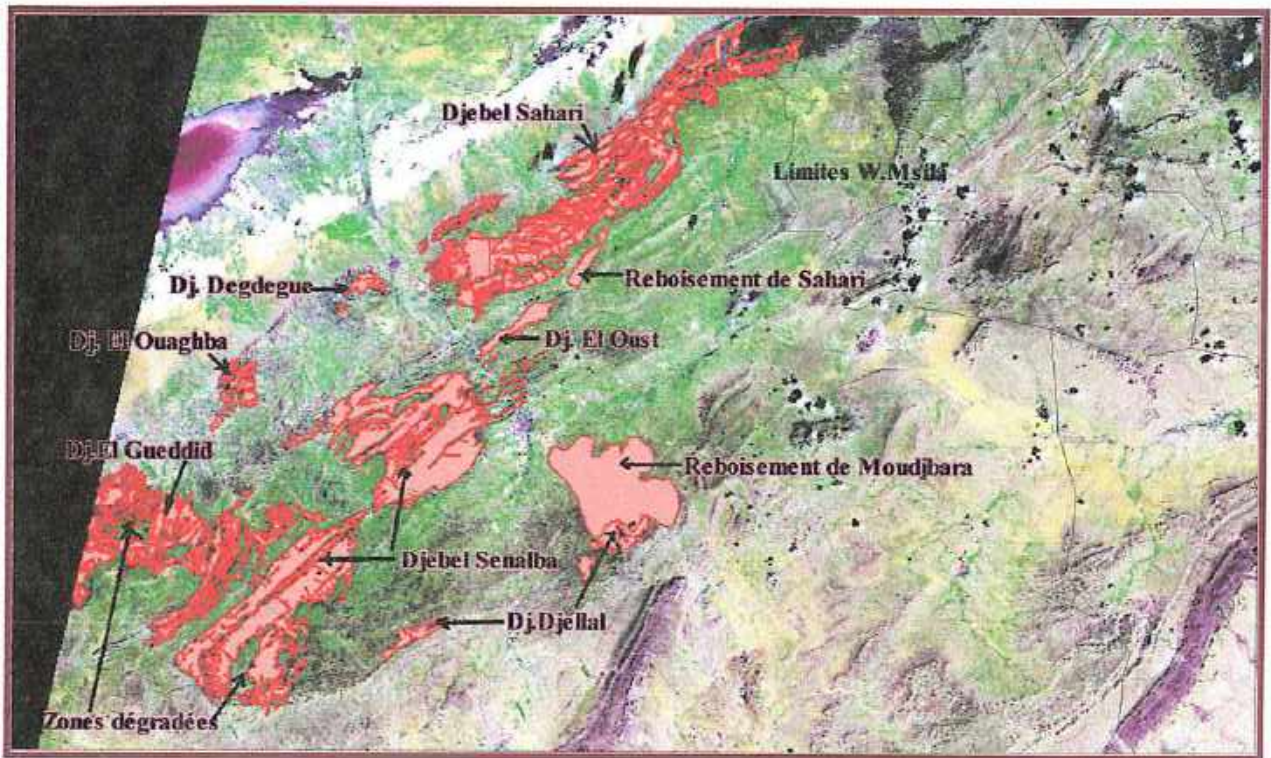


Figure 30: Image satellite des surfaces forestières digitalisées (année1987).

Comparativement à l'image de base, de nouvelles formations forestières sont apparues sur cette seconde image satellite. Ce sont les projets de reboisements entrepris dans la politique de la reconstitution du patrimoine forestier depuis les années soixante dix.



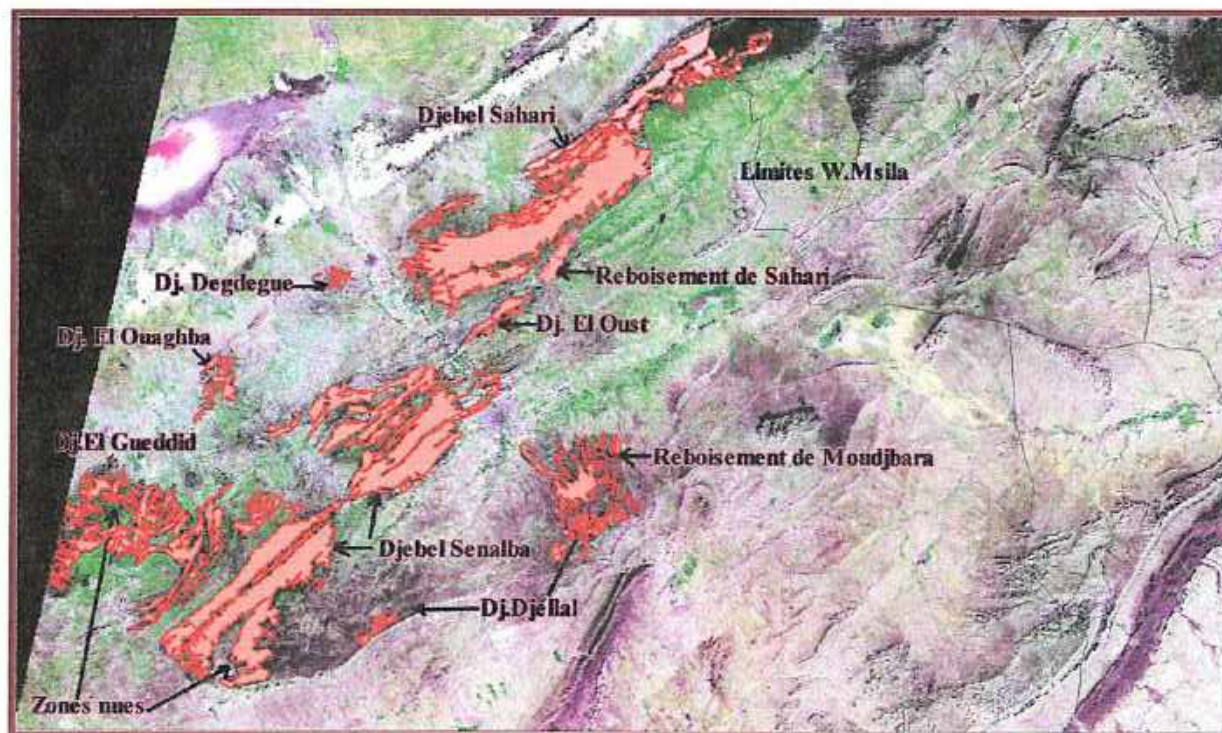


Figure 31 : Image satellite des surfaces forestières digitalisées (année 2001).

Malgré les travaux d'aménagement réalisés et localisés précédemment, cette dernière image montre une dégradation ressentie même au niveau des projets de reboisements.

### 3) Evaluation des surfaces forestières

A partir des images satellites digitalisées, les surfaces forestières sont estimées au cours des périodes d'évolution par des calculs effectués automatiquement à l'aide du logiciel de traitement MAPINPHO. Les résultats obtenus de surfaces des massifs digitalisés durant les trois séquences prises en considération sont regroupés dans le tableau 12.



Tableau 12: Evaluation temporelle des surfaces forestières dans la région de Djelfa.

| Années                          | 1972           | 1987           | 2001            | A2-A1  | A3-A2    | A3-A1    |
|---------------------------------|----------------|----------------|-----------------|--|----------|----------|
| Formations forestières          |                |                |                 |  |          |          |
| Senalba Chergui                 | 13180          | 13477,3        | 11263,15        | 297,3  | -2214,15 | -1916,85 |
| Senalba Guarbi                  | 12959          | 12838,8        | 12133           | -120,2   | -705,8   | -826     |
| Sahary                          | 16527          | 18516,7        | 20199,2         | 1989,7   | 1682,5   | 3672,2   |
| Reboisement Sahary              | -----          | 780,3          | 808,4           | -----  | 28,1     | -----    |
| Reboisement Moudjbara           | -----          | 9990           | 2498,5          | -----  | -7491,5  | -----    |
| Dj Djellal Chergui              | 1250           | 1399           | 1042,4          | 149  | -356,6   | -207,6   |
| Dj Djellal Rharbi               | 550            | 660,6          | 398,5           | 110,6  | -262,1   | -151,5   |
| Dj El Oust                      | 1000           | 1175,3         | 810,9           | 175,3  | -364,4   | -189,1   |
| Dj El Guedid                    | 7589,9         | 10031,8        | 8863,8          | 2441,9   | -1168    | 1273,9   |
| Dj El Ouaghba                   | 980,8          | 1012,3         | 796,9           | 31,5   | -215,4   | -183,9   |
| Dj Degdegue                     | 487,5          | 509,1          | 200             | 21,6   | -309,1   | -287,5   |
| <b>Total (ha)</b>               | <b>54524,2</b> | <b>70391,2</b> | <b>59014,75</b> |  |          |          |
| <b>Equilibre écologique (%)</b> | <b>16,89%</b>  | <b>21,80%</b>  | <b>18,28%</b>   | <b>Surface totale de la région de Djelfa : 322800 ha</b> |          |          |

**A2-A1** : Différences des surfaces enregistrées pour chaque massif forestier entre 1972 et 1987.

**A3-A2** : Différences des surfaces enregistrées pour chaque massif forestier entre 1987 et 2001.

**A3-A1** : Différences des surfaces enregistrées pour chaque massif forestier entre 1972 et 2001.

L'équilibre écologique est le rapport de la superficie du couvert forestier sur la superficie totale de la région. Un équilibre écologique normal doit être égal ou supérieur à 25%. D'emblée l'équilibre écologique calculé a un taux inférieur à 25% entre les années 1970 et 2001, néanmoins ce taux a progressé sensiblement entre 1970 et 1987. La faiblesse du couvert végétal a été à l'origine d'abord d'une politique axée sur le boisement, avec toute sa complexité tant technique qu'écologique. La régression de l'équilibre écologique entre les années 1987 et 2001 est due à la conjoncture actuelle marquée par un dépérissement causé par plusieurs facteurs.

### 3.1) Cas de la forêt de Senalba Chergui

Les massifs de Senalba Chergui non pas subit une grande variabilité entre les années soixante dix et les années quatre vingt, par contre en 2001 la régression a dépassé 2214 hectares soit une régression de l'ordre de 5% (Fig.32).

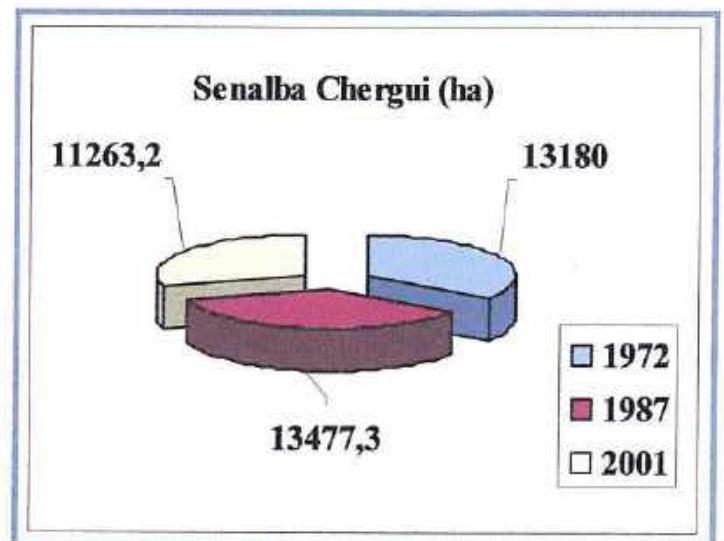


Figure32 : Evolution de la surface forestière de 1972 à 2001.

### 3.2) Cas de La forêt de Senalba Guarbi

De même et relativement au cas précédent la régression est plus limitée. Prés de 700 hectares ont disparu en 2001, environ 2% de la surface du peuplement forestier en 1987 (Fig.33).

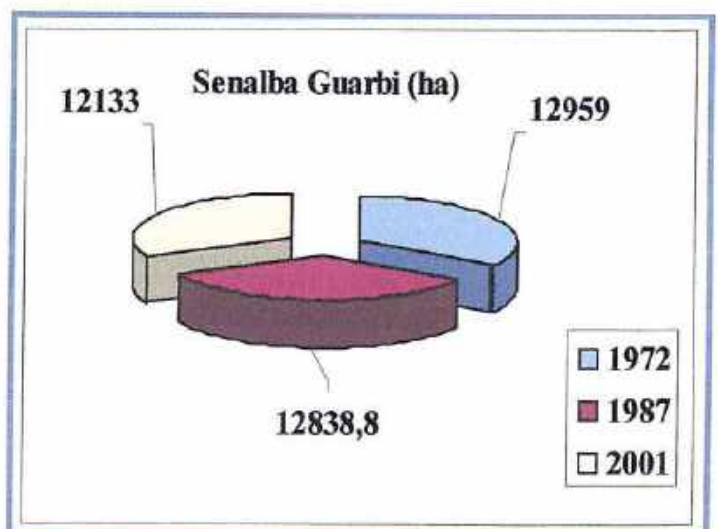


Figure33 : Evolution de la surface forestière de 1972 à 2001.



### 3.3) Cas de La forêt de Sahary

Les forêts de Sahary ont augmenté successivement en surface au cours de ces dernières années. De 1972 à 1987 on note une évolution de 4%, d'environ 2000 hectares. A la seconde période, l'évolution est de 2%, représentant 1682 hectares.

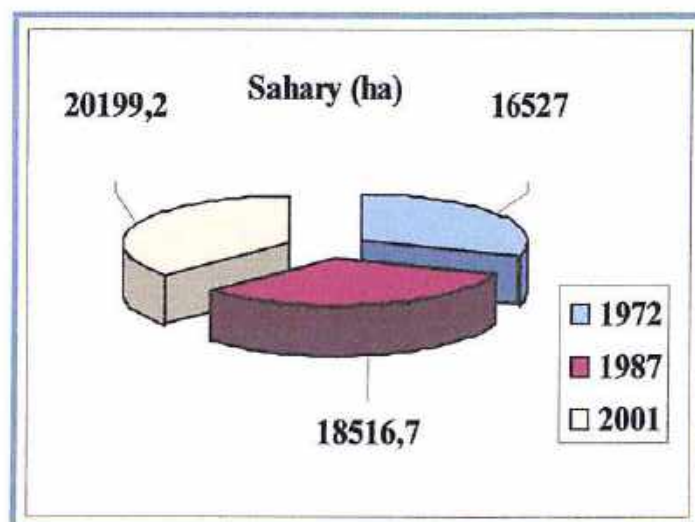


Figure34: Evolution de la surface forestière de 1972 à 2001.

### 3.4) Cas des formations de Djebel El Gueddid

Les peuplements de cette forêt ont subi une évolution remarquée par la surface importante signalée en 1987, elle est de 10031,8 hectares. En 2001, 5% de la surface ont disparu, soit 1168 hectares.

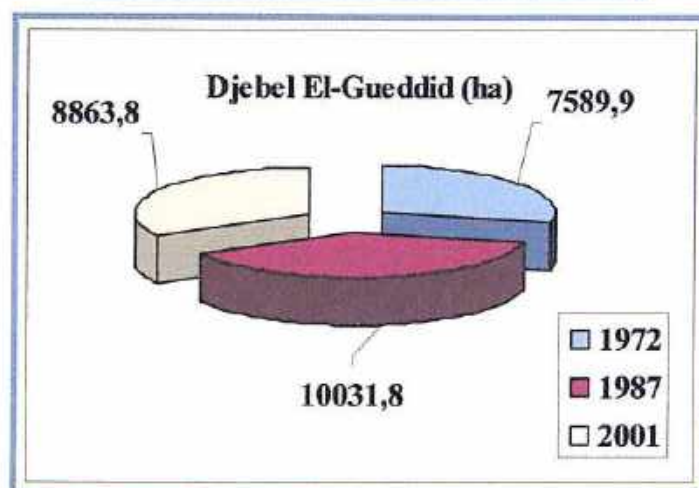


Figure 35: Evolution de la surface forestière de 1972 à 2001.

### 3.5) Cas des reboisements de Moudjbara

Ce projet de reboisement a subi une régression importante, plus de 60% du couvert forestier reboisé a disparu, d'environ 7491,5 hectares.

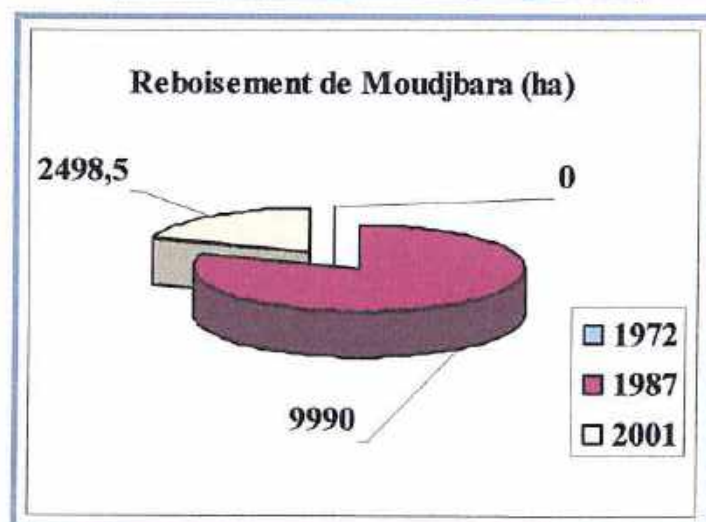


Figure 36: Evolution de la surface forestière de 1972 à 2001.

### 3.6) Surface totale des formations forestières considérées

Au cours de ces trente années, le total de la surface forestière de la région de Djelfa est réparti en trois périodes ce qui indique la variabilité de ces surfaces (Fig. 37). La période allant de 1972 à 1987 caractérise la progression du couvert forestier, avec une valeur de 15867 hectares, soit 8% de la surface forestière en 1972. La période allant jusqu'à l'année 2001, la surface a régressée à 6% relativement à la surface forestière occupée en 1987, soit l'équivalent de 11376,45 hectares. Cette disparition de couvert forestier est justifiée par plusieurs facteurs, le plus important est marqué par l'action des insectes xylophages qui contribuent à la dégradation très rapide des peuplements, se qui a été confirmé par les prospections sur le terrain et l'importance des dommages des xylophages en général.

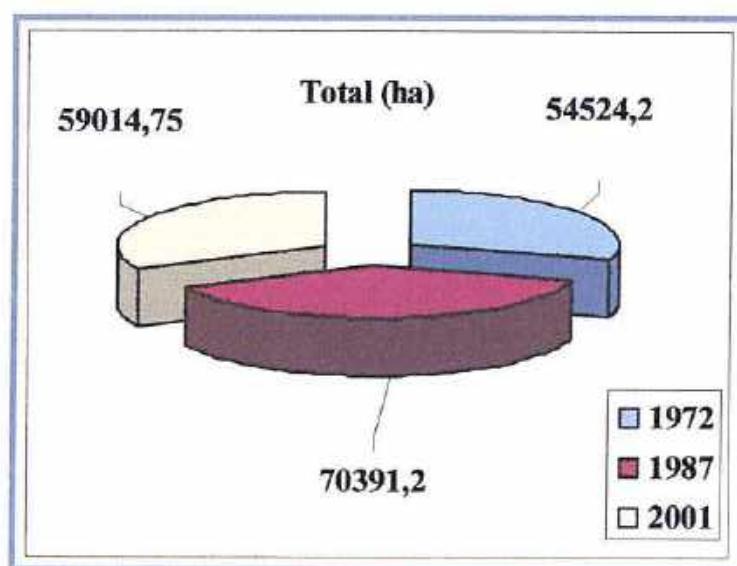


Figure 37: Evaluation de la surface totale des formations forestières de la région de Djelfa.



#### 4) Répartition géographique des coordonnées des foyers dépéris à Senalba Chergui

Pour mieux situer et analyser les dépérissements, un travail complémentaire de terrain a été mené dans le massif forestier de Senalba Chergui, les coordonnées géographiques des points relevés des zones dépéries sont déterminées par le GPS, sont enregistrés en annexe 3. Ces points sont reportés sur l'image satellite la plus récente celle de l'année 2001.

#### 5) Cartographie des foyers dépéris

Les foyers les plus touchés par les dépérissement dans les zones forestières de la région de Djelfa (cas de Senalba Chergui), sont présentés sur l'image satellite de l'année 2001 (Fig. 38).

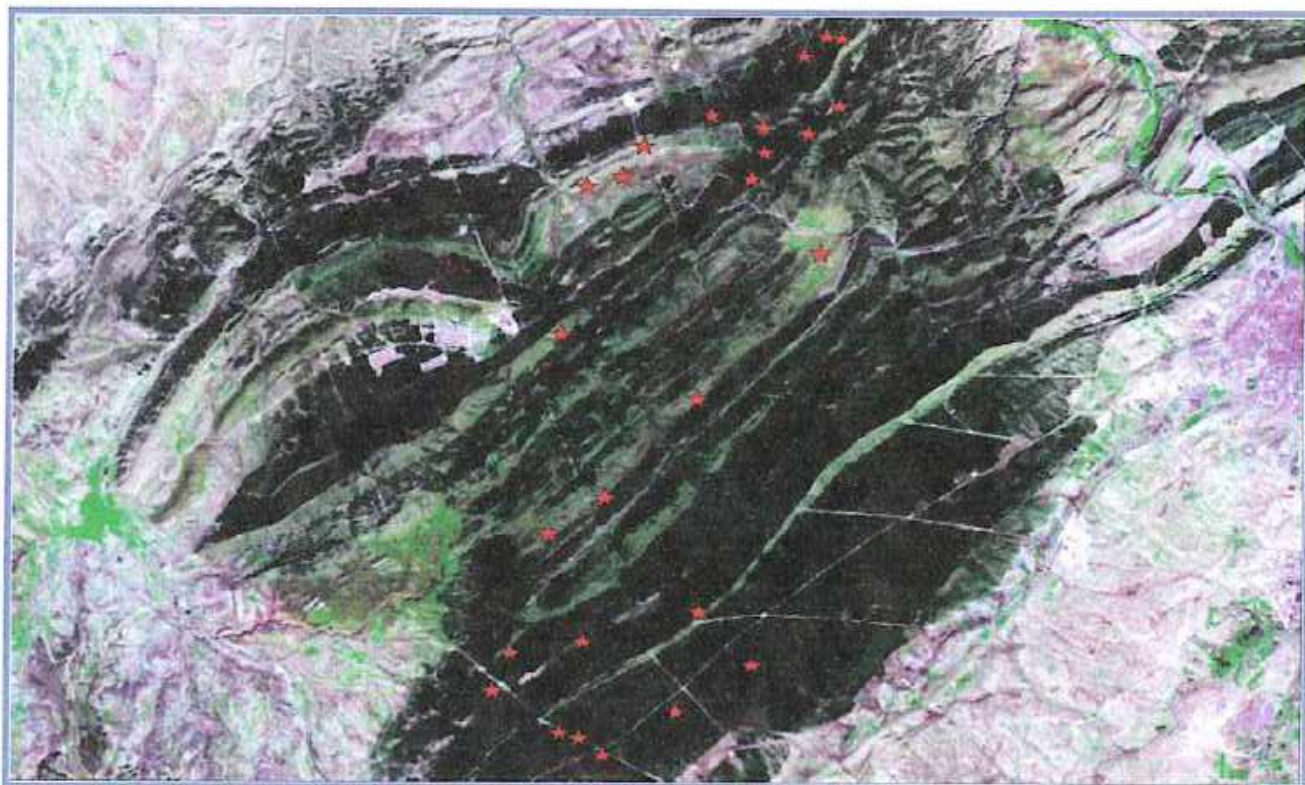


Figure 38 : Image satellite représentant les foyers les plus dépéris dans la forêt de Senalba Chergui.

## DEUXIEME CHAPITRE : Présentation des principales espèces des scolytes identifiées sur les sujets dépéris

### 1) Analyse qualitative des principales espèces récoltées

Les espèces des scolytes répertoriées dans les peuplements forestiers de Senalba Chergui sont présentées dans le tableau 13. Il est connu que les scolytes sont surtout inféodés aux résineux qui souffrent régulièrement de leur pullulation.

Tableau 13 : Espèces des scolytes répertoriées en relation avec son hôte, *Pinus halepensis* Mill.

| Espèces                            | Organes atteints |                |             |                |
|------------------------------------|------------------|----------------|-------------|----------------|
|                                    | Racines          | Tronc          |             | Jeunes pousses |
|                                    |                  | Ecorce épaisse | Ecorce fine |                |
| <i>Tomicus destruens</i> L.        |                  | +              |             | +              |
| <i>Orthotomicus proximus</i> E.    |                  | +              | +           |                |
| <i>Orthotomicus erosus</i> W.      |                  | +              | +           |                |
| <i>Crypturgus numidicus</i> F.     |                  | +              |             |                |
| <i>Crypturgus mediterraneus</i> E. |                  | +              |             |                |
| <i>Crypturgus cribrellus</i> R.    |                  | +              |             |                |
| <i>Pityogenes bidentatus</i>       |                  |                | +           |                |
| <i>Hylurgus ligniperda</i> F.      | +                |                |             |                |
| <i>Hylurgus micklitzi</i> W.       | +                |                |             |                |
| <i>Hylastes cunicularius</i> E.    | +                |                |             |                |
| <i>Hylastes apacus</i> E.          | +                |                |             |                |



### 1.1) *Tomicus destruens*

Les espèces appartenant au genre *Tomicus* sont classées parmi les ravageurs primaires dont on sait qu'elles attaquent des sujets en pleine vitalité (Chararas, 1962). De plus sont des ravageurs secondaires lorsqu'ils sont sous corticale (Dajoz, 1980).

Elles sont réparties dans toutes les régions paléarctiques euro asiatiques, et certaines régions de l'Afrique du Nord, elles ont été introduites en Amérique du Nord (Joly, 1975). En Algérie ce genre se localise en zone sub humide sur *Pinus pinaster* et sur *Pinus halpensis*. Parmi les espèces répertoriées, le grand hylésine *Tomicus destruens* (Fig. 39), est typiquement méditerranéen (Gallego et Gallian, 2001). Il possède deux synonymes *Blastophagus* par Eichhof en 1864 et *Myelophilus* par Balachowsky (1949). Très souvent l'espèce est confondue avec *Tomicus piniperda* qui reste l'espèce la plus inféodée aux pinèdes en Europe et Amérique du nord.



Figure 39: *Tomicus destruens* (Original)

La différence entre ces deux espèces est basée sur la couleur des masses antennaires des adultes; chez *T. piniperda*, la couleur de la masse antennaire est marron, par contre chez le *T. destruens* la masse antennaire a une couleur rouge-jaune, Pfeffer (1995). Très récemment la séparation des deux espèces a été effectuée sur la base de la structure génétique (Gallego et Gallian, 2001 ; Kolmojr et al, 2002).

Ce groupe d'insectes provoque des dégâts considérables aux pousses des jeunes plantations au cours de leur phase nutritionnelle, et des dépérissements aux arbres plus âgés au cours de leur phase de reproduction. Dans les forêts naturelles et les reboisements de pin d'Alep, l'hylésine se propage très activement, notant que l'état physiologique des pinèdes sous l'influence des conditions écologiques a favorisé son installation (Chakali, 2005).

## 1.2) *Orthotomicus erosus*

Les espèces appartenants à ce genre, *Orthotomicus erosus* et *Orthotomicus proximus* sont moins redoutables que *T. destruens* puisqu'elles se développent particulièrement aux dépens d'arbres affaiblis. Notant que l'état physiologique des pins âgés offre un milieu favorable à la multiplication des espèces du genre *Orthotomicus* (Chakali, 1992). Néanmoins, avec de fortes densités, elles deviennent menaçantes par le comportement de l'effet de groupe.

L'espèce *Orthotomicus erosus* est facilement reconnaissable grâce au deuxième denticule très large de forme triangulaire au niveau de la déclivité élytrale (Fig. 40), elle est beaucoup plus développée que les autres, de même la forme largement recourbée de la massue antennaire qui caractérise l'espèce. Elle est très connue sur les pins de l'Europe centrale et méridionale y compris la région méditerranée où elle pullule dans les forêts et les bois de conifères. Elle se rencontre sur *Pinus halpensis* et *P. pinaster*, *P. silvestis*, *P. leucodermi* et *P. larico*. Son préférable hôte est le pin maritime (Balachowsky, 1949).



Figure 40: *Orthotomicus erosus* (Original).



### 1.3) *Pityogenes bidentatus*

Ce groupe d'insectes ne dépasse pas trois millimètres, il colonise les branches de pins à écorce fine. L'espèce de *Pityogenes bidentatus* présente un pronotum de même longueur que la base des élytres (Fig. 41). Elle se caractérise par deux dents développées au niveau de la déclivité élytrale et possède une caractéristique sur la forme des galeries qu'elle confectionne en étoile (Balachowsky, 1949).



Figure 41: *Pityogenes bidentatus* (Original).

L'espèce *Pityogenes bidentatus* a été récoltée à partir du bois de petites dimensions sous les écorces fines des rameaux et des branches des arbres en difficultés physiologiques.

### 1.4) Le genre *Crypturgus*

Le genre *Crypturgus* est représenté par les espèces sympatriques voisines *Crypturgus numidicus* et *Crypturgus mediteranus* (Fig. 42), la deuxième espèce est moins fréquente que la première et se distingue de la précédente par un corselet plus long que large à côtés parallèles au-delà du milieu puis progressivement rejeté en forme trapézoïdale en avant (Balachowsky, 1949).



Figure 42: *Crypturgus numidicus*(Original)

La troisième espèce récoltée est *Crypturgus cribrellus* très limitée sur *Pinus halpensis*. Ces espèces restent des ravageurs secondaires se contentant d'occuper les galeries des ravageurs primaires.

### 1.5) Le genre *Hylurgus* et *Hylastes*

A la base des troncs et au niveau des racines des pins dépéris quatre espèces ont été récoltées. Il s'agit d'*Hylurgus ligniperda* et *Hylurgus micklitzii* qui vivent sympathiquement avec les espèces *Hylastes cunicularius* et *Hylastes opacus* (Fig. 43 à 45).



Figure 43: Récolte des espèces racinaires dans les pinèdes de Senalba Chergui.



Figure 44: *Hylurgus ligniperda* (Original)

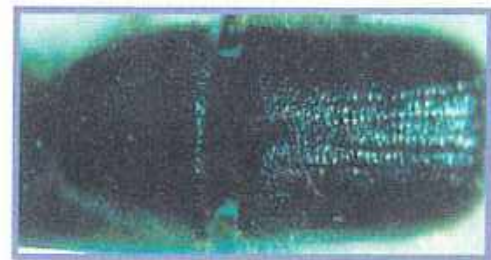


Figure 45: *Hylastes cunicularius* (Original)



## 2) Analyse quantitative des principales espèces répertoriées

### 2.1) Répartition de l'espèce de *Pityogenes bidentatus*

Les résultats de mesures et de quantifications effectués sur les différents paramètres de l'hôte (diamètre et l'épaisseur de l'écorce) et de l'insecte sont représentés dans le tableau 4 en annexe.

L'analyse de la distribution de cette population en fonction de diamètre des rondins est représentée dans le graphique de la figure 46.

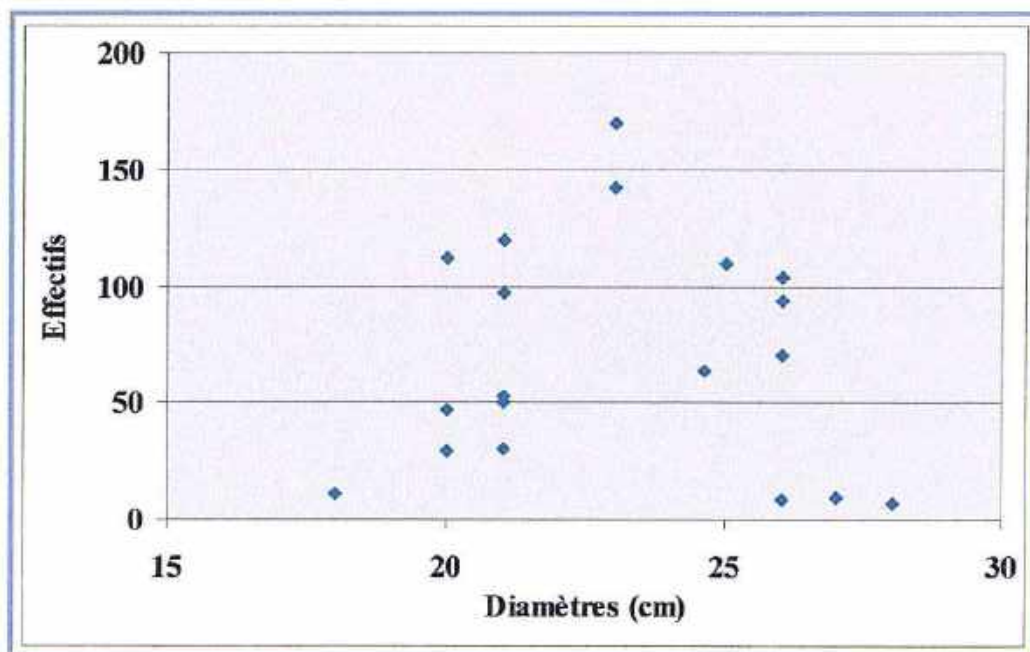


Figure 46: Répartition du nombre total du *Pityogenes bidentatus* en fonction du diamètre des rondins

La distribution de la population du *Pityogenes bidentatus* en fonction des diamètres des rondins présente une grande variabilité (Fig. 46). Pour les diamètres compris entre 15 et 20 cm l'effectif est très faible ne dépassant pas 5 individus. De 20 à 25 cm le nombre total du *Pityogenes bidentatus* atteint une valeur importante de l'ordre de 170. Sur les troncs au-delà de 25 cm l'effectif est très limité. L'espèce recherche particulièrement les sujets d'un diamètre autour de 20 cm.

La population de *Pityogenes bidentatus* dénombrée a une distribution variable en fonction de l'épaisseur de l'écorce (Fig. 47). A 1mm d'épaisseur l'effectif atteint une valeur maximale 50 individus par rondin. De 1 à 1,5mm d'épaisseur, le nombre total de *Pityogenes bidentatus* varie de 25 à 125 individus. Pour une épaisseur autour de 2 mm, les effectifs démontrés sont très variables allant de 5 à 170 individus par rondins. A 2,5 mm d'épaisseur le nombre d'individus a tendance à diminuer. L'espèce recherche les sujets d'une épaisseur comprise entre 1 et 2 mm.

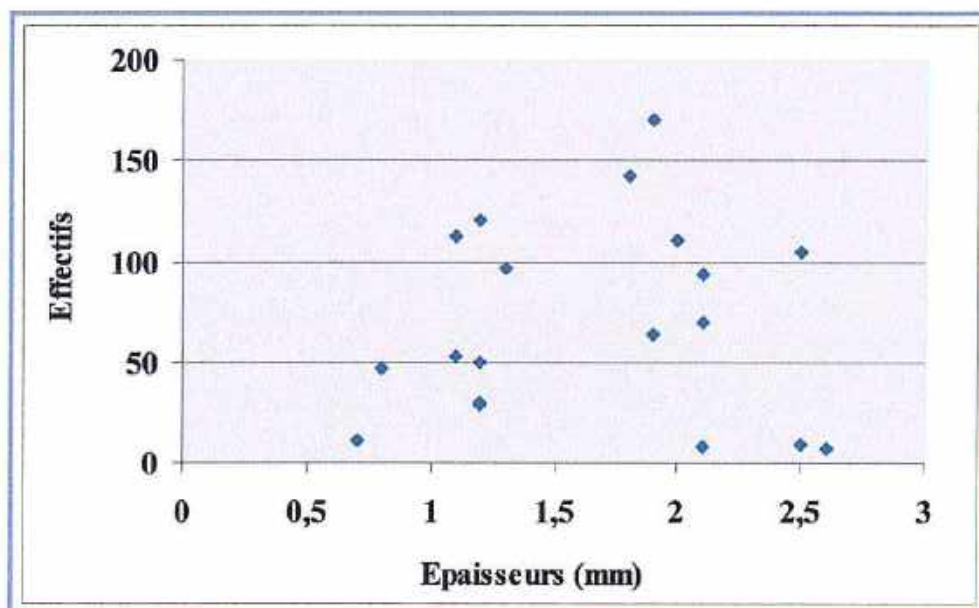


Figure 47: Répartition du nombre de *Pityogenes bidentatus* en fonction de l'épaisseur de l'écorce

La répartition de *Pityogenes bidentatus* semble être liée à la morphologie de l'hôte. Vraisemblablement la qualité alimentaire peut influencer le choix des adultes pour leurs installations.



## 2.2) Répartition de l'espèce de *Tomicus destruens*

L'espèce de *Tomicus destruens* présente une distribution irrégulière en fonction de diamètre des rondins mesurés (Fig. 48). Lorsque le diamètre des troncs est inférieur à 20 cm la densité d'attaque varie entre 50 et 200 individus par mètre carré. De 20 à 30 cm de diamètre, la population atteint la plus importante densité d'attaque, elle est de 270 individus par mètre carré. De 30 à 40 cm, la population de *Tomicus destruens* atteint la valeur de 200 individus. Au-delà de 40 cm de diamètre l'espèce a tendance à diminuer.

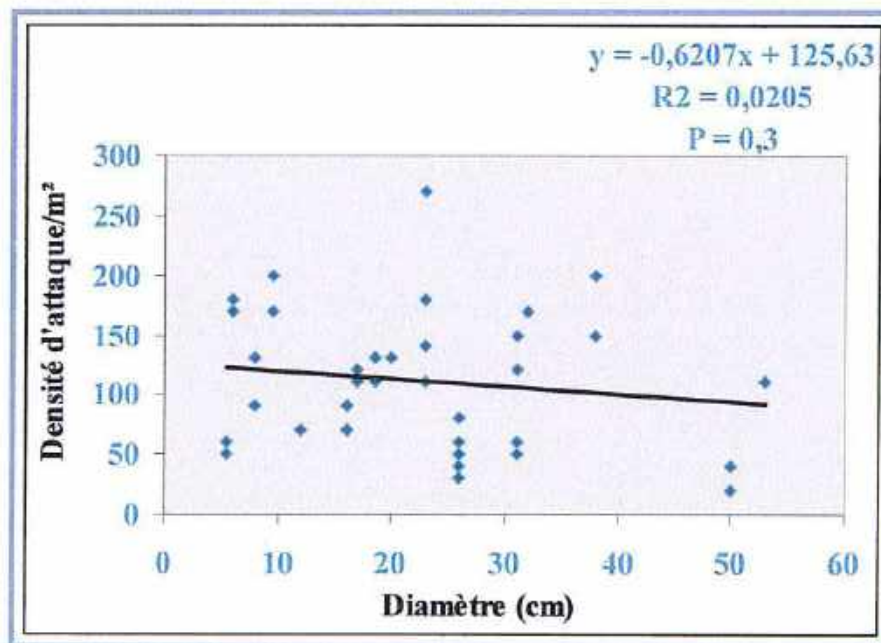


Figure 48: Répartition de la population de *Tomicus destruens* en fonction du diamètre des rondins.

La densité d'attaque en fonction des diamètres des arbres n'a pas montré un effet significatif ( $p = 0,3$ )

L'espèce de *Tomicus destruens* a une distribution variable en fonction de l'épaisseur de l'écorce des sujets attaqués (Fig. 49). De 0 à 1 mm d'épaisseur de l'écorce, la densité d'attaque varie entre 50 et 270 individus par mètre carré. A 3 mm la population appartenant à cette espèce ne dépasse pas 200 individus par une surface de rondin de 1 mètre carré. Au-delà de 3 mm d'épaisseur, le nombre des individus de *Tomicus destruens* est plus limité. L'espèce de *Tomicus destruens* cherche les sujets d'un diamètre de tronc de 20 à 30 cm avec des écorces variant de 2 à 3 cm et autour de 1 cm.

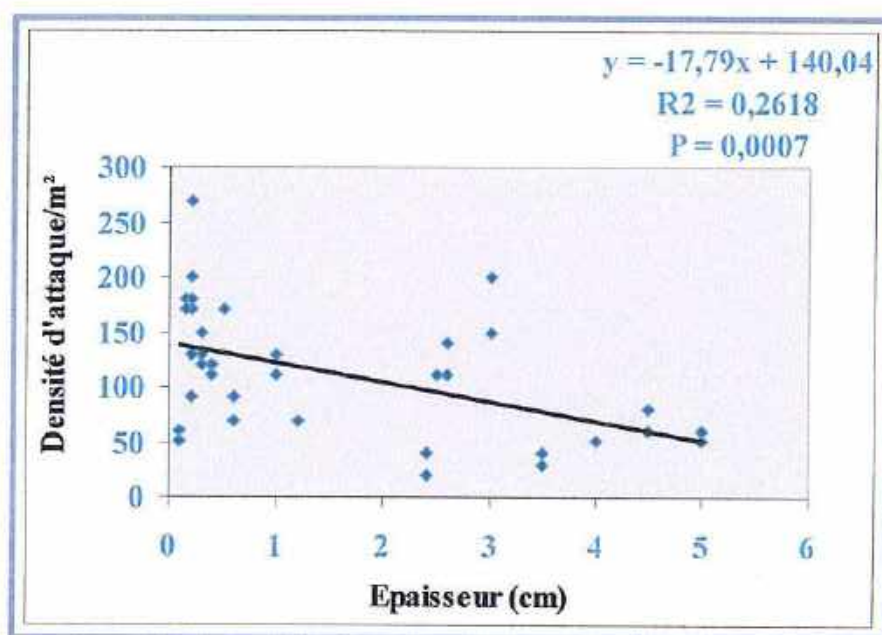


Figure 49: Répartition de la population de *Tomicus destruens* en fonction de l'épaisseur de l'écorce.

La probabilité calculée est très hautement significative ( $p=0,0007$ ). Les attaques sont fortement liées à l'épaisseur de l'écorce.



### 2.3) Longueurs des galeries de reproduction de l'espèce de *Tomicus destruens*

Les données traitées des diamètres, des épaisseurs des rondins et des longueurs de galeries de reproduction sont représentées en annexe 5.

#### 2.3.1) Longueurs moyennes exposant nord

Les résultats de calculs des moyennes des longueurs des galeries de reproduction à l'exposition nord de l'arbre, à 1 mètre de hauteur sont reportés dans la figure 50.

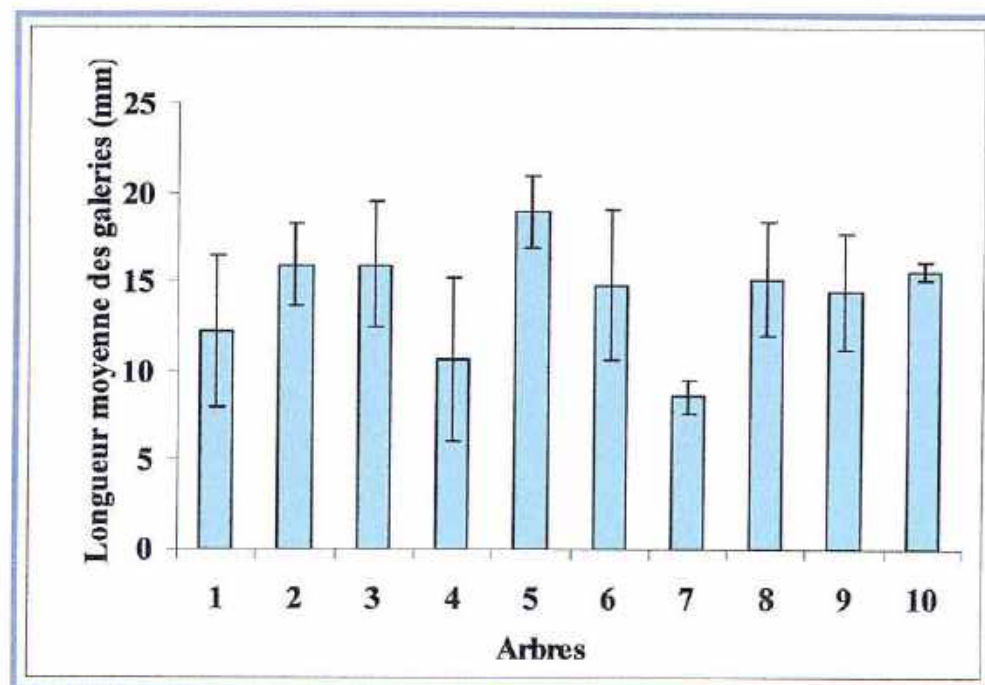


Figure 50: Evolution des moyennes des longueurs des galeries à 1 mètre d'hauteur exposant nord.

Les moyennes des longueurs des galeries sont variables d'un arbre à l'autre, les valeurs calculées varient de 8 à 19 mm de long, avec des écarts types allant de 0,49 à 4,60 respectivement pour l'arbre 10 et 4.

A 4 mètres de hauteur, les moyennes des longueurs des galeries calculées pour les dix arbres varient de 9,7 mm à 15,9 mm avec des écarts types variables (Fig. 51).

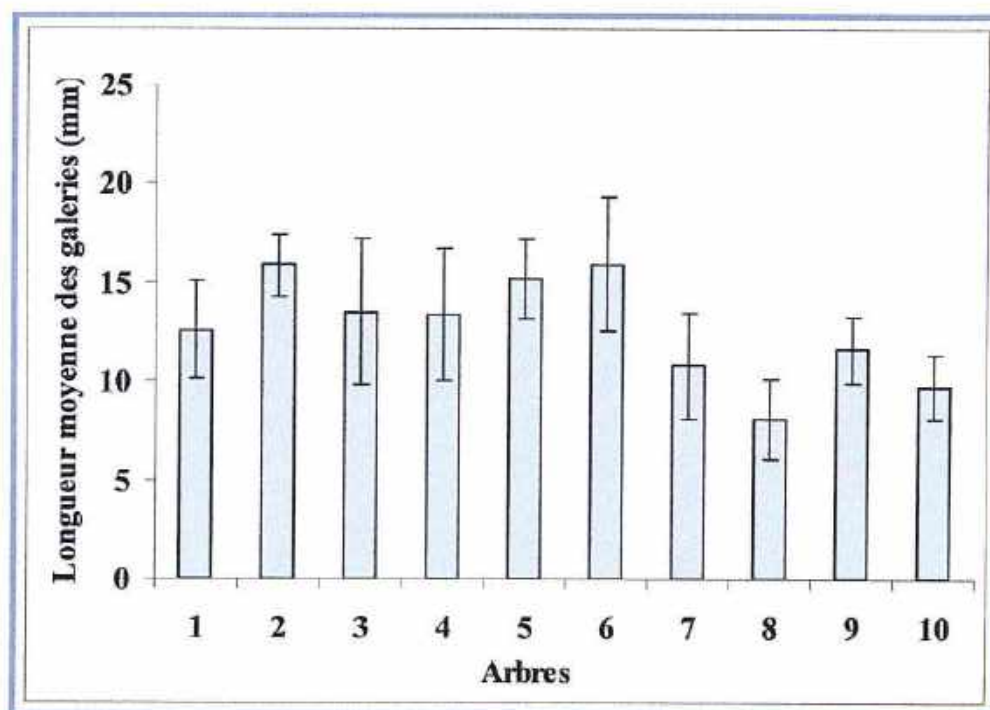


Figure 51 : Evolution des moyennes des longueurs des galeries à 4 mètre d'hauteur exposant nord.

Comparativement à la hauteur de 1 mètre les longueurs des galeries sont plus limitées à 4 mètres. La morphologie de l'arbre joue un rôle important sur la dynamique de colonisation et sur les galeries confectionnées.



### 2.3.2) Longueurs moyennes exposant sud

A 1 mètre de hauteur exposant sud, les arbres examinés présentant des longueurs moyennes des galeries variables de 10 à 20 mm (Fig. 52). Les écarts types varient de 1 à 6,47 respectivement pour les arbres 8 et 5.

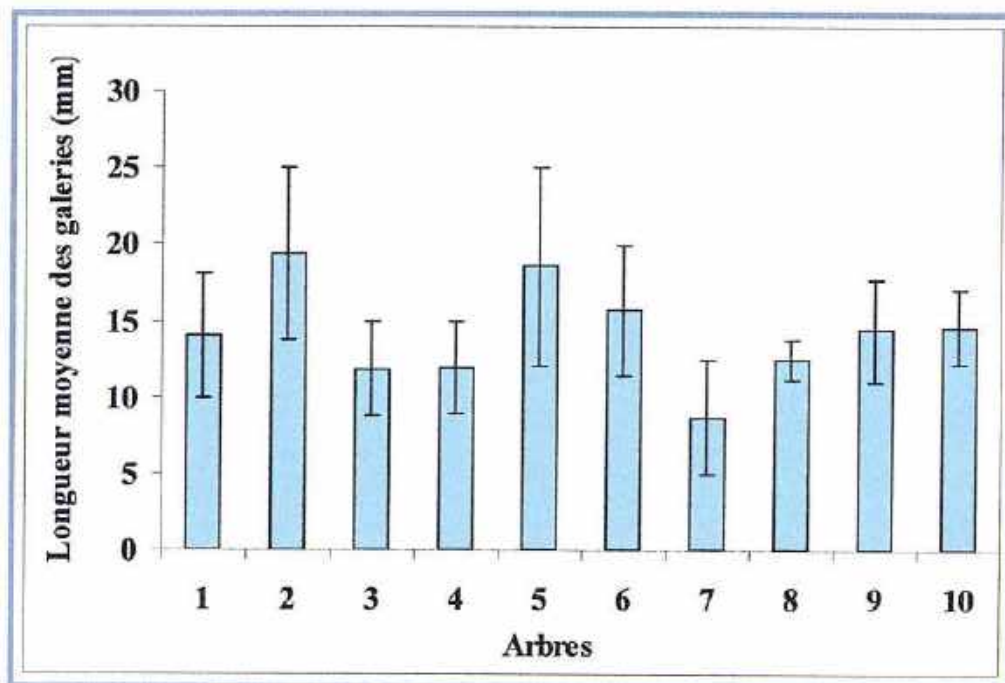


Figure 52: Evolution des moyennes des longueurs des galeries exposant sud à 1 mètre d' hauteur (*Tomicus destruens*)

Les moyennes des longueurs des galeries de reproduction sont très comparables entre l'exposition nord et sud.

A 4 mètre de hauteur, les moyennes calculées sont variables allant de 7,4 à 14,1mm (Fig. 53). Les écarts types présentent des valeurs très limitées variant de 1,2 pour l'arbre 8 et de 4 pour l'arbre 9.

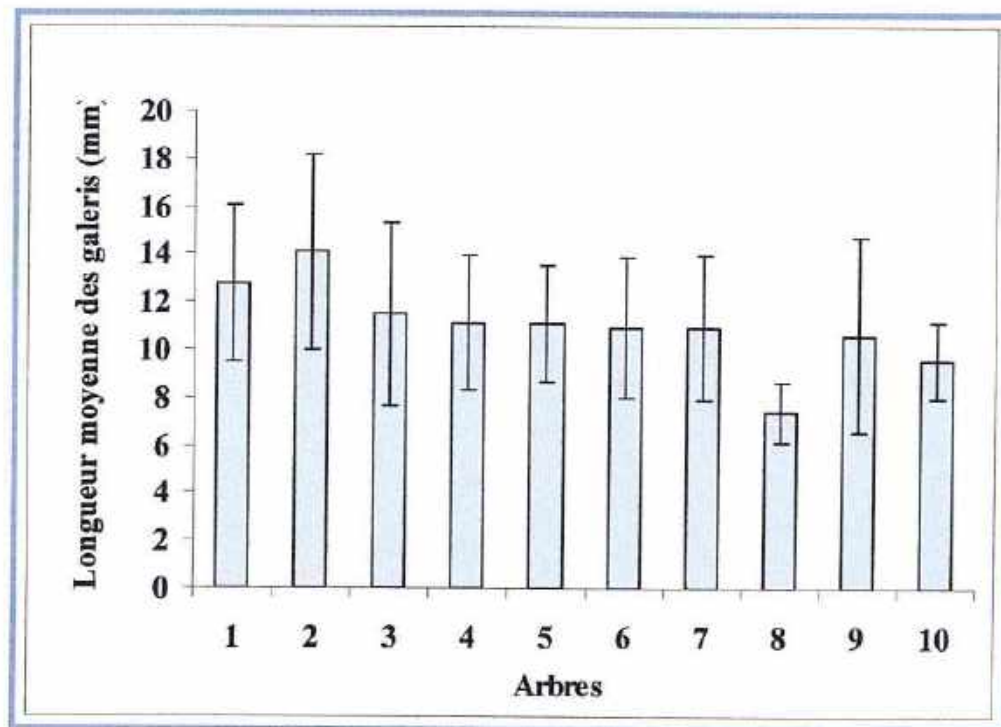


Figure 53: Evaluation des moyennes des longueurs des galeries exposant sud à 4 mètre d'hauteur (*Tomicus destruens*).

Les longueurs moyennes des galeries confectionnées à 1mètre sont plus importantes, les femelles ont tendance à effectuer des galeries plus complètes au premier mètre qu'à quatre mètres. La hauteur de l'arbre peut rentrer dans le choix des femelles pour émettre leurs œufs.



### 3) Importance des dégâts

Dans le cadre de l'assainissement vis-à-vis des scolytes et particulièrement à l'espèce *Tomicus destruens*, les pertes de 1990 à 2000 ont été évaluées et présentées dans le tableau 14. Les données de base ont été recueillies des fiches de martelage de la conservation des forêts de la région de Djelfa. La série sept (S<sub>VII</sub>) n'a pas subi de travaux d'assainissement.

Tableau 14 : Volume du bois exploité dans le cadre d'assainissement contre les scolytes (1990-2000).

| Années<br>Superficie<br>des séries<br>(ha) | 1990        | 1991       | 1992 | 1993        | 1994        | 1995         | 1998        | 1999       | 2000       | Volume<br>exploité<br>(m <sup>3</sup> ) |
|--|-------------|------------|------|-------------|-------------|--------------|-------------|------------|------------|---|
| S <sub>I</sub> (1988)                      |             |            |      |             |             |              |             | 40         | 227        | 267                                     |
| S <sub>II</sub> (1289)                     | 819         |            |      |             |             |              |             | 263        | 48         | 1130                                    |
| S <sub>III</sub> (1266)                    |             |            |      | 1653        | 1239        | 1369         |             |            |            | 4261                                    |
| S <sub>IV</sub> (1644)                     |             | 290        |      | 2042        | 2589        |              |             |            |            | 4921                                    |
| S <sub>V</sub> (1581)                      |             |            |      | 370         | 2119        | 3137         |             |            |            | 5626                                    |
| S <sub>VI</sub> (2000)                     | 1977        | 290        |      |             |             | 54           |             | 152        |            | 2473                                    |
| S <sub>VIII</sub> (1497)                   | 3662        |            |      |             | 1114        | 960          | 2910        |            |            | 8646                                    |
| S <sub>IX</sub> (1949)                     |             |            |      | 3281        | 2017        | 2766         |             |            |            | 8064                                    |
| S <sub>X</sub> (1951)                      |             |            |      |             |             | 97           |             |            |            | 97                                      |
| S <sub>XI</sub> (1838)                     |             |            |      |             |             | 2248         |             |            |            | 2248                                    |
| <b>Total</b>                               | <b>6458</b> | <b>580</b> |      | <b>7346</b> | <b>9078</b> | <b>10631</b> | <b>2910</b> | <b>455</b> | <b>275</b> | <b>37733</b>                            |

Sur une superficie forestière estimée à 17003 hectares, 37733 m<sup>3</sup> ont été exploités suite aux dépérissements enregistrés. Ces pertes sont relativement très importantes pour les formations forestières fragiles en zone semi-aride. La disparition au cours du temps de ces sites forestiers se traduit aussi par la dégradation irréversible des sols qui aboutit enfin à la désertification. De même, il est important de noter que les peuplements de diverses séries localisés dans des reliefs accidentés non pas fait l'objet d'assainissement, ce qui permet de dire que les dommages en réalité sont plus significatifs.

## TROISIEME CHAPITRE : Analyses statistiques des dommages de reproduction

### 1) Cas de l'espèce de *Pityogenes bidentatus*

#### 1.1) Analyse descriptive des variables étudiées

Le tableau présenté ci-dessous représente les résultats d'analyse des variables étudiées sur 19 rondins récoltés de la forêt déperie de Senalba Chergui.

Tableau 15: Analyse descriptive détaillée sur les paramètres étudiés.

| Variables      | Moyenne  | Ecart-Type | Min  | Max  |
|----------------|----------|------------|------|------|
| Diamètre (cm)  | 22,88421 | 2,96765    | 18   | 28   |
| Epaisseur (mm) | 1,64737  | 0,59570    | 0,70 | 2,60 |
| Effectifs      | 70       | 49         | 7    | 170  |

#### 1.1.1) Variables liées à l'arbre

##### ➤ Diamètre

La figure présentée ci-dessous, explique la répartition des rondins attaqués en fonction de leur diamètre (Fig. 54). 50% de ces rondins présentent un diamètre varie de 21 à 26 cm. Les rondins qui ont un diamètre compris entre 26 et 28 cm représentent 20%. Près de 30% des échantillons analysés présentent un diamètre variant de 18 et 21cm.

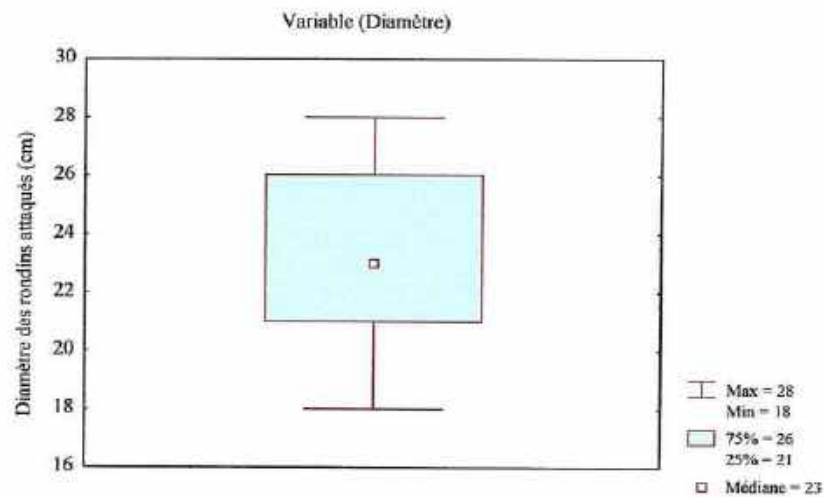


Figure 54: Répartition de la population de *Pityogenes* en fonction des diamètres des rondins attaqués.

### ➤ Epaisseur de l'écorce

La figure 55 présente la répartition de *Pityogenes bidentatus* selon les épaisseurs des écorces des rondins choisis.

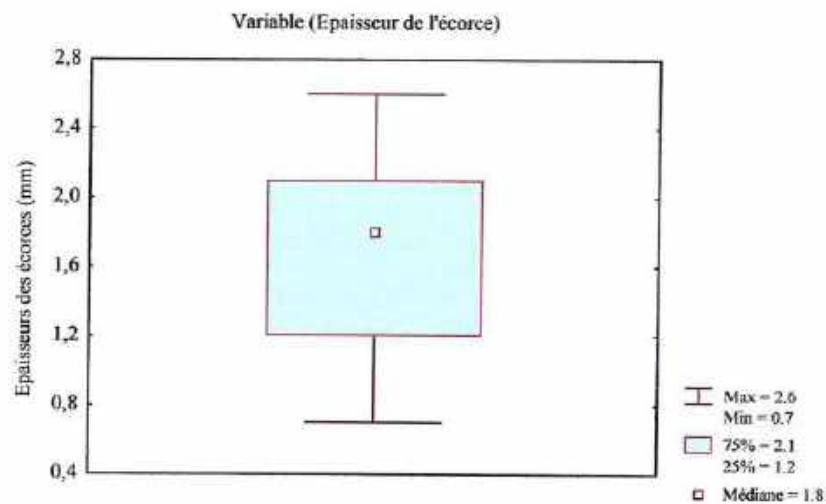


Figure 55: Distribution de la population de *Pityogenes* en fonction de l'épaisseur de l'écorce.



50% des rondins récoltés présentent des épaisseurs d'écorces de 1,2 à 2,1 cm. 25% des échantillons ont des valeurs comprises entre 2,1 à 2,6 cm. Les rondins qui ont des épaisseurs allant de 0,6 à 1,2 représentent 25 %. La valeur médiane est de 1,8 cm.

### 1.1.2) Variables liées à l'insecte

#### ➤ Le nombre total de la population *Pityogenes bidentatus*

La figure 56 met en évidence la variabilité de la population de *Pityogenes bidentatus* sur les branches des pins.

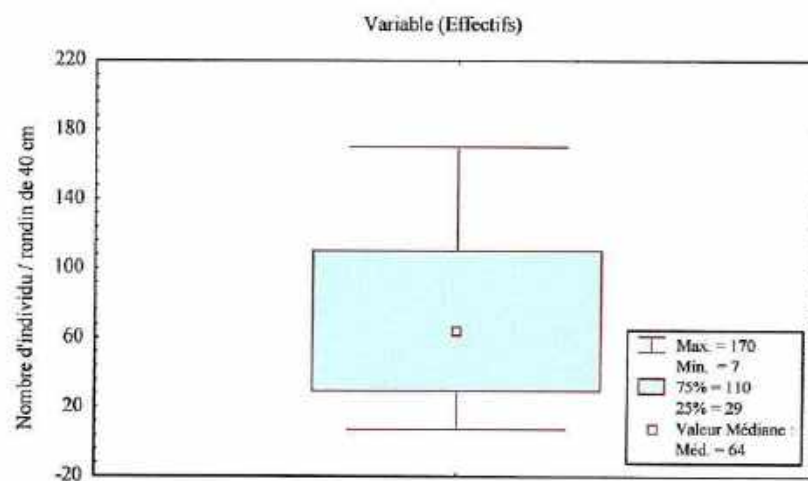


Figure 56: Distribution du nombre total de la population de *Pityogenes bidentatus* récoltée.

## 1.2) Effets des paramètres liés à l'arbre sur le nombre total de *Pityogenes bidentatus*

On procède à une analyse de la variance des paramètres étudiés.

### 1.2.1) Effet de diamètre des rondins sur les effectifs totaux

Les résultats d'analyses obtenus sont représentés dans le tableau (16).

Tableau 16: Analyse de la variance (effet Diamètre).

| Variables     | Effet SC | Effet dl | Effet MC | Erreur SC | Erreur dl | MC Erreur | F        | p       |
|---------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|---------|
| <b>EFFECT</b> | 7256,712 | 2        | 3628,356 | 35801,81  | 16        | 2237,613  | 1,621529 | ,228437 |

### 1.2.2) Effet de l'épaisseur de l'écorce sur les effectifs totaux

Pour l'effet de l'épaisseur de l'écorce, l'analyse est présentée dans le tableau 17.

Tableau 17: Analyse de la variance (effet Epaisseur).

| Variables     | Effet SC | Effet dl | Effet MC | Erreur SC | Erreur dl | MC Erreur | F        | p       |
|---------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|---------|
| <b>EFFECT</b> | 28989,83 | 9        | 3221,092 | 14068,70  | 9         | 1563,189  | 2,060590 | ,148242 |

La comparaison entre les paramètres de l'arbre à partir de l'analyse de la variance, de l'effet de l'épaisseur de l'écorce et du diamètre des rondins sur ces variables n'a pas montré de différences significatives. Les rondins examinés présentent des caractéristiques très comparables en diamètres et en épaisseurs

### 1.3) Analyse croisée entre les longueurs des galeries de reproduction et le nombre d'encoche larvaire

Pour développer les résultats représentés en annexe 6, on procède à une synthèse de corrélation par une comparaison entre les longueurs des galeries et le nombre d'encoche par galerie. Les corrélations significatives sont marquées à  $p < 0,05$  sur 45 échantillons.

Tableau 18: Matrice de corrélation.

| Variables        | Longueurs des galeries de reproduction |
|------------------|--|
| Nombre d'encoche | ,638                                   |
|                  | $p=,0001$                              |

La matrice de corrélation représentée dans le tableau 18, illustre les corrélations entre les longueurs des galeries de reproduction et les encoches de ponte de l'espèce de *Pityogenes bidentatus*. Les deux variables présentent une forte corrélation ( $R=0,63$ ) avec une probabilité très hautement significative marquée à  $p=0,0001$ .

La relation entre le nombre des encoches de ponte et les longueurs des galeries de reproduction creusées par les femelles du *Pityogenes bidentatus* est représentée dans la figure (57).



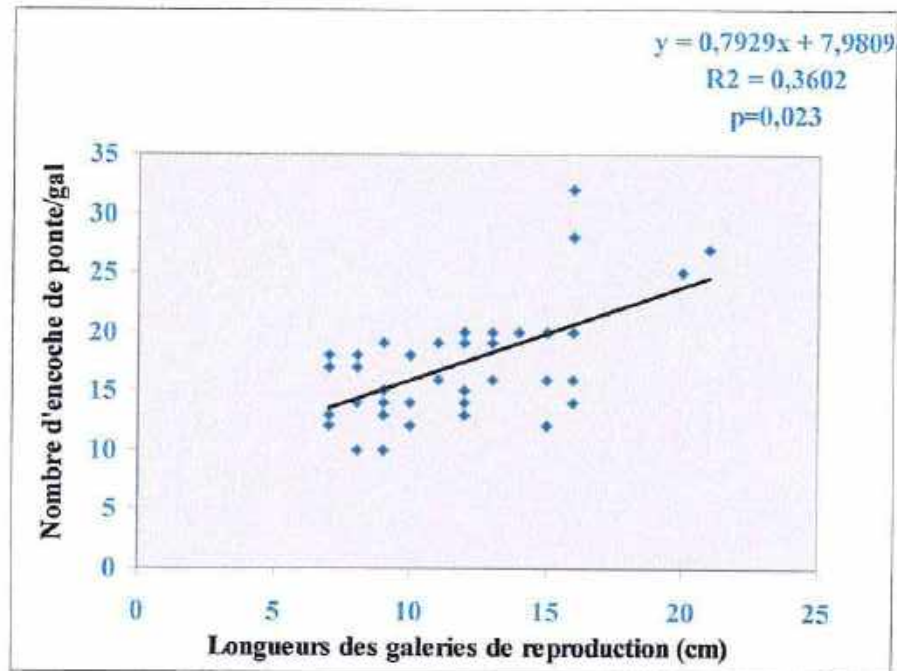


Figure 57: Evolution du nombre d'encoche de ponte en fonction des longueurs des galeries.

Les encoches de ponte confectionnées par les femelles du *Pityogenes bidentatus* sont proportionnelles à la longueur des galeries de reproduction, plus la galerie est longue plus le nombre d'encoche est important, la probabilité calculée est hautement significative ( $p=0,023$ ).

#### 1.4) Analyse croisée entre le nombre des galeries maternelles et les moyennes des longueurs des galeries

La relation du nombre des galeries maternelles avec les moyennes des longueurs des galeries présentée dans la figure 58, met en évidence un coefficient de détermination de 0,22 avec une probabilité significative de ( $p= 0,021$ ). Plus le nombre des galeries maternelles augmente plus la longueur des galeries de reproduction est limitée.

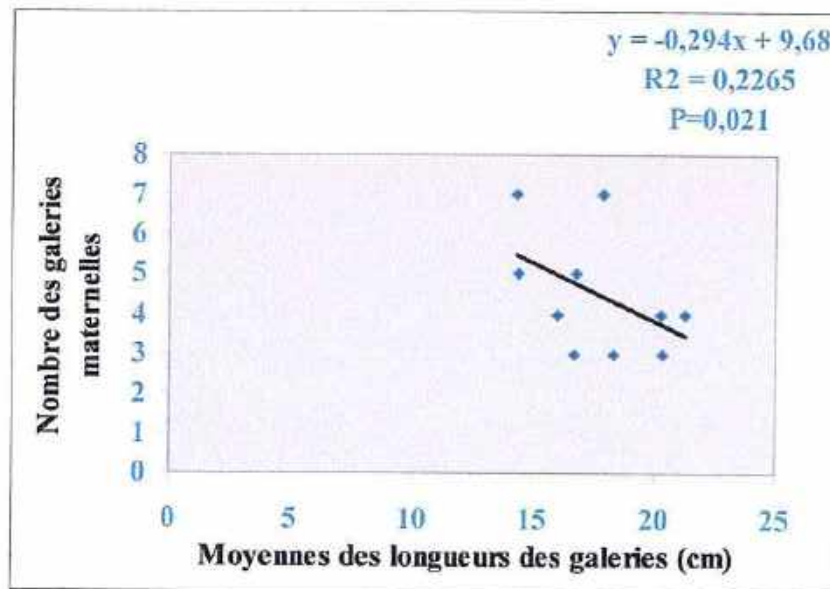


Figure 58: Evolution du nombre des galeries maternelles en fonction des longueurs des galeries.

### 1.5) Classification des paramètres étudiés

La figure 59 illustre la relation entre les paramètres de *Pityogenes* et de son hôte, on considère que l'épaisseur des écorces est liée aux diamètres des rondins attaqués, ces deux variables sont en étroite relation avec le nombre total de la population de l'espèce de *Pityogenes bidentatus* dénombrée dans les rondins. Cette analyse explique que la variabilité de ces paramètres est relationnelle.

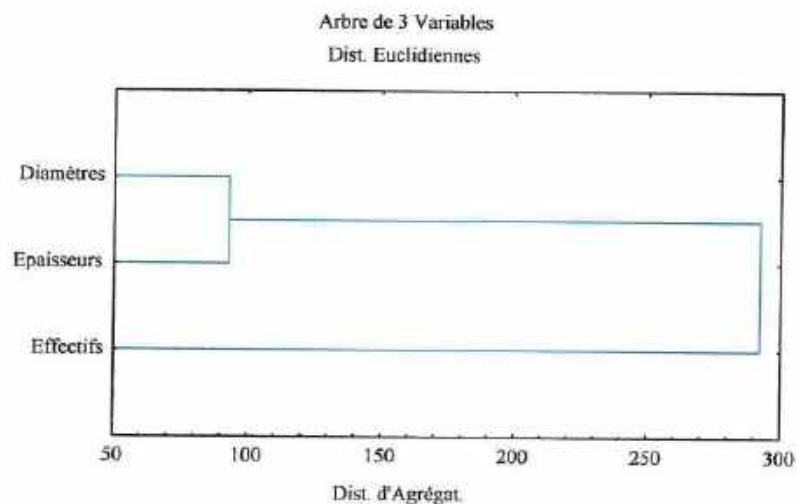


Figure 59: Classification des variables étudiées.

## 2) Cas de l'espèce de *Tomicus destruens*

### 2.1) Analyse descriptive des variables étudiées

Le tableau présenté ci-dessous regroupe l'analyse descriptive des résultats présentés en annexe 5. Ces paramètres sont étudiés sur 40 échantillons.

Tableau 19: Présentation analytique des variables considérées.

| Variabes                         | Moyenne | Ecart type | Min  | Max   |
|----------------------------------|---------|------------|------|-------|
| Age                              | 57,50   | 20,78      | 30   | 90    |
| Diamètre (cm)                    | 23,57   | 13,05      | 5,50 | 53    |
| Epaisseur (mm)                   | 1,63    | 1,62       | 0,10 | 5     |
| Densité d'attaque/m <sup>2</sup> | 111,00  | 56,51      | 20   | 270   |
| Longueur de la galerie (cm)      | 13,10   | 2,91       | 7,42 | 19,37 |

#### 2.1.1) Variables liées à l'arbre

##### ➤ Diamètre et épaisseur d'écorce

Les figures 60 et 61 présentent la distribution de la population de *Tomicus destruens* en fonction des diamètres des rondins examinés et les épaisseurs des écorces. 50% des rondins mesurés ont un diamètre de 14 à 31 cm. La variabilité des 50% des échantillons restant varie de 5,5 à 14 cm et de 31 à 53 cm avec une valeur médiane de l'ordre de 23cm.

L'épaisseur des écorces des rondins mesurés varie de 0,1 à 5cm. 50% des rondins sont caractérisés par des épaisseurs d'écorces varient de 0,25 et 2,8 mm La variabilité des 50% restant est plus importante au delà de 2,8 mm, la valeur médiane enregistrée est de 0,8.

L'analyse de ces deux variables, diamètre et épaisseur de l'écorce des arbres dépéris montre une stratégie d'attaque de l'espèce de *Tomicus destruens*. Les populations de ces insectes se manifestent à des endroits définis selon la morphologie de leur hôte et vraisemblablement de ses constitutions.



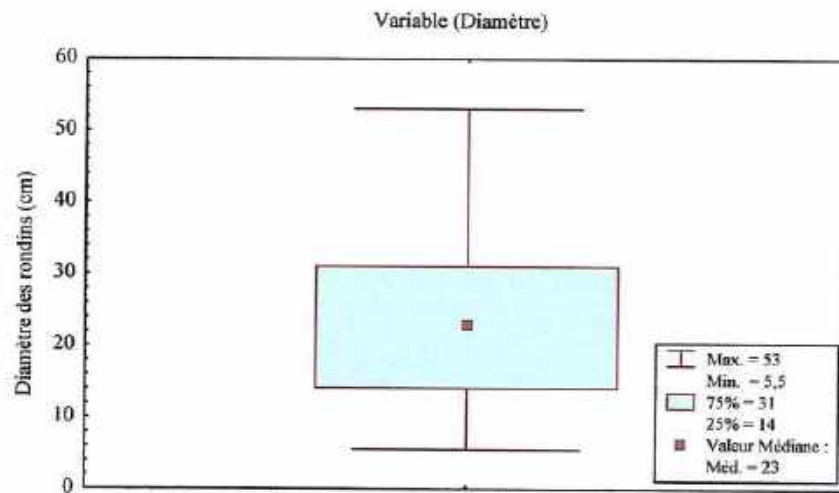


Figure 60: Variation des mensurations des diamètres des rondins attaqués.

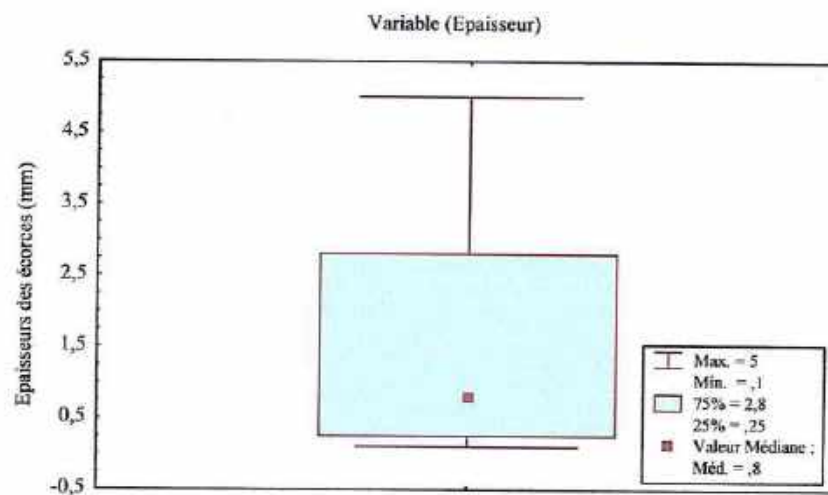


Figure 61: Variation des mensurations des épaisseurs des écorces des rondins attaqués.

### 2.1.2) Variables liées à l'insectes

#### ➤ Longueurs des galeries

Les moyennes des longueurs des galeries de reproduction forcées par les femelles de *Tomicus destruens* sont représentées dans la figure 62. 50% des galeries mesurées présentent des longueurs variant de 11 à 15 cm. Une variabilité de 50% est comprise entre les valeurs extrêmes qui sont respectivement 7,5 à 11 et de 15 à 19 cm. La valeur médiane est de l'ordre de 13 cm.

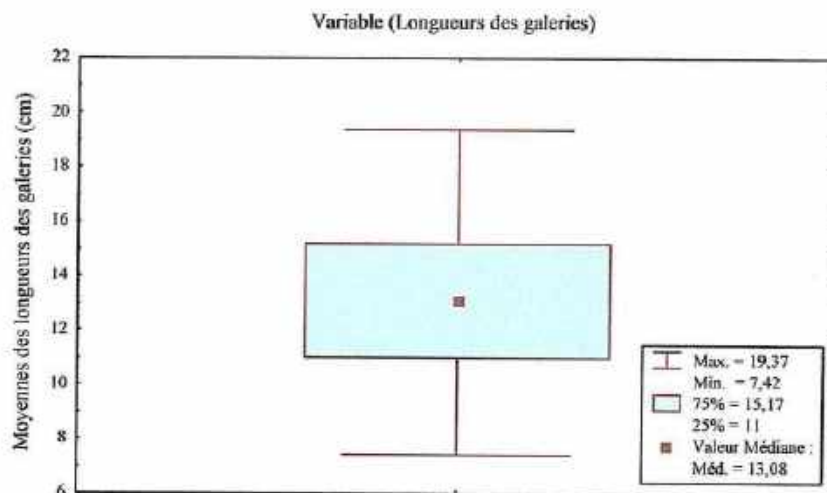


Figure 62: Variation des moyennes des longueurs des galeries de reproduction.

#### ➤ Densité d'attaque

Les densités d'attaques calculées par  $m^2$  pour l'espèce de *Tomicus destruens* varient de 270 à 20 galeries. 50% de cette population creusent entre 60 et 150 galeries par  $m^2$ , la variabilité de 50% restant est plus importante au-delà de 150 galeries. La valeur médiane est de l'ordre de 110 galeries / $m^2$  (Fig. 63).

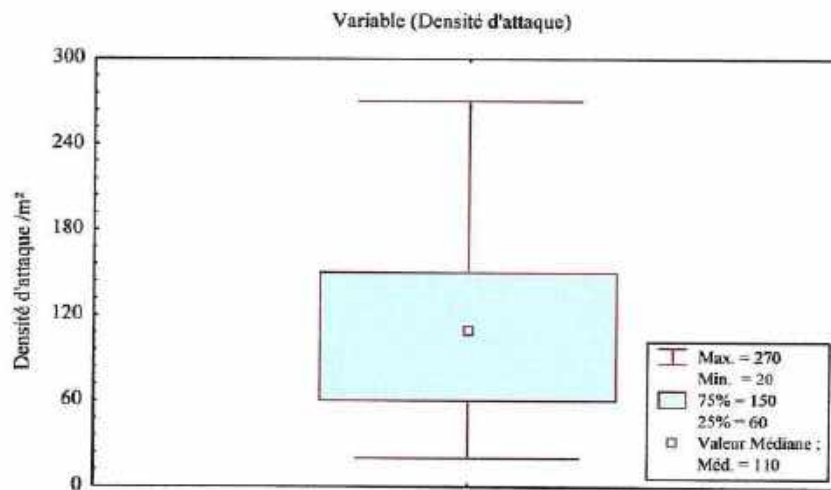


Figure 63: Distribution de la population de l'espèce de *Tomicus destruens* par mètre carré.

## 2. 2) Analyse fréquentielle des données

Cette analyse montre la fiabilité de notre échantillonnage, elle favorise la distribution des paramètres étudiés. Sur la base des tables de fréquences on préconise à une répartition en classes de chaque variable.

### 2.2.1) Variables liées à l'arbre

#### ➤ Diamètre des rondins

La répartition en classes des diamètres des rondins présentée par le graphique de la figure 64, s'ajuste à une loi normale. Les valeurs des diamètres sont comprises entre 5 à 55 cm distribuées en 3 classes, la plus importante varie de 18 à 36 cm représente plus de 30 observations. La probabilité met en évidence est très hautement significative marquée à  $p=0,0001$ .



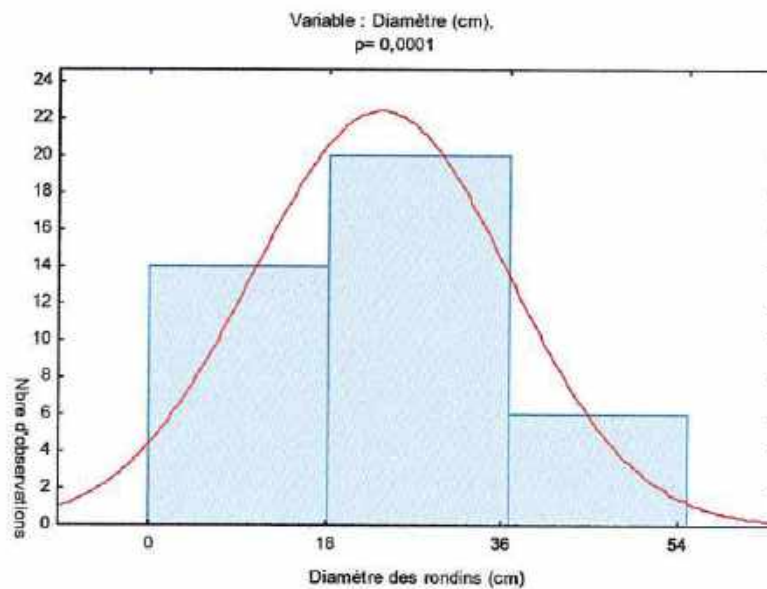


Figure 64: Répartition en classes des diamètres des rondins.

### ➤ Épaisseur de l'écorce

L'examen du graphe de la figure 65, montre que les classes de l'épaisseur de l'écorce s'ajustent à une loi normale. La classe la plus importante varie de 0,1 à 2 mm renfermant plus de 23 observations avec une probabilité très hautement significative ( $p=0,0001$ ).

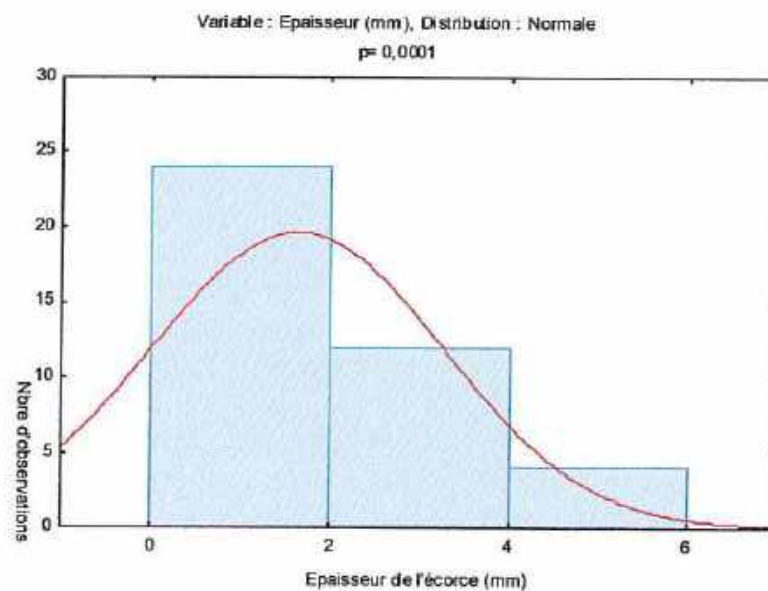


Figure 65: Répartition en classes des épaisseurs des écorces.

### 2.2.2) Variables liées à l'insecte

#### ➤ La densité d'attaque

L'analyse de l'histogramme de la figure 66 montre que la densité d'attaque de la population de l'espèce de *Tomicus destruens* varie de 20 à 270 galeries par mètre carré répartie en 4 classes, la plus importante renferme plus de 16 observations. Les valeurs de cette variable s'ajustent à une loi normale ( $p=0,0001$ ).

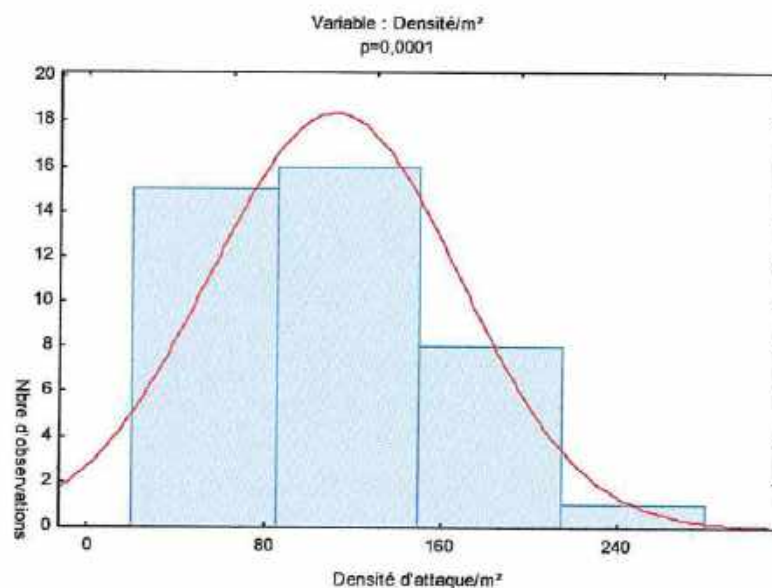


Figure 66: Répartition en classes des densités d'attaques/m<sup>2</sup>.

#### ➤ Longueurs des galeries de reproduction

Les galeries de reproduction creusées par les femelles de l'espèce de *Tomicus destruens* ont des longueurs variant de 6 à 21mm (Fig. 67). Cette distribution représente 4 classes, la plus importante caractérise les galeries d'une longueur varie de 12 à 16 mm Cette répartition s'ajuste à une loi normale avec une probabilité très hautement significative ( $p=0,0001$ ).

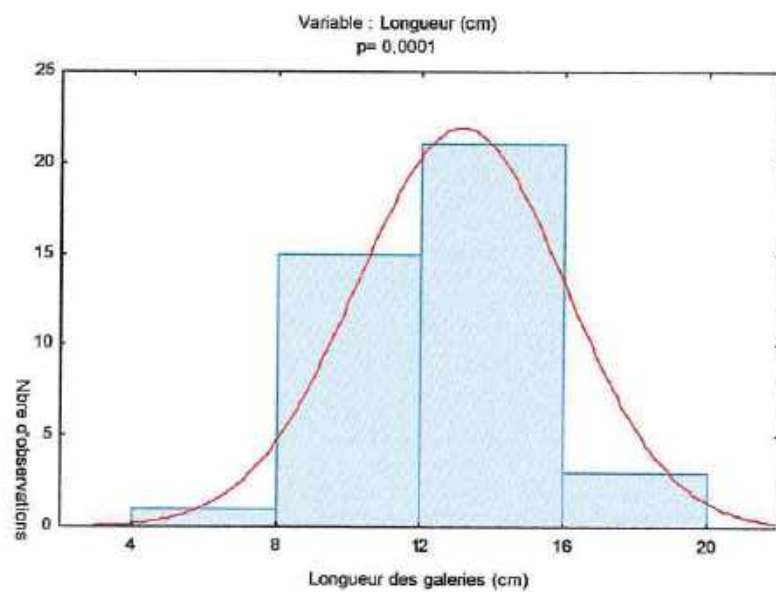


Figure 67: Répartition en classes des longueurs des galeries de *Tomicus destruens*.



### 2.3) Effets des paramètres liés à l'arbre sur la densité d'attaque et la longueur des galeries

En procède comme précédemment à une analyse de corrélation entre les variables étudiées.

#### 2.3.1) Matrice de corrélation

Pour montrer l'effet des facteurs étudiés on procède à rechercher les corrélations possibles entre les variables étudiées. Le tableau 20 met en évidence les effets de la combinaison entre les différentes variables considérées.

Tableau 20: Matrice de corrélation entre les variables étudiées.

| Variables                        | Age     | Diamètre | Epaisseur | Densité d'attaque/m <sup>2</sup> |
|----------------------------------|---------|----------|-----------|----------------------------------|
| Diamètre                         | ,817    |          |           |                                  |
|                                  | p=,0001 |          |           |                                  |
| Epaisseur                        | ,123    | ,517     |           |                                  |
|                                  | p=,449  | p=,001   |           |                                  |
| Densité d'attaque/m <sup>2</sup> | ,110    | -,143    | -,512     |                                  |
|                                  | p=,498  | p=,378   | p=,001    |                                  |
| Longueur des galeries            | -,270   | -,053    | ,177      | -,352                            |
|                                  | p=,092  | p=,746   | p=,273    | p=,026                           |

Les résultats des combinaisons entre ces variables montrent plusieurs significations, une première corrélation est montré entre le diamètre des sujets dépéris et l'âge de l'arbre avec une probabilité très hautement significative et une corrélation de  $r=0,817$ . Une deuxième corrélation entre l'épaisseur de l'écorce et la densité d'attaque ( $r= -0,512$ ,  $p = 0,1\%$ ). De même la longueur des galeries de reproduction marque une corrélation avec la densité d'attaque ( $r = -0,352$ ,  $p = 0,02$ ).

### 2.3.2) Effet de l'exposition de l'arbre

L'analyse de la comparaison des moyennes des paramètres liés à l'insecte aux deux expositions de l'arbre (sud et nord) est représentée dans le tableau 21.

Tableau 21: Analyse de la variance (effet Exposition).

| Variables                        | Effet SC | Effet dl | Effet MC | Erreur SC | Erreur dl | Erreur MC | F     | p     |
|----------------------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|
| Densité d'attaque/m <sup>2</sup> | 31480    | 3        | 10493.33 | 93080.00  | 36        | 2585.556  | 4.058 | .013* |
| Longueur des galeries (cm)       | 55.58    | 3        | 18.53    | 275.48    | 36        | 7.652     | 2.420 | .081  |

La variable densité d'attaque présente une différence significative ( $p=0,01$ ). Cependant les longueurs des galeries ont une signification à un seuil de  $p = 0,08$ .

### 2.3.3) Effet de la hauteur de l'arbre

Les résultats de la comparaison des moyennes obtenues sont regroupés dans le tableau 22.

Tableau 22: Analyse de la variance (effet Hauteur).

| Variables                        | Effet SC | Effet dl | Effet MC | Erreur SC | Erreur dl | Erreur MC | F      | p     |
|----------------------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------|-------|
| Densité d'attaque/m <sup>2</sup> | 29160,0  | 1        | 29160,0  | 95400     | 38        | 2510,52   | 11,615 | .001* |
| Longueur des galeries (cm)       | 47,25    | 1        | 47,25    | 283,81    | 38        | 7,469     | 6,325  | .016* |

Aux deux niveaux considérés 1 et 4 mètre de l'arbre, les densités d'attaques ont montré un effet hautement significatif ( $p=0,001$ ). De même la comparaison des moyennes des longueurs des galeries a montré un effet significatif ( $p=0,016$ ).

### 2.3.4) Effet de l'âge de l'arbre

Les résultats de la comparaison des moyennes calculées sont regroupés dans le tableau 23.

Tableau 23: Analyse de la variance (effet Age).

| Variables                        | Effet SC | Effet dl | Effet MC | Erreur SC | Erreur dl | Erreur MC | F     | p     |
|----------------------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|
| Densité d'attaque/m <sup>2</sup> | 47735    | 7        | 6819,28  | 76825     | 32        | 2400,781  | 2,840 | ,020* |
| Longueur des galeries (cm)       | 90,08    | 7        | 12,869   | 240,97    | 32        | 7,530     | 1,708 | ,142  |

L'âge de l'arbre a un effet significatif sur la densité d'attaque marqué par une probabilité de 0,02, par contre son effet sur la longueur des galeries n'est pas significatif.

### 2.3.5) Effet de diamètre des rondins attaqués

Le diamètre de l'arbre montre un effet très hautement significatif sur les deux paramètres étudiés de l'insecte ( $p = 0,0001$ ) (Tab. 24).

Tableau 24: Analyse de la variance (effet Diamètre).

| Variables                        | Effet SC | Effet dl | Effet MC | Erreur SC | Erreur dl | Erreur MC | F      | p      |
|----------------------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|
| Densité d'attaque/m <sup>2</sup> | 98426,67 | 15       | 6561,778 | 26133,33  | 24        | 1088,889  | 6,026  | ,0001* |
| Longueur des galeries (cm)       | 288,99   | 15       | 19,266   | 42,07     | 24        | 1,753     | 10,990 | ,0001* |



### 2.3.6) Effet de l'épaisseur de l'écorce

La densité d'attaque calculée par mètre carré en fonction de l'épaisseur de l'écorce présente une différence significative ( $p=0,036$ ) (Tab. 25). Par contre l'épaisseur de l'écorce n'a pas montré de signification sur la longueur des galeries.

Tableau 25: Analyse de la variance (effet Epaisseur).

| Variabes                         | Effet SC | Effet dl | Effet MC | Erreur SC | Erreur dl | Erreur MC | F     | p     |
|----------------------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|
| Densité d'attaque/m <sup>2</sup> | 35506,67 | 5        | 7101,33  | 89053,33  | 34        | 2619,216  | 2,711 | ,036* |
| Longueur des galeries (cm)       | 75,38    | 5        | 15,076   | 255,68    | 34        | 7,520     | 2,004 | ,102  |

## 2.4) Analyse croisée des paramètres liés à l'insecte avec les variables considérées

### 2.4.1) Exposition de l'arbre avec la densité d'attaque

A 1mètre d'hauteur, 50% de la population ont des valeurs médianes de 60 à 70 galeries par mètre carré respectivement à l'exposition nord et sud. A 4 mètres d'hauteur, les densités calculées s'élèvent à des valeurs médianes de l'ordre de 120 galeries au nord et à 160 galeries/m<sup>2</sup> au sud (Fig. 68). La probabilité calculée montre une différence significative ( $p = 0,013$ ).

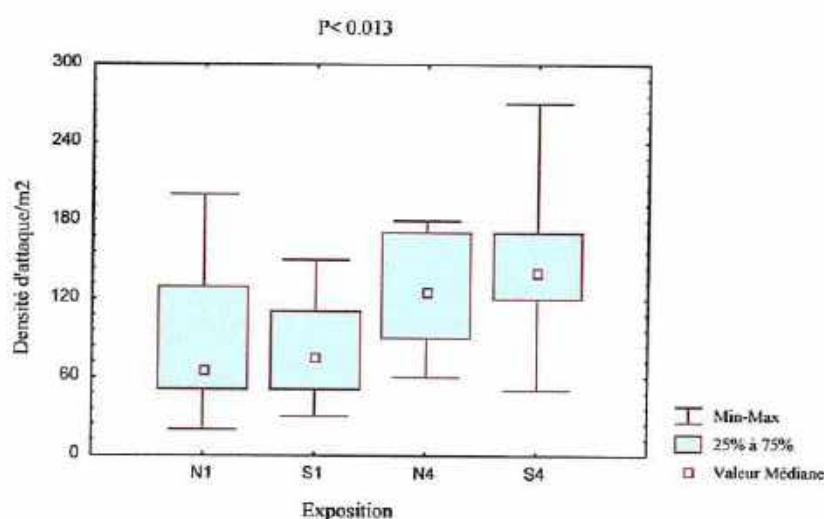


Figure 68: Relation entre la densité d'attaque et l'exposition de l'arbre.

### 2.4.2) Exposition de l'arbre avec la longueur des galeries de reproduction

Les longueurs des galeries de reproduction présentent une variabilité importante selon la hauteur l'arbre et de son exposition (Fig. 69).

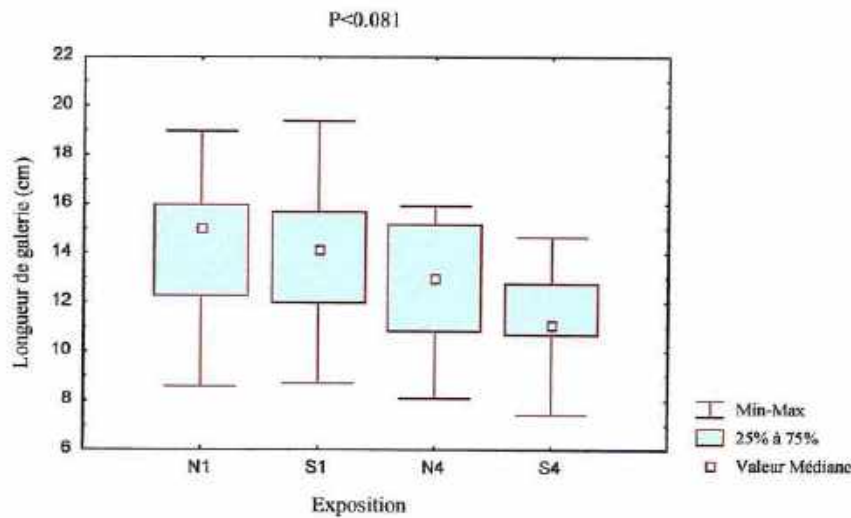


Figure 69: Relation entre l'exposition de l'arbre et la longueur des galeries de reproduction.

A 1 mètre d'hauteur, les moyennes des longueurs des galeries calculées à l'exposition nord et sud ont des valeurs médianes respectivement de 15 et 14 cm. 50% des populations ont des longueurs des galeries très comparables. A 4 mètre, les femelles de *Tomicus destruens* forent des galeries plus limitées à l'exposition sud, par contre à l'exposition nord 50% de la population ont des longueurs de galeries variant de 11 à 15. La probabilité calculée met une signification à 8%.

### 2.4.3) Hauteur de l'arbre avec la densité d'attaque.

Les densités d'attaques aux deux niveaux considérés, ont des valeurs médianes variables de 70 à 130 galeries /m<sup>2</sup> respectivement pour la hauteur 1 et 4 mètre (Fig. 70). La probabilité met en évidence est très hautement significative ( $p=0,001$ ).

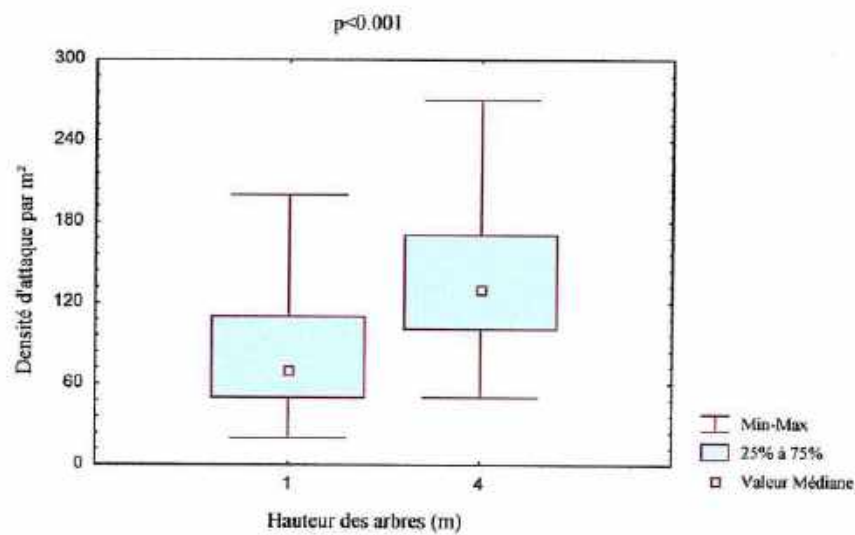


Figure 70: Densité d'attaque en fonction de la hauteur des arbres.

#### 2.4.4) Hauteur de l'arbre avec la longueur des galeries de reproduction

Les résultats de l'analyse croisée de la longueur des galeries de reproduction avec la hauteur de l'arbre sont illustrés dans la figure 71.

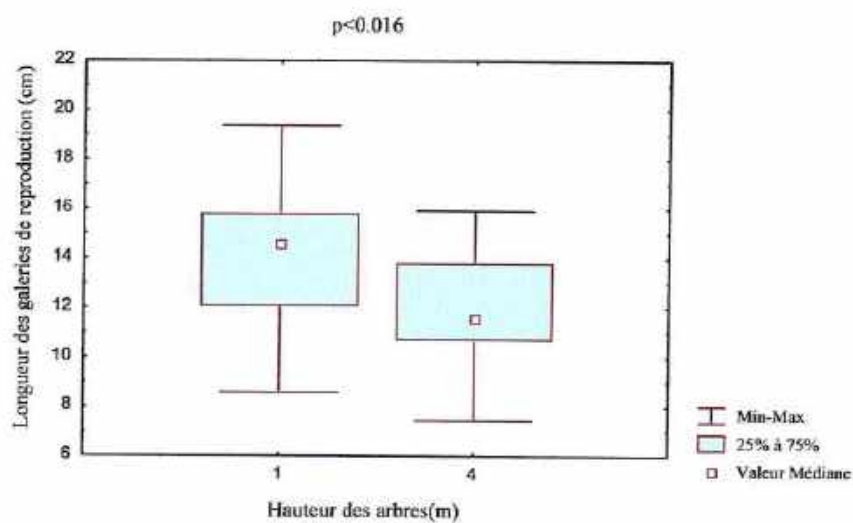


Figure 71: Longueur des galeries en fonction de la hauteur des arbres.



Les valeurs médianes des longueurs des galeries calculées sont respectivement de 15 à 1mètre et 11 cm à 4 mètres. La probabilité calculée présente une différence significative ( $p < 0,016$ ).

## 2.5) Variabilité des paramètres liés à l'insecte en fonction des variables considérées

### 2.5.1) Exposition de l'arbre

Le tracé des moyennes des densités d'attaques en fonction de l'exposition de l'arbre met en évidence une probabilité significative  $p < 0,013$ . A 1mètre, les densités d'attaques varient de 80 à 90 galeries/m<sup>2</sup> respectivement pour l'exposition nord et sud. A 4 mètres, les densités d'attaques s'élèvent à 130 et 150 galeries /m<sup>2</sup> respectivement à l'exposition nord et sud (Fig. 72). Ceci est en relation avec la morphologie de l'arbre particulièrement l'épaisseur de l'écorce qui est plus recherché par l'insecte.

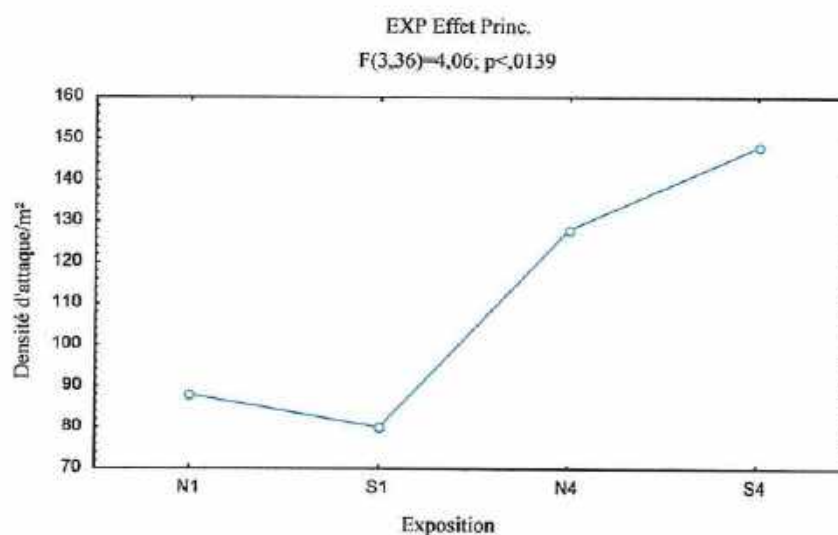


Figure 72: Tracé des moyennes des densités d'attaques en fonction de l'exposition de l'arbre.

L'analyse des longueurs des galeries en fonction de l'exposition de l'arbre montre une probabilité significative au seuil de 8% (Fig. 73). A 1mètre d'hauteur, les longueurs des galeries mesurées sur les arbres exposant nord sont de 14,2 cm, elles sont très comparables à celles qui sont exposées au sud. A 4 mètre d'hauteur exposant nord, les moyennes des longueurs des galeries sont de 12,7 cm. Au sud et à 4 mètre d'hauteur, les moyennes calculées sont limitées à 11,2 cm.

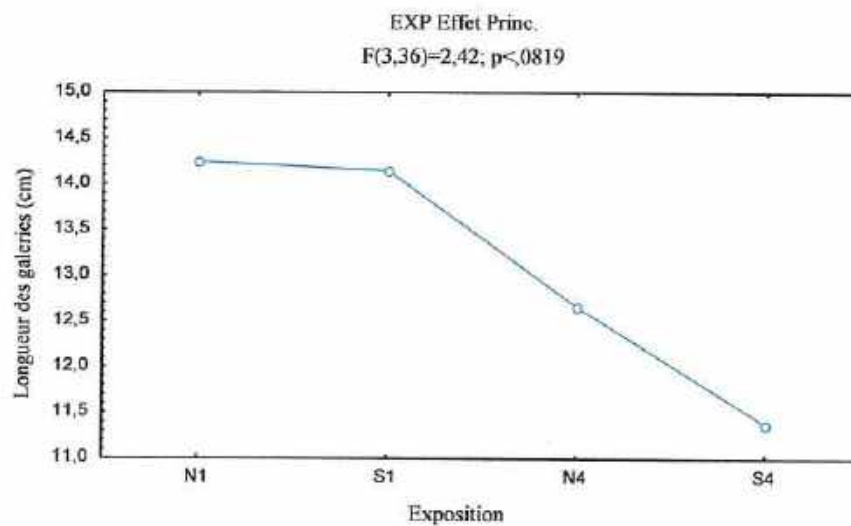


Figure 73: Tracé des moyennes des longueurs des galeries en fonction de l'exposition de l'arbre.

### 2.5.2) Hauteur de l'arbre

La variabilité des moyennes des densités d'attaques en fonction de la hauteur des arbres est représentée dans la figure 74.

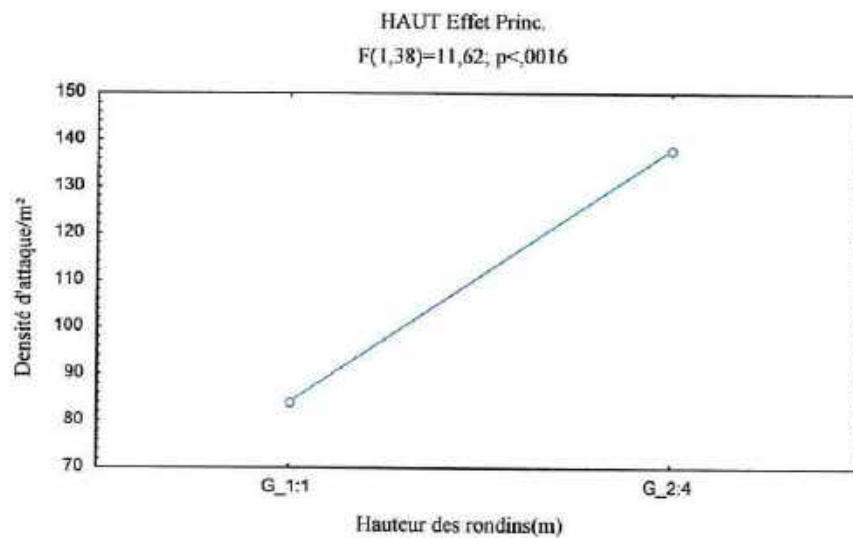


Figure 74: Tracé des moyennes des densités d'attaques en fonction de la hauteur des arbres.

Les moyennes des densités d'attaques calculées la plus importantes est à 4 mètres de hauteur, elle est de 140 galeries /m<sup>2</sup> par contre à 1 mètre de hauteur la densité d'attaque est limitée à 85 galeries /m<sup>2</sup>. La probabilité calculée est hautement significative ( $p < 0,001$ ).

L'évolution des moyennes des longueurs des galeries en fonction de la hauteur de l'arbre est présentée dans la figure 75.



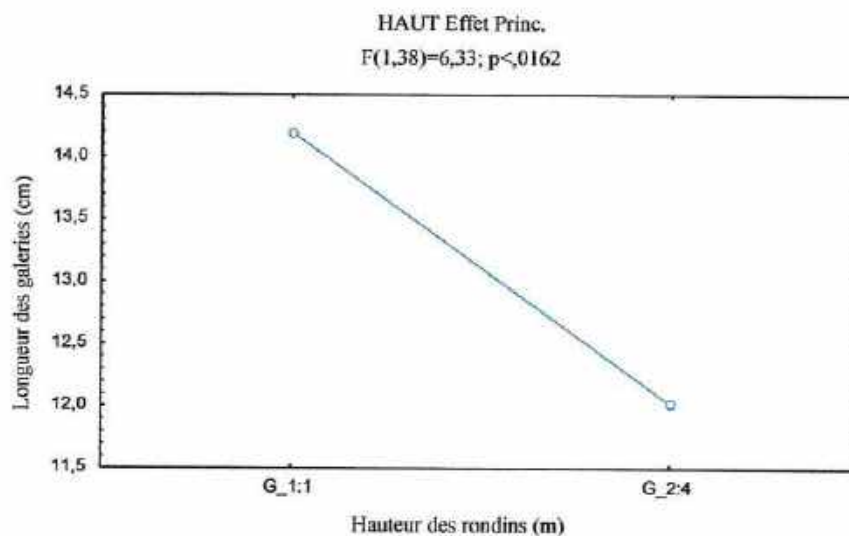


Figure 75: Tracé des moyennes des longueurs des galeries en fonction de la hauteur des arbres.

Les moyennes des longueurs des galeries calculées sont de l'ordre de 14 cm au niveau de 1 mètre et de 12 cm au niveau de 4 mètres. La probabilité calculée présente une différence significative  $p < 0,01$ .

Les femelles ont tendance à limiter leurs galeries respectivement en fonction de la hauteur de l'arbre, ce qui confirme la relation entre les densités d'attaques et les longueurs des galeries forées. Plus la densité d'attaque est importante plus les longueurs des galeries sont réduites ce qui rejoint les travaux de divers auteurs notamment Sauvard (1988) et Chakali (2005).

### 2.5.3) Age de l'arbre

Le tracé des moyennes de la figure 76, présente la répartition de la densité d'attaque en fonction de l'âge de l'arbre. Les fortes densités sont marquées à différents âges de 35 et 40 ans et autour de 70 ans. Ces résultats restent probablement liés à une étude comparative sur plusieurs sujets dépéris, la probabilité calculée est significative ( $p < 0,02$ ).

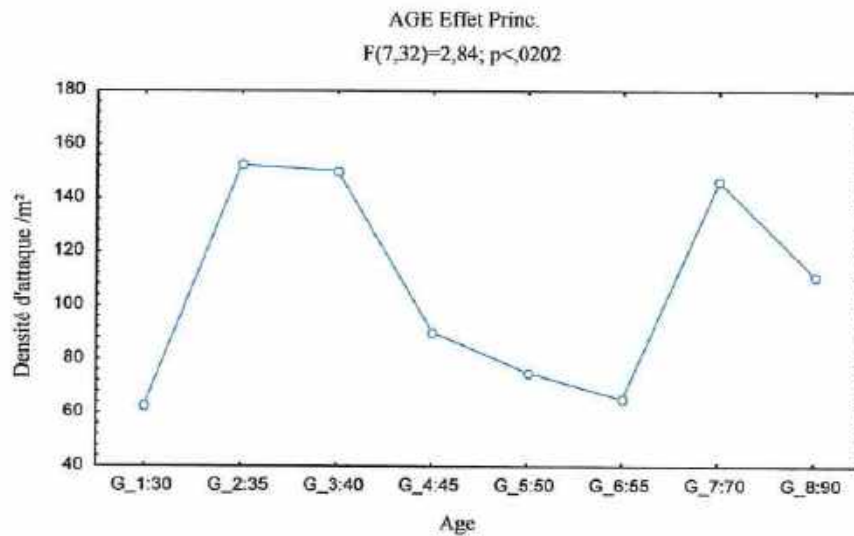


Figure 76: Tracé des moyennes des densités d'attaques en fonction de l'âge de l'arbre.

Le tracé des moyennes des longueurs des galeries en fonction de l'âge de l'arbre n'a pas montré de signification (Fig. 77).

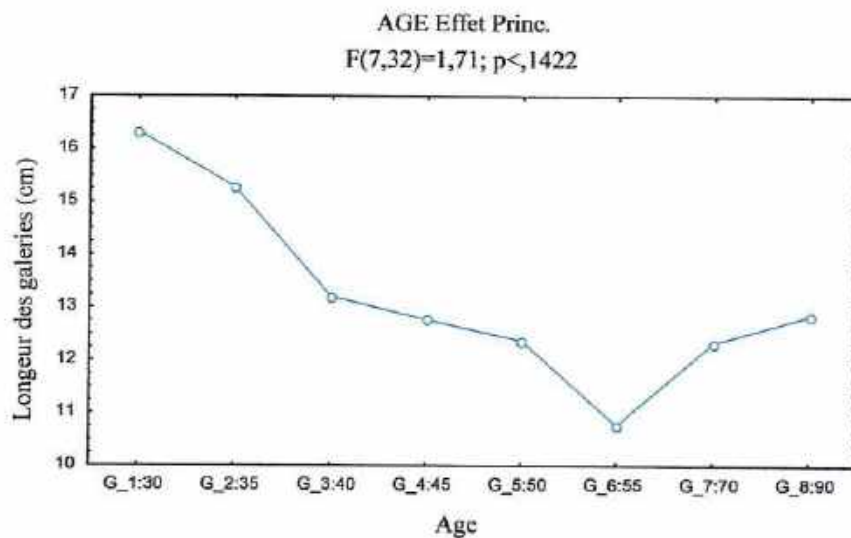


Figure 77: Tracé des moyennes des longueurs des galeries en fonction de l'âge de l'arbre.

## 2.6) Classification des variables étudiées

La longueur des galeries de reproduction est liée à l'épaisseur de l'écorce de l'arbre. Ces deux paramètres sont en relation avec le diamètre des sujets attaqués. L'âge et l'exposition des arbres sont liés à la densité d'attaque. La relation entre les variables étudiées est représentée dans la figure 78.

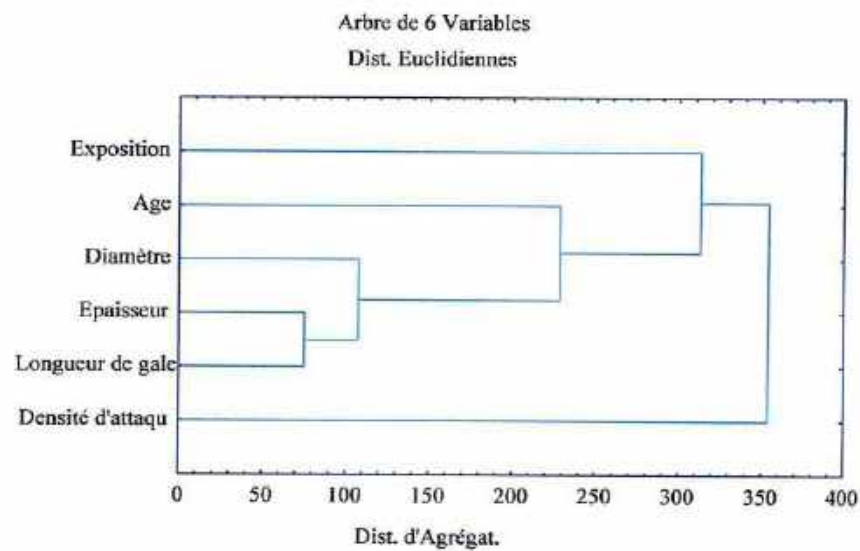


Figure 78: Arbre relationnelle des paramètres étudiés.



## QUATRIEME PARTIE : DISCUSSIONS

### PREMIER CHAPITRE : Analyse des images satellites

#### 1) Image satellite de l'année 1972

L'analyse globale de l'image initiale de l'année 1972 représentée par la figure 26, met en évidence la totalité des forêts naturelles de la région de Djelfa. Les bandes à coloration noire traduisent les massifs forestiers et les bandes à tendance marron représentent les zones dégradées et nues.

Les massifs digitalisés sont répartis en quatre grandes parties distinctes. A l'est se situe Djebel Sahari, à l'ouest une superficie considérable englobant Djebel Senalba Chergui et Guarbi, vers le nord se localise des tranches forestières distribuées autour de ces masses forestières et occupant des superficies réduites (Fig. 29).

#### 2) Image satellite de l'année 1987

En plus des forêts localisées sur l'image satellite de l'année 1972, des nouvelles surfaces boisées apparaissent sur l'image de l'année 1987. Ces surfaces dérivent du programme décennal de la conservation des forêts, dans le but de palier aux surfaces disparues au cours de la période précédente. Le reboisement le plus considérable est celui de Moudjbara localisé au sud-est de la ville de Djelfa. De même deux zones de reboisements sont notées, le reboisement de Sahari situé à l'est de la région de Djelfa et celui de la forêt de Senalba Chergui (Fig. 30).

### **3) Image satellite de l'année 2001**

La composition colorée de l'image satellite de l'année 2001, présente plusieurs couleurs indicatrices. La coloration lavande présente la région commune de Djelfa, la zone à dominante noire présente une végétation arbustive dense et développée (Fig. 28).

Les zones à coloration noire à marron claire désignent les zones dégradées peu denses et dépourvues d'arbres, ce sont des sujets dépéris abattus dans le cadre d'assainissement. Les zones à dominante beige sont des sols nus ou des pistes.

### **4) Evolution spatiotemporelle des formations forestières de la région de Djelfa**

#### **4.1) Comparaison des images satellites des périodes considérées**

Une première approche de cette dynamique temporelle peut se faire par un affichage successif des compositions colorées des images étudiées, selon les dates d'acquisition des images satellites considérées, afin d'avoir des stades phénologiques comparables des paysages étudiés.

Pour la période de trente années, les trois images satellites présentent deux états évolutifs de quinze ans, la première image présente un critère de comparaison et la base d'interpréter les images qui se succèdent, la seconde image se caractérise par une reprise végétale et la dernière illustre une régression du couvert forestier.

#### 4.1.1) Cas de la forêt de Senalba Chergui

Parmi les trois images satellites considérées de la figure 79, l'image de l'année 1987 présente la plus forte concentration des milieux forestiers particulièrement sur le massif de Senalba Chergui. Cependant la coloration foncée de cette masse forestière indique un taux de recouvrement forestier important avec une considérable densité. Ce patrimoine forestier est réparti en séries, avec l'ouverture des routes à l'intérieur de la forêt et l'installation des riverains. Ceci n'était pas présenté sur l'image initiale de l'année 1972.

En l'année 2001, la forêt de Senalba Chergui présente une forte dégradation comparativement à l'image initiale de 1987, la partie nord est la plus touchée. Cette régression prend de l'ampleur de l'est vert le nord ouest touchant même les jeunes peuplements et les sujets stressés. Notant que les prospections faites au sein de la forêt montrent que les peuplements âgés de plus de 60 ans sont davantage touchés. La forêt de Senalba Chergui sur l'image de l'année 2001, occupe une surface estimée après digitalisation à 11263,15 hectares, d'environ 5% de la surface forestière enregistrée en 1987 a disparu soit une perte évaluée à 2214 hectares. En réalité cette estimation ne reflète pas la surface réellement dégradée, car la digitalisation ne peut pas délimiter les sujets dépéris qui sont distribués à l'intérieur des zones forestières, et qui sont considérés sur l'image satellite comme des peuplements denses avec des sujets sains (Fig. 80).



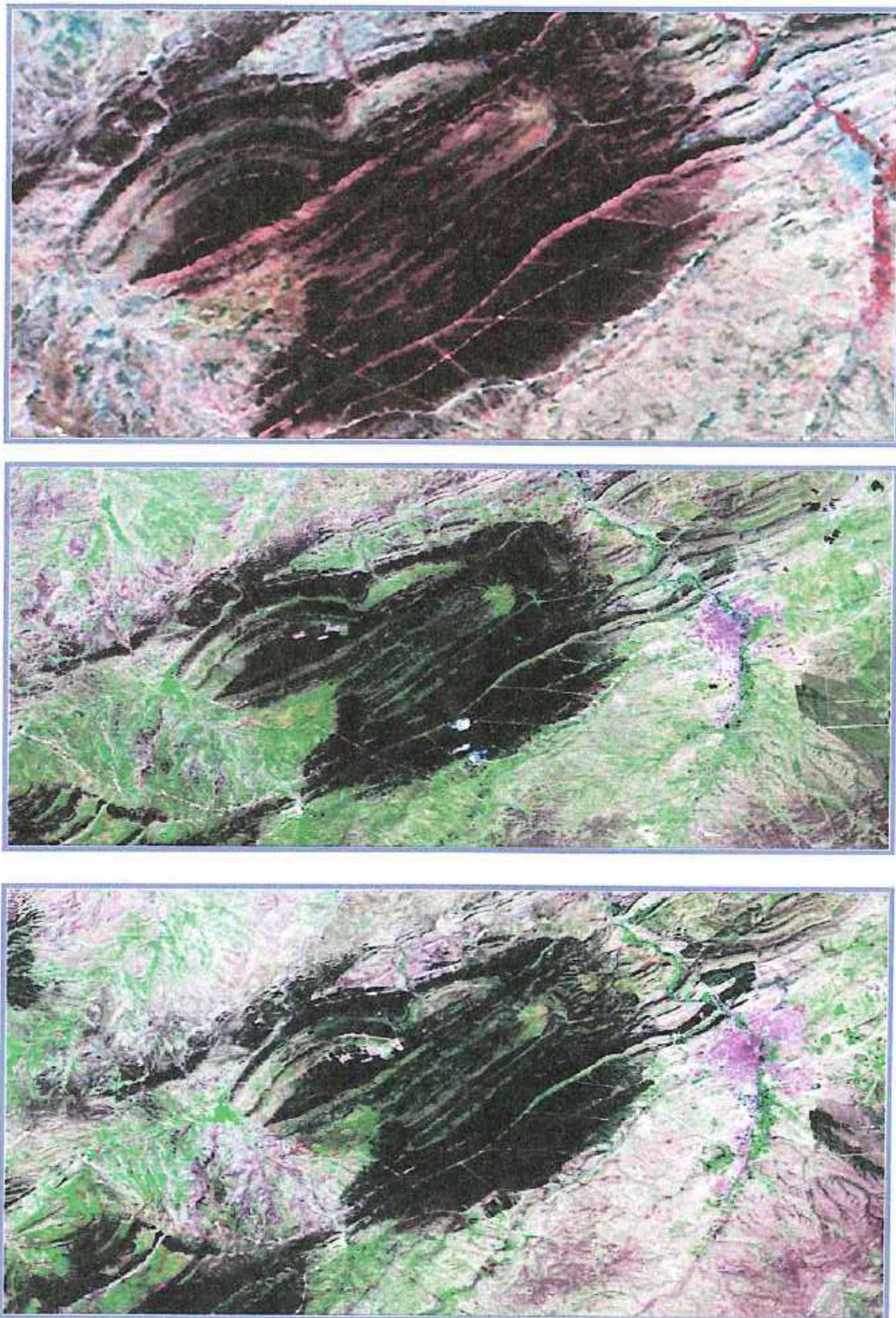
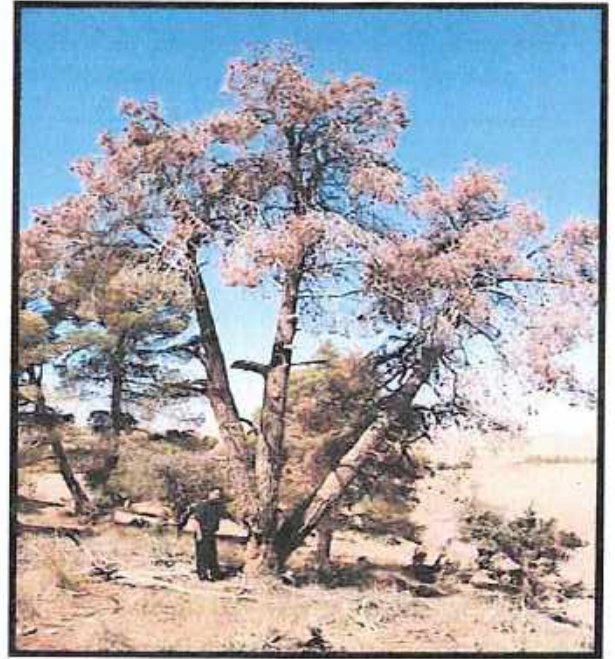
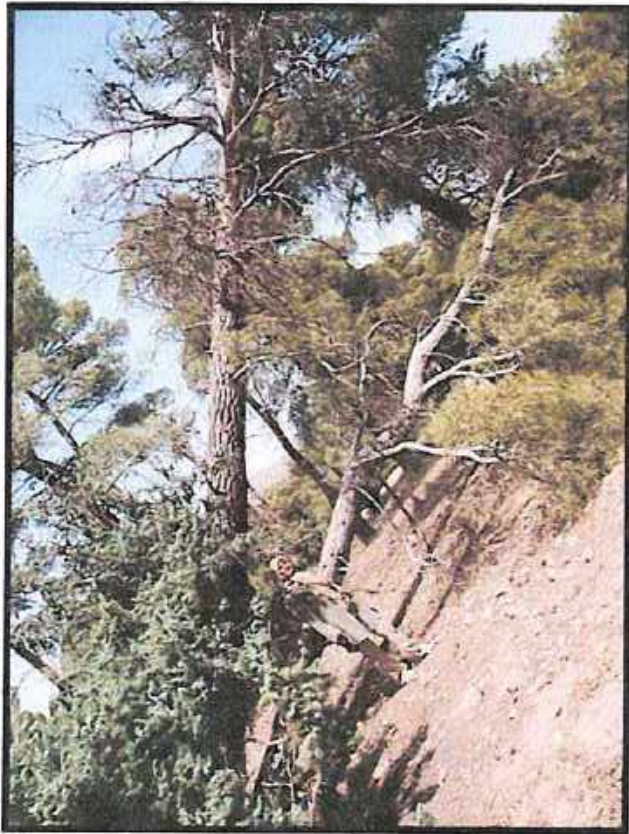


Figure 79: Images satellites présentant l'évolution des formations forestières de Senalba Chergui durant les années (1972/1987/2001)





Exemple de surface dépéris

Figure 80: Sujets dépéris à Senalba Chergui (Original).

#### **4.1.2) Cas de la forêt de Senalba Gharbi**

Sur l'échelle du temps considéré, les formations forestières de Senalba Gharbi n'ont pas subi une régression importante, la forêt garde un rythme plus stable occupant une superficie de l'ordre de 12838,8 hectares. Cette masse forestière présente une dégradation à l'intérieur de la forêt. L'analyse diachronique de cette formation forestière indique que plus de 700 hectares a disparu en 2001. Cette dégradation touche surtout la partie sud-est de la forêt. Les peuplements limitants le contour de la forêt ainsi que les bordures des routes sont les zones les plus touchées par le dépérissement (Fig.81).

La forêt de Senalba Gharbi présente une coloration sombre sur l'image satellite de l'année 2001, ce qui indique que cette formation englobe des peuplements en croissances et denses, mais qu'ils sont devenus plus dégradés. Cela a été confirmé par les prospections menées sur le terrain particulièrement à l'intérieur de ces peuplements.



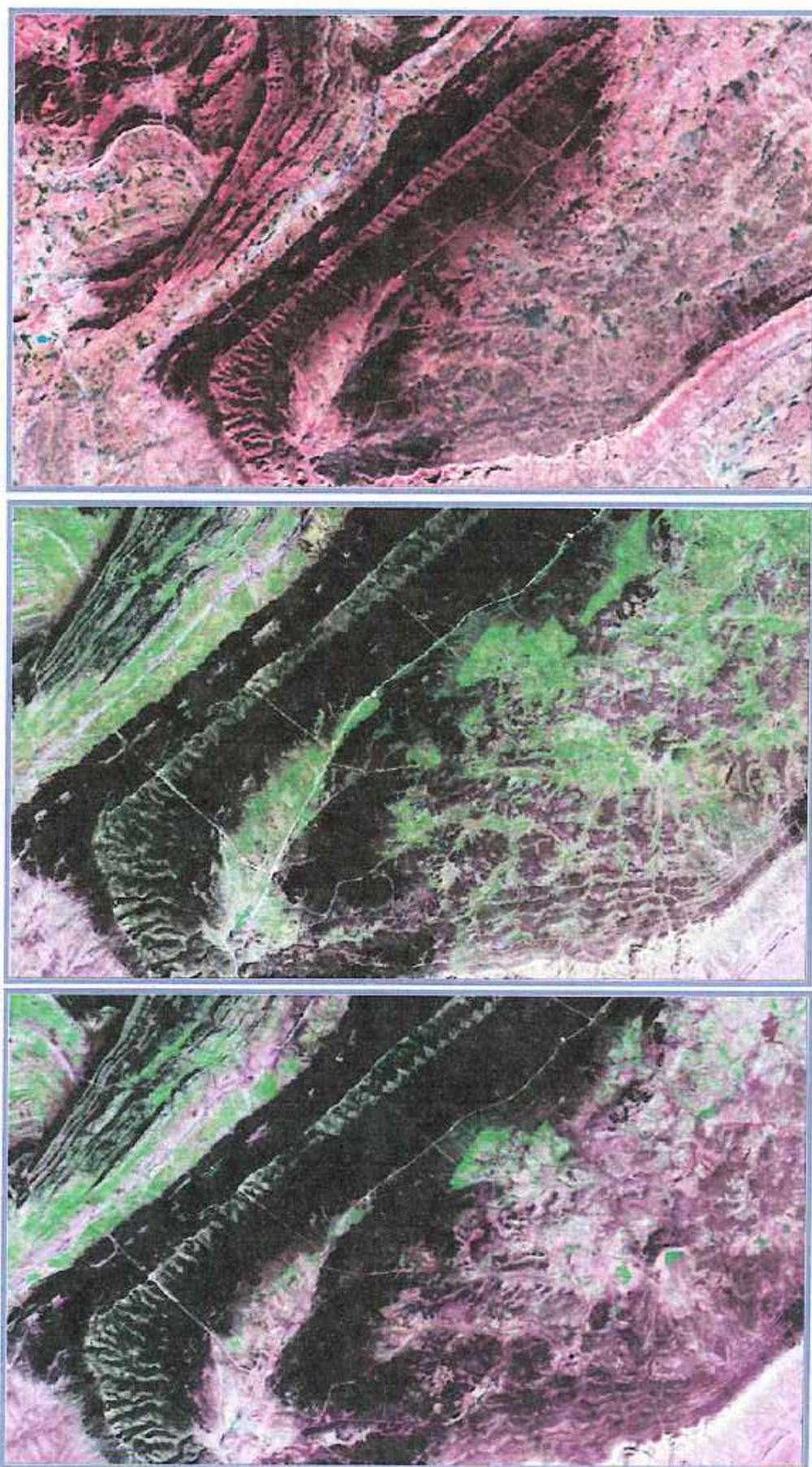


Figure 81: Images satellites présentant l'évolution de la forêt de Senalba Gharbi durant les années (1972/1987/2001)

### 4.1.3) Cas de la forêt de Sahari

Concernant les massifs de Sahari, la comparaison entre les images aux différentes périodes indique une reprise de 4%, d'environ 2000 hectares en 1987 par rapport à l'image satellite initiale de l'année 1972 de Sahari (Fig. 82). A cette période les forêts de Sahary occupent une superficie de 16527 hectares. Sur l'image satellite de l'année 2001, la coloration claire en bordure nord de la forêt de Sahari indique la forte dégradation de ce couloir forestier et la réduction de la densité des peuplements. Durant cette dernière période, les peuplements de Djebel Sahari ont subi une régression d'environ 2% soit 1682 hectares.

Sur la base de ces résultats, des projets de reboisements sont à prévoir afin d'assurer une meilleure conservation de ces sites. Les programmes doivent être basés sur les conceptions de la gestion forestières et de l'utilisation du territoire.

Les sujets qui ont résisté aux dépérissements doivent être utilisés dans les recherches pratiques et fondamentales pour l'utilisation de leurs graines dans les reboisements futurs.



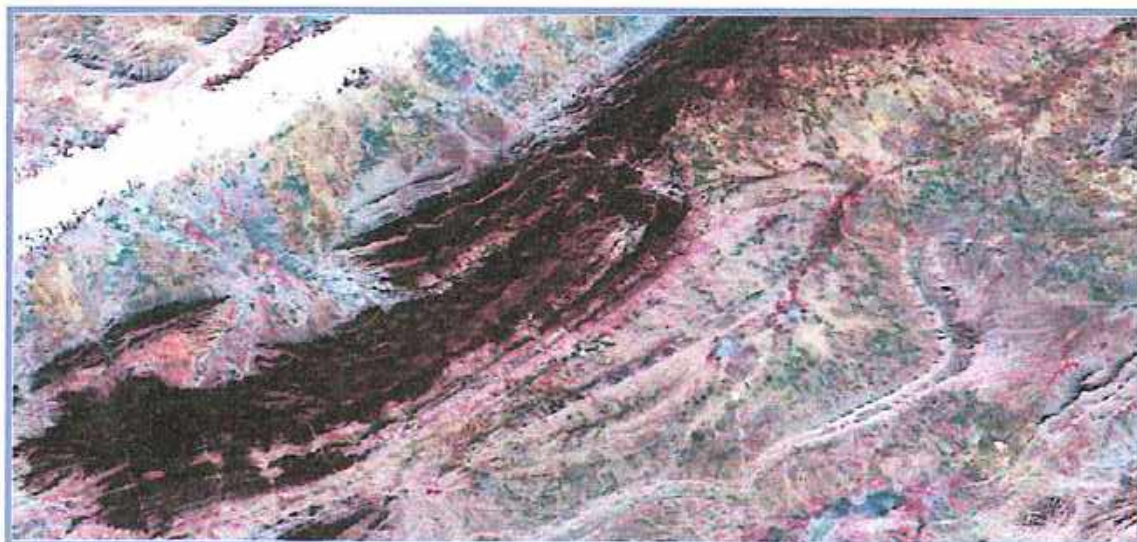


Figure 82: Images satellites comparatives des formations forestières de Sahari des années (1972/1987/2001).



#### 4.1.4) Le reboisement de Moudjbara

Pour pallier à cette régression, des projets de reboisement ont été lancés à partir des années soixante dix. L'image satellite de l'année 1987 présente les premiers stades de développement du reboisement à Moudjbara, il est représenté par la coloration vert clair occupant une surface calculée de l'ordre de 9990 hectares (Tab. 12). Sur l'image de l'année 2001, la masse forestière du reboisement de Moudjbara prend la coloration noire ce qui traduit la présence de quelques sujets plus développés. Cette surface reboisée a diminué à un chiffre de 2498 hectares d'environ 20% de la surface du reboisement de Moudjbara en 1987. La dégradation est orientée des bordures vers le centre, particulièrement la zone localisée au sud de la ville de Djelfa. Cette dégradation s'oriente du nord vers le sud pour laisser une masse réduite répartie en deux tranches distinctes (Fig. 83). Cette dégradation est confirmée par les observations et les prospections sur terrain des peuplements totalement rabougris.

La coloration violette autour des peuplements reboisés désigne également que plus de 3/4 de cette surface boisée à disparu. La coloration claire montre que les sujets ne présentent pas de développement durant la dernière décennie, ce qui donne un autre visage de dépérissement et la régression de ce couvert forestier. Cette dégradation est due aux plusieurs facteurs anthropozoïques et écologiques. L'analyse de l'image satellite de l'année 2001 témoigne d'une forte dégradation du patrimoine forestier. En général ces peuplements présentent l'aspect dépéris et exigent un entretien très approprié et une protection précoce.

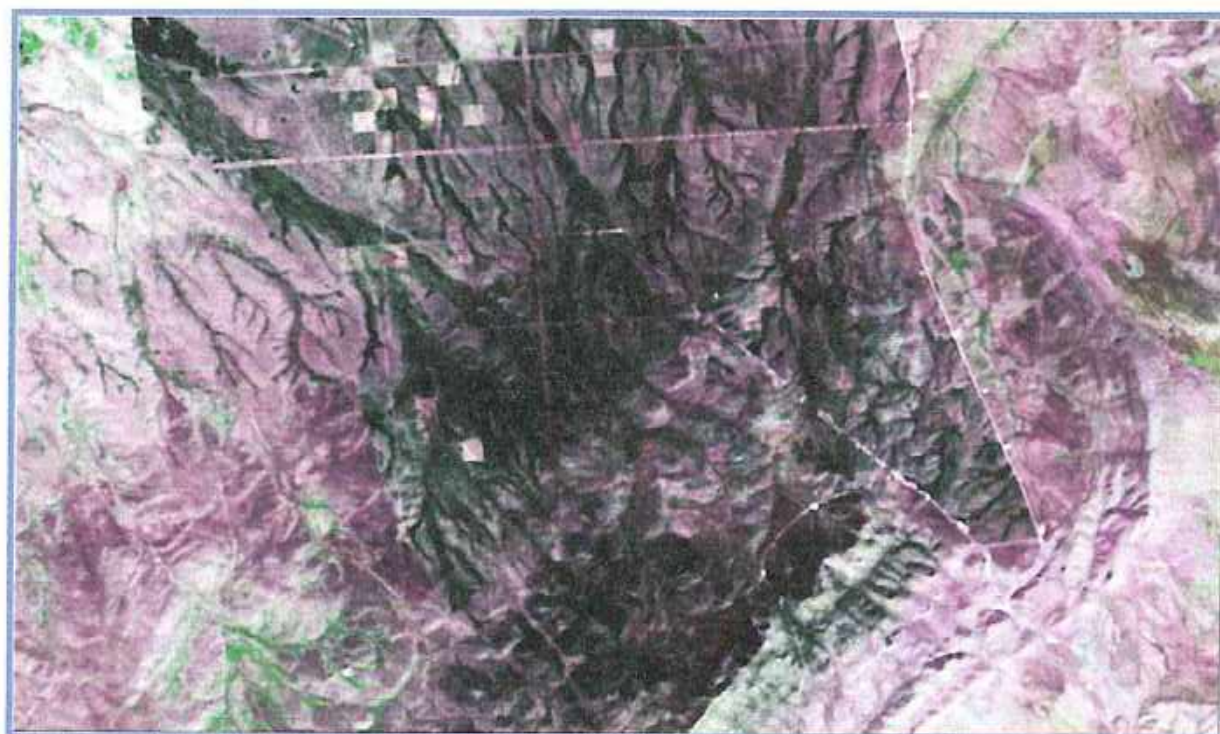


Figure 83: Images comparatives présentant les massifs reboisés de Moudjbara (1987 et 2001).



#### 4.1.5) Le reboisement de Sahari

L'analyse de l'image satellite de l'année 1987 montre que ce reboisement est présenté par une coloration verte, ceci a une réalité thématique d'une végétation jeune nouvellement installée occupant une superficie estimée à 780,3 hectares. En 2001 le reboisement compte environ 808,4 hectares. Ceci se traduit par un pourcentage d'évolution de 2% selon la digitalisation effectuée sur les images considérées de 1987 et 2001 (Fig. 30 et 31). Cette formation forestière se présente sur l'image satellite par une coloration noire condensée caractérisant un développement spatiotemporelle du reboisement de Sahari (Fig. 84).

Malgré le choix de l'essence de pin d'Alep dans les reboisements, cette espèce n'est pas épargnée par les maladies phytopathologiques et les attaques des insectes. Le reboisement est souvent opéré sur la base de peuplement mono spécifique, qui ne tient pas compte de la vulnérabilité à certains déprédateurs, l'installation de la chenille processionnaire en est l'exemple. Les dépérissements des forêts causés par les insectes xylophages avec leurs cortèges de symptômes ont été observés avec des expressions différentes, les peuplements les plus âgés sont les plus touchés.

Le reboisement a été opéré en faisant abstraction des sous bois souvent indicateurs de la végétation climatique initiale qu'il fallait rétablir, et le routage a éliminé les associations végétales les plus adaptées au site reboisé. Le sous bois a été décrits en détail par Djebaili (1984) et la régression a aboutit selon Adem (2004) au sous bois suivant, *Quercus coccifera*, *Pistashia threbenis*, *Lavandula stoechas*, *Janista microplilla*, *Thimus hirtus*, *Rosmarinus tournefortii* et la végétation pérenne *Stipa tenacissima* et *Stipa parviflora* et la végétation annuelle *Poa bulbosa*, *Bromus sp*, *Hordeum sp*, *Lygeum spartum*, *Plantago albicans*, *Atractylis serratuloides*, *Asphodelus sp*.



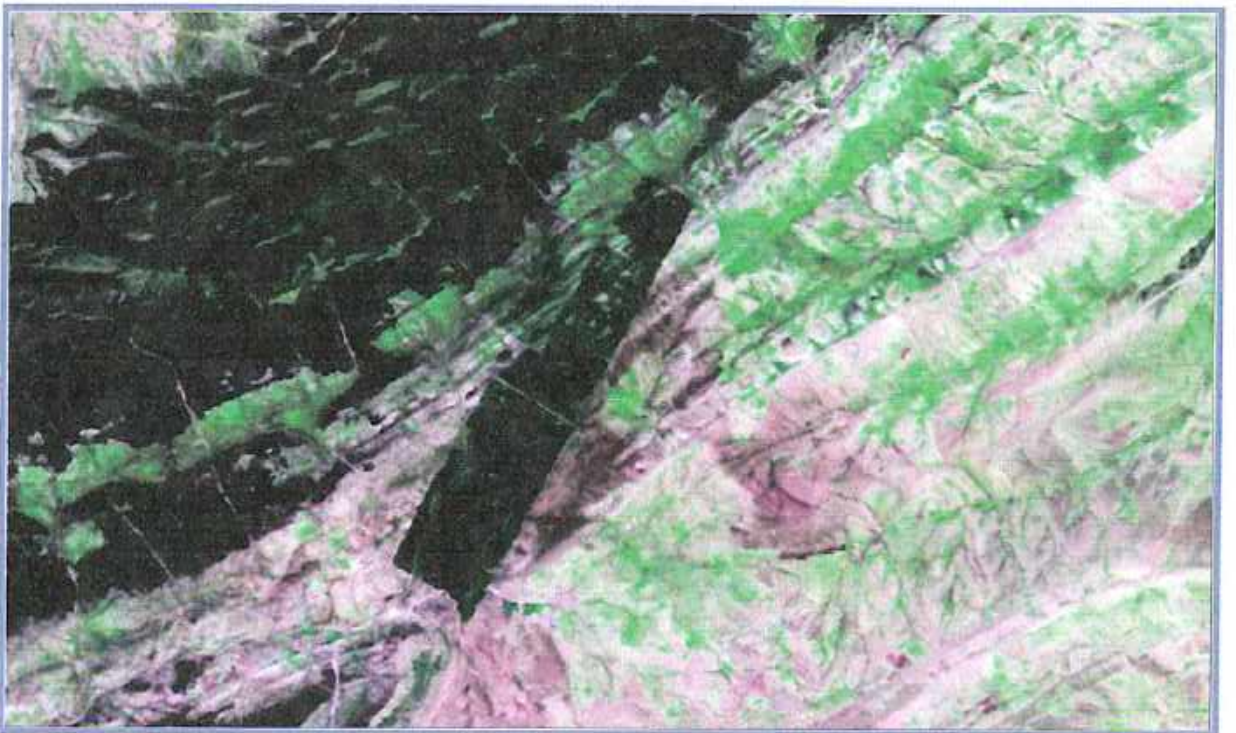


Figure 84: Images comparatives des reboisements de Sahari des années 1987 et 2001

Le reboisement ne tient pas compte de la dynamique du substrat géologique, il est souvent réalisé sur des dépôts fragiles du quaternaires récents et actuel exposé aux phénomènes d'érosion. L'effet de l'érosion éolienne constitue la deuxième forme de la dynamique de dégradation des sites de reboisement où seul subsiste le *Tamarix* (cas du couloir El Mesrane –Bahbah et Mouliha)

Les reboisements réalisés dans la région de Djelfa sont figurés sur les axes de transhumance de certaines tribus, tel que les Ouled Oum Hani, les Mekhalifs et autres tribus tant attachées à leur itinéraire de migration au mépris de toute législation forestière (Berchiche et *al*, 1993).

Enfin, une carence manifeste en matière de suivi des reboisements souvent après routage détruisant les ligneux indigènes, l'absence d'entretien des jeunes plants rend le sol dégradable.

La période 1972-1973, fut celle de la promulgation du Code Pastoral dans le cadre de la révolution agraire. Le principal objectif est la sauvegarde des terres des parcours par la limitation du cheptel, des mises en défens, l'interdiction des labours sur les zones pastorales et l'arrachage et le colportage des ligneux.

Tout de même, il faut noter qu'un progrès en matière de reboisement a été enregistré entre 1970 et 1987, si l'équilibre écologique a augmenté cette réussite est conjoncturelle car elle a été suivie par des initiatives palliant aux contraintes de l'action négative du pastoralisme.

Le surpâturage représente l'une des causes les plus importantes de la dégradation des forêts. Il influe sur la régénération naturelle et provoque le déséquilibre du milieu forestier fragile, ce qui traduit à des conséquences de déforestation et de dégradation de ces forêts. Cette action peut avoir une influence sur la dégradation des sols soumis à l'érosion.



Cet aspect est difficile à résoudre techniquement, sans aucun doute qu'au niveau des zones arides de vastes étendues ont disparu et plusieurs sont en voie de régression. Le bétail consomme les parties basses de l'arbre et les jeunes plants. Les forêts sont souvent des zones de parcours pour le bétail, ce qui augmente le risque de dégradation. A titre d'exemple ; Les ovins recevaient une ration entre 250 et 600 g/jour, et le prix de l'orge est élevé (Aidoud 1994), ceci a fait augmenter la pression des rations ovines à l'intérieur des forêts (Fig. 85). D'autre part cette initiative a également réduit la pratique de l'écobuage et par conséquent les incendies des forêts, ce qui a diminué la pression du pacage en forêt.





← Forêt naturelle de Senalba Chergui →



Reboisement de Moudjbara

Figure 85: Troupeaux des ovins en forêt, 2004 (Original).

Les opérations de reboisement effectués depuis vingt cinq ans ne constituent qu'une solution de transition, ces reboisements temporaires restent des plantations fragiles soumises aux aléas climatiques des étages bioclimatiques aride à hiver frais, c'est le cas de l'aridité observée entre les isohyètes de 250 mm au nord El Guedid et 300 mm au sud-est d'El Idrissia. En vérité, il y'a des années où le niveau de pluviométrie ne dépasse pas 150 mm. De plus, l'étude bioclimatique réalisée témoigne d'un déficit hydrique dépasse 100 mm en période de croissance végétale. Aussi il est nécessaire de procéder à une révision des études antérieures. Cette aridification a eu une incidence sur le changement du couvert forestier et l'apparition d'espèces sahariennes tel que *Aristida pungens* (Drinn) et des *euphorbiacées* (Loubain).

### 5) Analyse cartographique des foyers dépéris

L'observation analytique de l'image satellite de l'année 2001, portant les points des foyers les plus dépéris sur le site de la forêt de Senalba Chergui, montre que ces points sont des sujets occupant les bordures de la forêts, et se concentrent particulièrement sur la partie nord de cette formation forestière, ce qui confirme que cette partie de la forêt est la plus menacée par le dépérissement (Fig. 38).

La partie sud-ouest de la forêt de Senalba Chergui, porte un nombre important des sujets dépéris qui sont le résultats des relevés effectués au cour de l'année 2004 et introduit sur l'image de l'année 2001. Portant des zones caractérisées par une coloration noire foncée, ce sont des peuplements denses et développés. En résumé, l'état sanitaire de chaque sujet ne se manifeste pas réellement sur l'image satellite qui détermine les masses forestières dépéries. Les résultats ultérieurs sur les prospections sur terrain nous informent que le dépérissement est réellement plus important que l'analyse de l'image satellite le présente.



## DEUXIEME CHAPITRE : Interprétations sur les populations des scolytes

### 1) Cas de l'espèce de *Tomicus destruens*

Sur 40 échantillons étudiés, l'analyse des résultats obtenus nous a permis de mettre en évidence les particularités suivantes:

- ➡ L'analyse de la fiabilité des paramètres à l'aide de la loi de la distribution normale a pour objectifs l'exactitude de nos résultats.
- ➡ L'étude de l'effet de l'exposition de l'arbre (nord et sud), âge des sujets choisis et l'épaisseur de l'écorce des sujets dépéris sur la densité d'attaque de l'espèce de *Tomicus destruens* est hautement significatif.
- ➡ Pour l'effet de la hauteur de l'arbre (1 et à 4 mètres) et le diamètre de l'hôte sur les deux paramètres liés à l'insecte (densité d'attaque et la longueur des galeries) est important met en évidence une probabilité hautement significative.
- ➡ La population de *Tomicus destruens* à une faible densité d'attaque à 1 mètre de hauteur présentant des longueurs des galeries importantes, par contre à 4 mètres la densité devient forte caractérisant des galeries d'une longueur limitée.
- ➡ La plus importante densité d'attaque de la population de *Tomicus destruens* est signalée à l'exposition sud dépassant 270 galeries /m<sup>2</sup> au niveau de 4 mètres. A cette attaque les galeries confectionnées par les femelles de cette espèce atteignent une longueur moyenne de 20 cm.
- ➡ La densité d'attaque est liée à la morphologie de l'arbre et à l'âge des peuplements.



## 2) Cas de l'espèce de *Pytyogenes bidentatus*

L'étude effectuée sur la population de *Pityogenes bidentatus* récoltée de la forêt de pin de Senalba Chergui, montre que ces espèces s'installent surtout sur les branches des arbres et sur les sujets caractérisant des diamètres des troncs limités, varient de 20 à 25 cm avec des écorces fines de 1 à 2 mm. Les femelles de *Pityogenes* creusent des galeries de reproduction qui ont des longueurs proportionnelles à leurs nombres d'encoches qu'elles produisent. Cependant les femelles de ces espèces forent des galeries maternelles en forme étoilée d'un nombre important caractérisant des longueurs des galeries faibles.

## 3) Stratégie de la colonisation des espèces étudiées

Les espèces étudiées représentent une stratégie d'attaque sur l'arbre choisi. Les espèces de *Tomicus destruens* préfèrent et cherchent les sujets d'un diamètre important avec des écorces épaisses. Elles se trouvent en forte densité sur les arbres d'une épaisseur d'écorce varie de 10 à 30 mm. Elles sont très marquées sur les sujets exposant sud, elles s'activent en faible densité sur la partie basse de l'arbre. Les sujets examinés aux deux versant montrent que le choix des femelles s'effectue en relation avec le diamètre de l'arbre et parallèlement à l'épaisseur de l'écorce, qui contribue également et explique la variabilité des attaques à l'échelle de l'arbre. L'âge de l'arbre et vraisemblablement la qualité nutritionnelle rentre dans le choix de l'insecte. Les sujets de 40 ans et plus particulièrement les peuplements stressés et d'un âge avancé sont les plus recherchés. L'espèce de *Tomicus destruens* a une stratégie de reproduction liée à différents facteurs environnementaux et la morphologie de l'arbre hôte.

La population de *Pityogenes bidentatus* s'installe spécifiquement sur les rameaux des arbres de faible diamètre avec une écorce fine, ceci permet d'affirmer que le diamètre de l'arbre et vraisemblablement ses constituants expliqueraient en très grande partie le choix des femelles pour l'émission de leurs œufs. L'espèce s'installe après que *Tomicus destruens* affaiblit les arbres par les premières attaques. *Pityogenes bidentatus* agit secondairement.

## *Conclusion générale*

Les massifs forestiers sont en régression et vivent dans des conditions difficiles. Le feu, les insectes xylophages et les maladies sont des éléments déterminants la durabilité de ces sites. Ils peuvent jouer un rôle important dans les écosystèmes forestiers ou les détruire. L'effet de destruction peut aller de la lente réduction du taux d'accroissement de la forêt à la disparition de vastes formations. Ceci peut être détecté par la science de la télédétection, qui s'avère un outil indispensable dans la détermination de l'évolution spatiotemporelle des écosystèmes forestiers.

La recherche dans les peuplements de pin d'Alep de la région de Djelfa est basée sur l'analyse diachronique et la cartographie des images satellites, couvrant des paysages bioclimatiques. Elle conduit à identifier leur dynamique spatio-temporelle et l'évolution du risque de dégradation du couvert forestier. Sur une période de trente années (1972, 1987 et 2001), la comparaison des données prélevées du terrain, et les résultats tirés du traitements et de l'analyse des images satellites occupant la région de Djelfa, nous a fourni des chiffres et des pourcentages de régression des surfaces forestières. La digitalisation des surfaces occupées par les peuplements forestiers de la région de Djelfa a montré que plus de 6% de la surface forestière totale a disparu de façon irréversible, soit environ 11376,45 hectares sur moins d'une quinzaine d'années. Les sites qui ont connu de fortes dégradations sont ceux qui se trouvent dans la partie nord de la forêt de Senalba Chergui. Les surfaces réellement dépéries sont plus considérables que le résultat le démontre car les sujets dépéris à l'intérieur de la forêt ne peuvent pas être éliminés de la surface digitalisée.



Le dépérissement de ces massifs forestiers a diverses causes; l'action des insectes a son importance. L'étude effectuée à partir des prélèvements réalisés sur des arbres dépérissants, montre que les arbres jaunissants ont une croissance plus faible que les arbres sains, notant que tous les sujets de pin sont colonisés par les scolytes mais avec des degrés très variables. Les caractéristiques d'attaques des espèces analysées ont des stratégies d'attaques selon l'exposition de l'arbre. Les deux principales espèces de xylophages répertoriées qui sont représentées par les fortes densités d'attaques sont *Tomicus destruens* et *Pityogenes bidentatus*, le premier est confondu depuis longtemps avec l'espèce voisine *Tomicus pineperda*, les autres espèces sont d'importance plus secondaire mais le risque de l'effet de groupe est toujours présent. D'autre part ces espèces peuvent être spécifiques du collet et des racines parfois peuvent causer des dégâts importants sur pin.

Les dommages résultent toujours de l'action des femelles des scolytes qui confectionnent des galeries de reproduction entre l'écorce et l'aubier.

La sécheresse qui a sévi et les variations des températures, l'ampleur des dégâts ont été ressenties et une extension des espèces répertoriées commence à se généraliser.

La quantification et la mensuration des galeries de reproduction de l'espèce de *Tomicus destruens* ont permis de mettre une étroite relation entre la densité d'attaque et la longueur des galeries. Plus l'effectif est important, plus la longueur de la galerie diminue, une compétition intra spécifique dans la dynamique des populations s'établit. Dans le cas d'une faible densité, les galeries sont plus longues et les femelles forent leurs galeries sans compétition spatiale. La capacité de reproduction est contrôlée par la densité d'attaque qui est conditionnée par la surface disponible.

En fonction de la hauteur de l'arbre, l'étude de la distribution des attaques de reproduction a montré une variabilité des attaques entre les arbres. Les femelles ont tendance à rechercher préférentiellement l'exposition sud de l'arbre pour confectionner leurs galeries maternelles.



## Conclusion

La niveau de 1 mètre est le plus recherché par les femelles pondueuses de *Tomicus destruens* que la hauteur de 4 mètres. L'épaisseur de l'écorce, le diamètre des troncs et leurs constituants, expliqueraient en grande partie le choix des sites de reproduction. De même l'âge et l'exposition de l'arbre jouent un rôle dans le choix de l'insecte. Les populations se multiplient activement dans les faces sud de l'arbre. Les densités d'attaques augmentent progressivement du bas vers le haut de l'arbre et inversement se présentent les longueurs des galeries.

Ces éléments de base sont à prendre en considération dans le cadre général d'aménagement sylvicole.

L'espèce de *Pityogenes bidentatus* qui est moins redoutable que *Tomicus destruens* présente la spécificité dans son choix, présentant des morphologies caractérisées par une épaisseur d'écorce et un diamètre d'arbre convenable à leur pullulation.

La présence des scolytes et leur multiplication dans les peuplements de pin en zones semi arides menace périodiquement les pinèdes en général.

Il est important de souligner que les prospections sur terrains ont montré que les sujets les plus dégradés sont les arbres en bordure des forêts et même les jeunes sujets isolés, ils sont aussi vulnérables aux attaques de ces insectes et des champignons.

Le phénomène de dépérissement n'est jamais dû à un facteur unique, mais à la conjonction d'un ensemble de phénomènes défavorables pour la croissance de l'arbre, tels que la sécheresse, les tempêtes, les problèmes des insectes et les maladies qui intervenant surtout quand les arbres sont très affaiblis. Tout cela peut conduire à un affaiblissement général de l'arbre, et éventuellement à sa mort. La perte de la forêt naturelle de Senalba Chergui se traduit par la disparition de l'un des meilleurs peuplements forestiers.

Les programmes de lutte contre les ravageurs ont pour but de réduire l'étendue des pertes, en se conformant aux objectifs d'aménagement des ressources. Ils intègrent la stratégie de prévention et de la gestion spatio-temporelle des pinèdes. La détection par les satellites à haute résolution spatiale peut apporter plus d'informations sur la répartition spatio-temporelle des dépérissements afin d'envisager une meilleure gestion forestière. Elle permet de fournir les informations propres à la mise en oeuvre de tactiques plus efficace.

Pour assurer une meilleure protection forestière, il est impératif d'organiser des programmes de formation des forestiers sur les xylophages, en particulier sur les périodes d'interventions pour une meilleure gestion sylvicole.



# References Bibliographiques



## References Bibliographiques

### References Bibliographiques

- ✓ Abgrall, J.F., Schvestre, D. (1987). Observation sur le piègeage de *Ips typographus* L. après chablis. R.F.F., XXXIX-4, 353-376.
- ✓ Adem, L. (2001). Résultats d'une expérience d'adaptation de systèmes de productions agricoles dans la wilaya de Tiaret et intérêt du SIG en amont des opérations de reconversion, séminaire national sur la problématique de l'agriculture en zones arides et de la reconversion 22-24 janvier 2001 , Sidi-Bel Abbès, pp. 59-75.
- ✓ Adem, L. (2004). The use of GIS in characterizing land potentialities in the steppe zone of Tiaret province in Algeria -communication retenue dans le cadre du Congrès International des Parcours ,Durban Afrique du Sud ,Juillet 2003
- ✓ Aidoud, A. (1994). Les changements écologiques dans les espaces steppiques, causes et implications pastorales. Parcours Demain N° Special CIHEAM, 9-26 pp.
- ✓ Aitchafa, D., Beghdadi, N., Karaoui, F. (1991). *Bilan écodendrométrique du reboisement de Moudjbara, wilaya de Djelfa*. Mém. Ing d'état, Université des sciences et technologie Haouari Boumedienne. Algérie.79p.
- ✓ Ait-Alhayenne, K. (1992). *La représentation du désert et de la désertification en Afrique du Nord; contribution à une étude exploratoire au Maroc*. Thèse de Master, Montpellier, pp7-17.
- ✓ Balachowsky, A.S. (1949). Faune de France, Coléoptères Scolytidae, Vol.50., Ed Lechevalier, Paris. 320p
- ✓ Balachowsky, A.S. (1963). Entomologie appliquée à l'agriculture Tome 1, coléoptères, second volume, Ed. Masson Paris 1236-1255p.
- ✓ Berchiche, T. (1986). *Contribution socioéconomique de la forêt Algérienne*. Thèse Mag. Inst.Nat.Agr. El herrach. 255p.
- ✓ Berchiche, T., Chassany, J.P., et Yakhlef, H. (1993). Evolution des systèmes de productions ovine en zone steppique algérienne. Parcours demain n° spécial CIHEAM.157-167pp.

- ✓ Bernard, C., Freycon, V., Gazull L., Seent, E., Trébuchon, J.F. (1997). Le géoréférencement ou comment maîtriser l'intégration de données multisources dans un SIG. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, 50p.
- ✓ Bonn, et Rochon. (1992): Précis de télédétection. vol 1, principes et méthodes presses de l'université du Quebec.
- ✓ Bonneau, M. (1991). Remèdes au dépérissement, les recherches en France sur le dépérissement des forêts. Programme de F.O.R.D.A, dépérissement des forêts et pollution atmosphérique 2<sup>ème</sup> rapport. Ed NANCY.111-131pp.
- ✓ Boudy, P. (1952). Guide des forestiers en Afrique du nord. Ed. La maison rustique. Paris. 489p.
- ✓ Boudy, P. (1955). Economie Forestière Nord Africaine, étude de milieu de Senalba.
- ✓ Bouhlal, S. (1981). *Contribution à l'étude du cycle biologique de Rhyacionia buoliana Schiff. Dans la région de Djelfa*. Mém. Fin d'étude. Inst. Tech. agri. Mostaganem, 65p.
- ✓ Bague Bouragba, N. (1994).L'hylésine de pin, journées d'étude sur dépérissement. Djelfa1-9 pp.
- ✓ Caloz, A. (1990). Notes de cours. Institut d'aménagement des terres et des eaux, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 125p.
- ✓ Carle, P. (1973). *Le dépérissement du pin Méditerranéen en provenance. Rôle des insectes dans les modifications d'équilibres biologiques des forêts envahies par Matsucoccus feyteudi Duc. (Coccoidea, Margarodidea)*. Thèse de Dr. Es Science Naturelles, Uni. Bordeaux I, 194p.
- ✓ Cassanet, J., Menr, T., Kuster, Y., Menrt. (2002). Les interactions entre le rayonnement et la matière académie de RENNES, France
- ✓ Chakali, G. (1985). *Etude de la bio-écologie de la tordeuse du Pin, Rhyacionia buoliana Schiff. (Lepidoptera, Tortricidae) dans la région de Djelfa (Moudjbara)*. Thèse Mag., Inst. Nat. Agr., El Harrach. (Alger) P3.
- ✓ Chakali, G. (1992). *Les insectes ravageurs du pin d'Alep, Pinus halepensis Mill., en Algérie*. Thèse. Soc.r. belge Ent. 35, 505-509.



- ✓ Chakali, G. (2003). Influence climatique sur les populations de scolytes dans les peuplements de pin d'Alep en zone semi-aride (Djelfa). Sem. Impact des changements climatiques sur l'écologie des espèces animales, la santé et la population humaine Maghrébine. *GREPUR, Rabat*, 10 pp.
- ✓ Chakali, G. (2005). L'Hylésine des Pins, *Tomicus destruens* Wolaston 1865 (*Coleoptera-Scolytidae*) en zone semi-aride. *Silva Lusitana*, Vol 13 n°1 : 113-124. EFN. Lisboa. Portugal.
- ✓ Chararas, C. (1956). Anatomie et biologie des coléoptères curculioni des xylophages comparées a celles des coléoptères scolytidae. *Rev. Path. Vég. Ent. Agric.*, 35 : 113-213.
- ✓ Chararas, C. (1959). Précisions sur l'efficacité des arbres-pièges en fonction des particularités biologiques des Scolytides R.F.F. n° 8 et 9 : 577-584.
- ✓ Chararas, C. (1962). Etude biologique des Scolytides des conifères. *Encyclopédie entomologique*, XXXVIII, Ed. Paul Lechevalier, Paris : 556 p.
- ✓ Chararas, C. (1979). *Ecophysiologie des insectes parasites des forêts* Ed. C. Chararas., Paris, 293p.
- ✓ Chararas, C. (1980). Etude écophysiologique des *Scolytidae* parasites des conifères. 1 Les *Scolytidae* spécifiques des *Cedrus atlantica*. *Ann. Rech. Forest. au Maroc* n° 20 : 207-267.
- ✓ Dajoz, R. (1980). *Ecologie des insectes forestiers*. Gauthier-Villars Paris, 331-333pp.
- ✓ Djebaili, (1984). *Steppe algérienne, phytosociologie et écologie* –OPU, 175p.
- ✓ Duperet, A. (2003). *Les images satellites*. Ecole Nationale des Sciences Géographiques. France.
- ✓ El hassani, A., Graf, P., hamdaoui, M., Hanachi, K., et Messaoudi, J. (1994). *Ravageurs et maladies des forêts au Maroc, Guide pratique*, Prot. Phyto.Forêts, Rabat. 203p.
- ✓ Ferria, M., et Zidani. (2002). *Analyse de l'ampleur et fréquence des feux de forêts selon ses aspects naturels et anthropiques. Par l'analyse des correspondances multiples*. Mémoire tech. Sup. Stat., Inst. Nat. Plan. Stat., 61p.



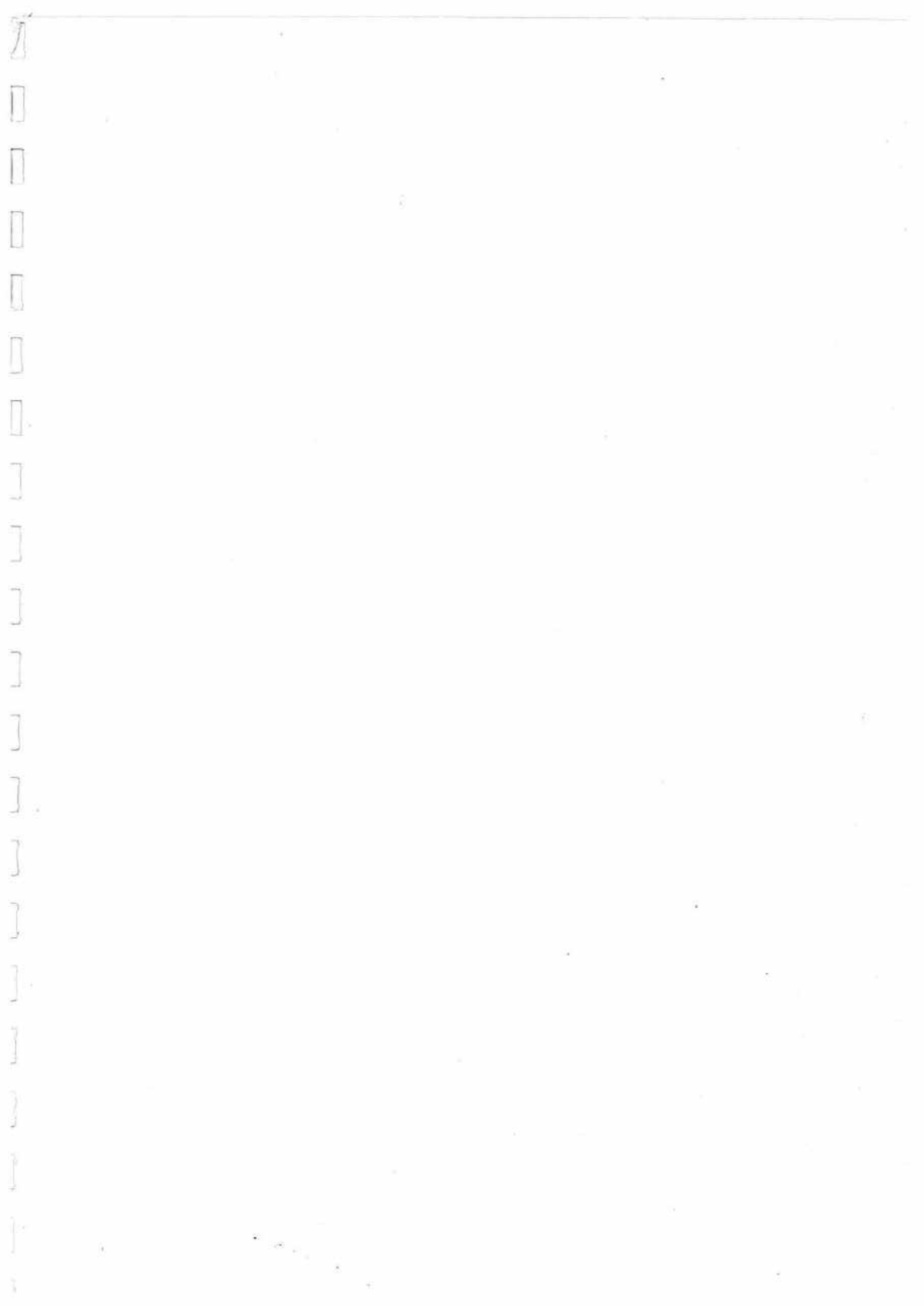
- Manier, R. (1987). *La télédétection spatiale et aéroportée et systèmes d'information géocodés sur l'environnement, principes généraux et étude de quelques domaines d'application*. Thèse de doc. Ing, Paris VI, pp3-19.
- Maurel, P. (2002). *Initiation à la télédétection -UMR Cemagref /ENGREF - pp5-39.*
- Mderbel, K. (1988). *La télédétection aérospatiale et la phytoécologie. Application de deux régions naturelles d'Algérie (Mostaganem-Djelfa)*. Thèse de doctorat de spécialité. Univ, Aix Marseille III.174p.
- Meli, C., Resch, F. (1990). *Embruns marins pollués (synthèse bibliographique)*. Laboratoire d'Océanographie physique de Toulon. Université de Toulon.
- Merzoug, A.M. (1991). *Contribution à l'étude de la biologie et de l'écologie du grand l'hylésine de pins *Tomicus pineperda* L, dans la forêt de Bainem (Alger)*. Mém. Ing. Agro.,Inst. Nat agro, El Harrach, 50p.
- Missaoui, N. (1990). *Contribution à l'étude de la cartographie par la télédétection spatiale d'un projet de mise en valeur steppique, cas de la bande forestière Ain Ouessara, Djelfa et les reboisements de moudjbara*. El Harrach.
- Missaoui, N. (1991). *Contribution à l'étude cartographique par la télédétection spatiale d'un projet de mise en valeur steppique cas de la bande forestière Ain Ouessara Djelfa et reboisement Moudjbara*. Mém. Ing d'état. Institut National Agronomique. El Harrach, 106p.
- Mouna, M. (1982). *Recherche écologiques sur les peuplements frondicole des insectes de Cèdre (*Cedrus Atlantica*. M) dans le moyen Atlas Marocain*. Thèse Doct. Institut Scientifique (Rabat). Faculté des sciences technique de Saint Jérôme Marseille. France 1p.
- Nguyen, A., Lamant, A. (1989a). *Effect of water stress on potassium distribution in young seedlings of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.)*. *Ann. Sci. For.* 46 (suppl), 379-383.
- Pesson, P., et Chararas, C. (1969). *Les scolytides, insectes ravageurs mondiaux des forêts des conifères*. L'année biol-8,683-733.
- Pesson, P. (1974). *Ecologie Forestière, la forêt, son climat, son sol, ses arbres, sa faune*. Ed Ghauthier villard.193-218pp.

- ✓ Pfeffer, A. (1995). Zentral- und westpaläarktische Borken- und Kernkäfer (Coleoptera: Scolytidae, Platypodidae). Pro Entomologica, c/o Naturhistorisches Museum Basel, 310 p.
- ✓ Piou, D., Lieutier, F. (1989). Observation symptomathologiques et rôle possibles d'*Ophitoma minus* hedg. (Ascomycète: Ophiostomatales) et de *Tomicus pineperda* I (coléoptera scolytidae) dans le dépérissement du pin sylvestre en forêt d'Orléans. *Ann.Sci For.*46. 39-53 p.
- ✓ Puech, S., Estival., Menrt. (1998). Régénération forestière après incendie. CNES/MENRT., ENGREF, Montpellier.
- ✓ Reeves, R., Anson, A., et Landen, D. (1975). *Manuel of remente senting*. American siciety of photogrammetry falls church.887p.
- ✓ Rodary, P. (1959). Extension de l'aire de répartition de certains Scolytides R.F.F. n° 12 : 848-853.
- ✓ Rogalo, J-P., Coq, F., King, Ch. (1987). Application de la télédétection dans à l'étude de la biosphère, 2<sup>ème</sup> édition, IBM, France.
- ✓ Salhi, H. 2000. *Analyse taxonomique des divers groupes d'insectes xylophages dans quelques forêts algériennes*. Thèse Ing. Agr., Inst. Nat Agr., El-Harrach (Alger) 120,131 p.
- ✓ Sauvard, D. (1988). *Capacité de multiplication de Tomicus pineperda L.(Coleoptera scolytidae) selon la densité d'attaque et diverse caractéristique de l'arbre*. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle. Univ. Orleans, 148p.
- ✓ Scanvic, J-Y. (1983). Utilisation de la télédétection dans la science de la terre. Ed. Manuels et méthodes, pp1-19.
- ✓ Slocombe, D-S. (1993). Implementing ecosystem based management. *Bio Science* 43:612-622.

Annexe 6 : Présentation des résultats de mesures effectués sur les longueurs des galeries de reproduction et le nombre d'encoches de pontes de *Pityogenes bidentatus*.

| Longueur de galerie de reproductions (cm) | Nombre d'encoche/Galerie |
|---|--------------------------|
| 14  | 8                        |
| 16  | 16                       |
| 20  | 12                       |
| 19  | 12                       |
| 20  | 13                       |
| 27  | 21                       |
| 15  | 9                        |
| 10  | 9                        |
| 18  | 10                       |
| 10  | 8                        |
| 14  | 10                       |
| 20  | 14                       |
| 28  | 16                       |
| 19  | 11                       |
| 20  | 16                       |
| 18  | 8                        |
| 12  | 7                        |
| 19  | 13                       |
| 13  | 12                       |
| 12  | 10                       |
| 17  | 8                        |
| 14  | 9                        |
| 13  | 9                        |
| 32  | 16                       |
| 14  | 12                       |
| 15  | 12                       |
| 13  | 7                        |
| 16  | 13                       |
| 25  | 20                       |
| 19  | 12                       |
| 16  | 15                       |
| 16  | 11                       |
| 20  | 12                       |
| 20  | 13                       |
| 14  | 16                       |
| 12  | 15                       |
| 20  | 15                       |
| 18  | 8                        |
| 19  | 9                        |
| 19  | 13                       |
| 13  | 12                       |
| 13  | 7                        |
| 20  | 14                       |
| 17  | 7                        |
| 18  | 7                        |





- ✓ Pfeffer, A. (1995). Zentral- und westpaläarktische Borken- und Kernkäfer (Coleoptera: Scolytidae, Platypodidae). Pro Entomologica, c/o Naturhistorisches Museum Basel, 310 p.
- ✓ Piou, D., Lieutier, F. (1989). Observation symptomathologiques et rôle possibles d'*Ophitoma minus* hedg. (Ascomycète: Ophiostomatales) et de *Tomicus pineperda* I (coléoptera scolytidae) dans le dépérissement du pin sylvestre en forêt d'Orléans. *Ann.Sci For.*46. 39-53 p.
- ✓ Puech, S., Estival., Menrt. (1998). Régénération forestière après incendie. CNES/MENRT., ENGREF, Montpellier.
- ✓ Reeves, R., Anson, A., et Landen, D. (1975). *Manuel of remote sensing*. American society of photogrammetry falls church.887p.
- ✓ Rodary, P. (1959). Extension de l'aire de répartition de certains Scolytides R.F.F. n° 12 : 848-853.
- ✓ Rogalo, J-P., Coq, F., King, Ch. (1987). Application de la télédétection dans à l'étude de la biosphère, 2<sup>ème</sup> édition, IBM, France.
- ✓ Salhi, H. 2000. *Analyse taxonomique des divers groupes d'insectes xylophages dans quelques forêts algériennes*. Thèse Ing. Agr., Inst. Nat Agr., El-Harrach (Alger) 120,131 p.
- ✓ Sauvard, D. (1988). *Capacité de multiplication de Tomicus pineperda L.(Coleoptera scolytidae) selon la densité d'attaque et diverse caractéristique de l'arbre*. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle. Univ. Orleans, 148p.
- ✓ Scanvic, J-Y. (1983). Utilisation de la télédétection dans la science de la terre. Ed. Manuels et méthodes, pp1-19.
- ✓ Slocombe, D-S. (1993). Implementing ecosystem based management. *Bio Science* 43:612-622.

# Annexes



Annexe I : Précipitations moyennes mensuelles (mm) dans la région de Djelfa (1975-2003)

| Années | JAN  | FEV  | MAR  | AVR  | MAI  | JUIN | JUIL | AOU  | SEP  | OCT  | NOV  | DEC  |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1975   | 17   | 40   | 46   | 28   | 51   | 5    | trac | 17   | 62   | 3    | 54   | 14   |
| 1976   | 8    | 61   | 19   | 20   | 52   | 74   | 47   | 29   | 72   | 44   | 61   | 23   |
| 1977   | 41   | 9    | 2    | 13   | 68   | 17   | 25   | 12   | 4    | 4    | 48   | 29   |
| 1978   | 33   | 7    | 9    | 16   | 24   | 7    | 2    | 1    | trac | 44   | 25   | 7    |
| 1979   | 50   | 67   | 29   | 28   | 14   | 35   | 2    | 48   | 21   | 27   | 20   | 27   |
| 1980   | 29   | 33   | 69   | 35   | 19   | 5    | NT   | 3    | 35   | 7    | 57   | 97   |
| 1981   | 6    | 45   | 36   | 67   | 5    | 6    | 11   | 33   | 73   | 12   | 1    | 34   |
| 1982   | 45   | 42   | 20   | 73   | 48   | 17   | 5    | 7    | 11   | 60   | 75   | 32   |
| 1983   | NT   | 16   | 15   | 20   | 26   | 16   | 9    | 46   | 1    | 2    | 18   | 11   |
| 1984   | 30   | 5    | 38   | 1    | 9    | 19   | 1    | 4    | 4    | 66   | 30   | 37   |
| 1985   | 48   | 12   | 65   | 1    | 59   | 13   | 10   | 1    | 40   | 32   | 31   | 52   |
| 1986   | 23   | 47   | 75   | 13   | 36   | 13   | 6    | 12   | 19   | 35   | 81   | 35   |
| 1987   | 59   | 34   | 14   | 23   | 12   | 22   | 41   | 3    | 4    | 9    | 55   | 23   |
| 1988   | 18   | 38   | 14   | 32   | 62   | 55   | 1    | 22   | 26   | 9    | 20   | 37   |
| 1989   | 14   | 8    | 9    | 36   | 50   | 53   | 7    | 72   | 11   | 18   | 41   | 18   |
| 1990   | 117  | 0.3  | 30.0 | 65.4 | 84.4 | 61.0 | 12.6 | 10.3 | 14.2 | 4.0  | 13.6 | 34.6 |
| 1991   | 23.5 | 51.7 | 74.2 | 38.8 | 34.5 | 15.7 | 9.4  | 13.1 | 32.5 | 117  | 19.5 | 21.6 |
| 1992   | 59.5 | 10.6 | 56.7 | 48.6 | 122  | 5.6  | 10.6 | 1.1  | 18.7 | 1.4  | 23.8 | 21.4 |
| 1993   | 8.0  | 71.1 | 40.2 | 13.5 | 39.0 | 12.0 | 16.0 | 27.6 | 25.0 | 5.0  | 19.0 | 15.0 |
| 1994   | 50.0 | 52.0 | 20.0 | 7.0  | 10.0 | 1.0  | 4.0  | 17.0 | 96.0 | 78.0 | 28.0 | 8.0  |
| 1995   | 46.0 | 13.0 | 50.0 | 11.0 | 6.0  | 46.0 | NT   | 13.0 | 13.2 | 49.0 | 3.9  | 30.0 |
| 1996   | 91.8 | 74.0 | 58.0 | 57.0 | 51.0 | 27.0 | 5.0  | 28.0 | 16.0 | 3.0  | 1.0  | 27.0 |
| 1997   | 39.0 | 5.0  | 1.0  | 87.0 | 43.0 | 9.0  | 2.0  | 45.0 | 77.0 | 11.0 | 55.0 | 17.0 |
| 1998   | 7.0  | 26.0 | 5.0  | 35.0 | 38.0 | 2.0  | NT   | 19.0 | 28.0 | 5.0  | 3.0  | 9.0  |
| 1999   | 61.0 | 24.0 | 25.1 | 0.9  | 3.0  | 13.0 | 3.0  | 16.6 | 25.0 | 29.0 | 26.0 | 69.0 |
| 2000   | NT   | NT   | 1.0  | 10.0 | 27.0 | 3.2  | 0.4  | 1.5  | 63.0 | 8.0  | 15.0 | 23.1 |
| 2001   | 60.0 | 12.0 | 2.0  | 3.7  | 3.0  | N.T  | 0.4  | 22.8 | 78.0 | 28.0 | 12.0 | 17.0 |
| 2002   | 11.0 | 5.3  | 2.0  | 38.2 | 4.9  | 5.9  | 13.0 | 35.6 | 7.6  | 15.3 | 37.9 | 36.1 |
| 2003   | 53.3 | 45.3 | 13.0 | 17.8 | 14.8 | 2.8  | 5.0  | 0.3  | 6.3  | 41.4 | 41.3 | 54.0 |

Annexe 2 : Températures moyennes (°C) mensuelles dans la région de Djelfa (1975-2003).

| Années | JAN | FEV | MAR  | AVR  | MAI  | JUIN | JUIL | AUT  | SEP  | OCT  | NOV  | DEC  |
|--------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1975   | 3.8 | 4.9 | 6.6  | 11.1 | 14.7 | 20.4 | 26.7 | 24.0 | 20.8 | 19.6 | 7.1  | 4.8  |
| 1976   | 3.3 | 4.8 | 6.0  | 10.9 | 15.4 | 20.8 | 24.3 | 24.4 | 15.1 | 12.1 | 6.5  | 7.0  |
| 1977   | 4.7 | 7.9 | 10.5 | 10.4 | 15.4 | 20.4 | 26.3 | 23.5 | 19.9 | 15.1 | 9.3  | 7.7  |
| 1978   | 3.9 | 9.0 | 8.5  | 11.6 | 15.2 | 22.3 | 25.5 | 26.4 | 20.5 | 12.2 | 6.7  | 8.7  |
| 1979   | 7.6 | 6.9 | 8.4  | 10.0 | 16.8 | 22.9 | 27.2 | 25.5 | 18.7 | 15.7 | 6.9  | 6.1  |
| 1980   | 4.5 | 7.0 | 8.3  | 10.8 | 13.9 | 22.5 | 25.2 | 26.5 | 21.4 | 13.3 | 9.4  | 2.8  |
| 1981   | 3.3 | 5.4 | 11.8 | 12.8 | 17.6 | 23.3 | 25.6 | 23.8 | 20.4 | 16.6 | 9.4  | 7.8  |
| 1982   | 5.9 | 6.1 | 8.6  | 10.9 | 16.7 | 24.6 | 27.6 | 26.2 | 21.2 | 13.9 | 8.2  | 3.7  |
| 1983   | 3.6 | 5.5 | 8.9  | 13.8 | 17.2 | 22.8 | 26.7 | 25.8 | 21.4 | 15.1 | 13.0 | 5.4  |
| 1984   | 4.8 | 4.8 | 7.4  | 13.9 | 13.9 | 22.9 | 26.9 | 25.1 | 20.5 | 12.6 | 9.8  | 5.9  |
| 1985   | 3.8 | 9.3 | 6.8  | 13.7 | 15.5 | 24.9 | 27.6 | 25.9 | 20.4 | 14.5 | 11.1 | 5.6  |
| 1986   | 4.5 | 6.6 | 7.7  | 10.8 | 20.0 | 22.1 | 24.6 | 26.3 | 20.6 | 14.9 | 8.1  | 4.6  |
| 1987   | 4.1 | 6.2 | 9.4  | 15.2 | 17.0 | 23.7 | 26.2 | 27.2 | 22.9 | 17.0 | 8.5  | 7.7  |
| 1988   | 6.6 | 6.2 | 9.0  | 13.5 | 17.9 | 21.6 | 27.4 | 26.5 | 19.6 | 15.9 | 10.5 | 4.1  |
| 1989   | 3.8 | 6.2 | 10.3 | 10.9 | 17.4 | 20.9 | 26.1 | 25.8 | 21.5 | 15.7 | 11.4 | 8.8  |
| 1990   | 4.8 | 8.7 | 9.9  | 11.3 | 16.9 | 24.5 | 25.5 | 24.5 | 23.9 | 16.2 | 9.5  | 4.2  |
| 1991   | 3.9 | 4.6 | 9.1  | 10.1 | 13.9 | 22.5 | 26.8 | 25.4 | 21.5 | 13.6 | 8.4  | 4.2  |
| 1992   | 3.3 | 5.0 | 7.2  | 10.5 | 15.8 | 18.6 | 23.8 | 25.4 | 21.6 | 14.8 | 9.2  | 5.8  |
| 1993   | 3.6 | 4.3 | 8.6  | 11.4 | 17.4 | 24.5 | 27.2 | 26.3 | 19.7 | 16.2 | 9.3  | 5.88 |
| 1994   | 5.3 | 7.5 | 10.9 | 10.8 | 10.4 | 16.0 | 28.2 | 28.0 | 19.8 | 14.6 | 10.3 | 6.1  |
| 1995   | 5.0 | 8.6 | 8.3  | 10.8 | 19.1 | 22.3 | 27.1 | 25.4 | 19.6 | 15.0 | 10.7 | 8.3  |
| 1996   | 6.7 | 4.3 | 8.0  | 10.9 | 15.2 | 19.1 | 24.6 | 25.4 | 18.4 | 13.0 | 9.6  | 7.0  |
| 1997   | 5.4 | 7.6 | 8.4  | 11.1 | 17.7 | 23.3 | 26.3 | 25.8 | 19.1 | 14.5 | 9.5  | 6.3  |
| 1998   | 4.8 | 6.4 | 8.8  | 12.4 | 15.1 | 23.2 | 27.6 | 28.5 | 22.0 | 12.4 | 9.0  | 4.0  |
| 1999   | 4.6 | 3.8 | 8.4  | 13.4 | 20.4 | 25.1 | 26.4 | 28.4 | 21.5 | 17.5 | 7.5  | 4.9  |
| 2000   | 2.2 | 6.5 | 10.5 | 13.3 | 19.3 | 22.5 | 27.4 | 25.2 | 20.5 | 13.2 | 9.7  | 6.8  |
| 2001   | 5.3 | 5.6 | 12.7 | 12.4 | 16.9 | 25.3 | 28.0 | 26.9 | 21.6 | 19.2 | 8.9  | 5.3  |
| 2002   | 4.5 | 7.2 | 10.4 | 12.5 | 17.6 | 24.2 | 25.6 | 24.5 | 20.0 | 15.8 | 9.9  | 7.2  |
| 2003   | 4.3 | 4.6 | 9.8  | 13.1 | 18.0 | 24.6 | 28.4 | 26.2 | 20.9 | 16.6 | 9.3  | 4.6  |



Annexe 03 : Positions et coordonnées géographiques des foyers dépéris de la forêt de Senalba Chergui.

| Séries          | Points | Altitude (m) | Latitude (N)  | Longitude(E)   |
|-----------------|--------|--------------|---------------|----------------|
| <b>Série 02</b> | P1     | 1320         | 34°37'08.1''  | 03°08'20.6''   |
|                 | P2     | 1325         | 34°36'41.1''  | 03°07'26.2''   |
|                 | P3     | 1327         | 34°36'25.4''  | 03°06'17.0''   |
|                 | P4     | 1343         | 34°36'28.8''  | 03°06'03.6''   |
| <b>Série 03</b> | P1     | 1328         | 34°36'15.5''  | 03°06'34''     |
|                 | P2     | 1339         | 34°36'53.3''  | 03°05'15.1''   |
| <b>Série 04</b> | P1     | 1324         | 34°37'15.2''  | 03°05'27.7''   |
|                 | P2     | 1350         | 34°37'21.8''  | 03°06'18.9''   |
|                 | P3     | 1351         | 34°37'03.2''  | 03°05'35.8''   |
| <b>Série 05</b> | P1     | 1366         | 34°37'40.1''  | 03°07'42.0''   |
| <b>Série06</b>  | P1     | 1153         | 34°43'17.7''  | 03°09'21.1''   |
|                 | P2     | 1154         | 34°43'18.2''  | 03°09'10.3''   |
|                 | P3     | 1164         | 34°42'37.4''  | 03°09'20.0''   |
| <b>Série 08</b> | P1     | 1134         | 34°43'06.8''  | 03°08'54.11'   |
|                 | P2     | 1160         | 34°42'31.8''  | 03°07'48.4''   |
|                 | P3     | 1201         | 34°42'21.3''  | 03°08'57.5'    |
|                 | P4     | 1213         | 34°41'54.5''  | 03°08'17.3''   |
|                 | P5     | 1219         | 34°42'09.8''  | 03°08'26.4''   |
|                 | P6     | 1214         | 34°41' 10.48" | 3° 9' 7.0992"  |
|                 | P7     | 1214         | 34°41' 49.71" | 3° 6' 19.8756" |
|                 | P8     | 1202         | 34°42' 13.70" | 3° 6' 59.9148" |
|                 | P9     | 1218         | 34°41' 55.69" | 3° 6' 45.34"   |
|                 | P10    | 1320         | 34°38' 46.46" | 3° 6' 34.18"   |
|                 | P11    | 1350         | 34°38' 25.47" | 3° 5' 54.17"   |



Annexe 4 : présentation des résultats de mensurations des paramètres de l'hôte et de l'insecte.

| Nombre de rondins | Diamètre | Epaisseur | Effectifs | Adultes | Larves |
|-------------------|----------|-----------|-----------|---------|--------|
| R1                | 28       | 2,6       | 7         | 7       | 0      |
| R2                | 27       | 2,5       | 9         | 9       | 0      |
| R3                | 26       | 2,1       | 8         | 8       | 0      |
| R4                | 21       | 1,2       | 30        | 30      | 0      |
| R5                | 20       | 1,2       | 29        | 27      | 2      |
| R6                | 18       | 0,7       | 11        | 11      | 0      |
| R7                | 24,6     | 1,9       | 64        | 13      | 51     |
| R8                | 26       | 2,5       | 104       | 14      | 90     |
| R9                | 25       | 2         | 110       | 21      | 89     |
| R10               | 26       | 2,1       | 70        | 9       | 61     |
| R11               | 23       | 1,9       | 170       | 3       | 167    |
| R12               | 23       | 1,8       | 142       | 4       | 138    |
| R13               | 21       | 1,2       | 120       | 7       | 113    |
| R14               | 20       | 1,1       | 112       | 15      | 97     |
| R15               | 21       | 1,3       | 97        | 13      | 84     |
| R16               | 26       | 2,1       | 94        | 14      | 80     |
| R17               | 21       | 1,2       | 50        | 4       | 46     |
| R18               | 21       | 1,1       | 53        | 6       | 47     |
| R19               | 20       | 0,8       | 47        | 4       | 43     |

Annexe 5 : Présentation des résultats de mesures effectués sur les paramètres morphologiques de l'hôte et les galeries de reproductions.

| Versant | Exposant | Age | Diamètre | Epaisseur | Densité par m2 | Longueur des galeries |
|---------|----------|-----|----------|-----------|----------------|-----------------------|
| 1       | N1       | 70  | 31       | 5         | 60             | 12,23                 |
| 1       | N1       | 30  | 12       | 1,2       | 70             | 15,96                 |
| 1       | N1       | 40  | 23       | 2,6       | 140            | 15,96                 |
| 1       | N1       | 70  | 38       | 3         | 200            | 10,63                 |
| 1       | N1       | 90  | 50       | 2,4       | 20             | 18,95                 |
| 1       | N1       | 35  | 18,5     | 1         | 130            | 14,85                 |
| 1       | N1       | 90  | 53       | 2,5       | 100            | 8,58                  |
| 1       | N1       | 55  | 26       | 4         | 50             | 15,16                 |
| 1       | N1       | 45  | 26       | 4,5       | 60             | 14,5                  |
| 1       | N1       | 50  | 26       | 3,5       | 40             | 15,6                  |
| 1       | S1       | 70  | 31       | 5         | 50             | 13,98                 |
| 1       | S1       | 30  | 12       | 1,2       | 70             | 19,37                 |
| 1       | S1       | 40  | 23       | 2,6       | 100            | 11,84                 |
| 1       | S1       | 70  | 38       | 3         | 150            | 11,94                 |
| 1       | S1       | 90  | 50       | 2,4       | 40             | 18,58                 |
| 1       | S1       | 35  | 18,5     | 1         | 110            | 15,68                 |
| 1       | S1       | 90  | 53       | 2,5       | 110            | 8,7                   |
| 1       | S1       | 55  | 26       | 4         | 50             | 12,4                  |
| 1       | S1       | 45  | 26       | 4,5       | 80             | 14,36                 |
| 1       | S1       | 50  | 26       | 3,5       | 30             | 14,6                  |
| 1       | N4       | 70  | 20       | 0,3       | 130            | 12,59                 |
| 1       | N4       | 30  | 5,5      | 0,1       | 60             | 15,87                 |
| 1       | N4       | 40  | 6        | 0,15      | 180            | 13,51                 |
| 1       | N4       | 70  | 23       | 0,2       | 180            | 13,38                 |
| 1       | N4       | 90  | 31       | 0,3       | 120            | 15,18                 |
| 1       | N4       | 35  | 9,5      | 0,2       | 170            | 15,92                 |
| 1       | N4       | 90  | 32       | 0,5       | 170            | 10,78                 |
| 1       | N4       | 55  | 16       | 0,6       | 70             | 8,1                   |
| 1       | N4       | 45  | 8        | 0,2       | 90             | 11,59                 |
| 1       | N4       | 50  | 17       | 0,4       | 110            | 9,71                  |
| 1       | S4       | 70  | 20       | 0,3       | 130            | 12,78                 |
| 1       | S4       | 30  | 5,5      | 0,1       | 50             | 14,1                  |
| 1       | S4       | 40  | 6        | 0,15      | 170            | 11,5                  |
| 1       | S4       | 70  | 23       | 0,2       | 270            | 11,10                 |
| 1       | S4       | 90  | 31       | 0,3       | 150            | 11,09                 |
| 1       | S4       | 35  | 9,5      | 0,2       | 200            | 14,65                 |
| 1       | S4       | 90  | 32       | 0,5       | 170            | 10,92                 |
| 1       | S4       | 55  | 16       | 0,6       | 90             | 7,42                  |
| 1       | S4       | 45  | 8        | 0,2       | 130            | 10,63                 |
| 1       | S4       | 50  | 17       | 0,4       | 120            | 9,57                  |

Annexe 6 : Présentation des résultats de mesures effectués sur les longueurs des galeries de reproduction et le nombre d'encoches de pontes de *Pityogenes bidentatus*.

| Longueur de galerie de reproductions (cm) | Nombre d'encoche/Galerie |
|---|--------------------------|
| 14  | 8                        |
| 16  | 16                       |
| 20  | 12                       |
| 19  | 12                       |
| 20  | 13                       |
| 27  | 21                       |
| 15  | 9                        |
| 10  | 9                        |
| 18  | 10                       |
| 10  | 8                        |
| 14  | 10                       |
| 20  | 14                       |
| 28  | 16                       |
| 19  | 11                       |
| 20  | 16                       |
| 18  | 8                        |
| 12  | 7                        |
| 19  | 13                       |
| 13  | 12                       |
| 12  | 10                       |
| 17  | 8                        |
| 14  | 9                        |
| 13  | 9                        |
| 32  | 16                       |
| 14  | 12                       |
| 15  | 12                       |
| 13  | 7                        |
| 16  | 13                       |
| 25  | 20                       |
| 19  | 12                       |
| 16  | 15                       |
| 16  | 11                       |
| 20  | 12                       |
| 20  | 13                       |
| 14  | 16                       |
| 12  | 15                       |
| 20  | 15                       |
| 18  | 8                        |
| 19  | 9                        |
| 19  | 13                       |
| 13  | 12                       |
| 13  | 7                        |
| 20  | 14                       |
| 17  | 7                        |
| 18  | 7                        |



Annexe 7 : Présentation des moyennes des longueurs des galeries de reproduction et le nombre des galeries maternelles de *Pityogenes bidentatus*.

| Nombre de galeries maternelles | Moyennes des longueurs de galeries (cm) |
|--------------------------------|---|
| 3                              | 16,66                                   |
| 4                              | 20,25                                   |
| 5                              | 14,4                                    |
| 4                              | 21,25                                   |
| 7                              | 14,28                                   |
| 3                              | 20,33                                   |
| 7                              | 17,85                                   |
| 5                              | 16,8                                    |
| 4                              | 16                                      |
| 3                              | 18,33                                   |



## Les dépérissements des peuplements forestiers dans la région de Djelfa

### Résumé

L'analyse des images satellites de trois périodes, 1972, 1987 et 2001 a révélé une évolution régressive variable dans les massifs forestiers de la zone semi-aride. La digitalisation des surfaces forestières sur les images considérées par le biais de logiciels de traitement (Mapinfo et l'Envi) a permis d'estimer les pertes en surfaces sur une trentaine d'années. Les calculs sur l'évaluation des surfaces dégradées ont montré que plus de 6% de forêts ont disparu, cas de forêt de Senalba Chergui. Les causes des dépérissements enregistrés sont essentiellement d'ordre anthropozoïque. De même les périodes de sécheresses enregistrées au cours de ces dernières décennies expliquent en grande partie l'installation de divers insectes xylophages particulièrement les scolytes qui ont tendance à se généraliser dans les pinèdes prospectées. Les fluctuations saisonnières des températures et des quantités pluviométriques au cours du temps ont conditionné la multiplication et l'activité de l'hylésine destructeur, *Tomicus destruens* et de *Pityogenes bidentatus* qui interviennent comme ravageurs primaires et secondaires, aggravant ainsi l'état des peuplements déjà à faibles capacités de réaction.

**Mots :** Télédétection - Pin d'Alep - xylophages - *Tomicus destruens* - *Pityogenes bidentatus*.

### Decline of the forest settlements in Djelfa area

#### Abstract

Analysis three periods of satellite images, 1972, 1987 and 2001 revealed a regressive evolution in the forest semi-arid area. The forest surfaces digitalization on the images considered by the logiciel of treatment (Mapinfo and Envi) made it possible estimate the losses on the surfaces on about thirty years. Evaluation of degraded surfaces showed that more than 6% of forests disappeared, case of Senalba Chergui forest. The causes of recorded deteriorations are primarily of order anthropozoic. In the same way the periods of drynesses recorded during these last decades mainly explain the installation of various xylophagous insects particularly the scolytes which tend to spread in the prospected pine forests. The fluctuations of the temperatures and the pluviometric quantities in the course of time conditioned the multiplication and the activity of the destroying bark beetle, *Tomicus destruens* and *pityogenes bidentatus* which intervene like primary and secondary ravagers, thus worsening the state of the settlements already with low capacities of reaction.

**Words:** Teledetection - Aleppo pine - xylophagous - *Tomicus destruens* - *Pityogenes bidentatus*.

### التراجع الغابي لمنطقة الجلفة

#### ملخص:

تحليل الصور الملتقطة عن طريق الأقمار الصناعية للمراحل الثلاث ( 1972, 1987, 2001 ) أظهرت حدوث تطور تراجمي لمختلف الكتل الجبلية للمناطق شبه الجافة. تحديد المساحات الغابية على الصور المعينة تم عن طريق البرامج الدراسية (Envi, Mapinfo) التي سمحت بتقدير الخسائر بالمساحة خلال ثلاثين سنة. الحسابات الجارية حول تطور المساحات الغابية المتدهورة أثبتت أنه أكثر من 6% من الغابات قد اختفت مثال: حالة سنالبا شرقي. أسباب التدهور الغابي المسجل يعود خاصة لدور الإنسان والحشرات وأيضا فترات الجفاف المسجلة خلال العشرينات الأخيرة تشرح بصفة كبيرة تواجد مختلف الحشرات آكلات الخشب خاصة " سكوليت " بافتراض تواجدها في كامل غابات الصنوبر المختبرة. التغيرات الفصلية لدرجة الحرارة وكمية الأمطار خلال الزمن تحدد نشاط وتضاعف (ليليزين المخرب) "توميكوس ديسترويبيس, بيتيوجينيز يدونتاوس التي تواجد بصفة مخرب أساسي وثانوي, مضاعفة بذلك حالة الأشجار ذات القدرة الضعيفة على الدفاع.

كلمات: علم التنبؤ عن بعد, الصنوبر الحلبي, آكلات الخشب, توميكوس ديسترويبيس, بيتيوجينيز يدونتاوس.