



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université des Frères Mentouri Constantine  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة  
كلية علوم الطبيعة و الحياة

**Département : Biologie et Ecologie Végétale**

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master**

**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**

**Filière : Sciences Biologiques**

**Spécialité : Écologie Et Environnement**

**Option : Gestion Durable des Écosystèmes et Protection de l'Environnement**

Intitulé :

**Inventaire Forestier Des Résineux De L'arboretum De Draa Naga  
Constantine**

**Présenté et soutenu par: BOUNEGAB Hafsa**

**Le : 23 /06/2015**

**Jury d'évaluation :**

<b>Président du jury :</b>	BAZRI K.E.D	MCB - UFM Constantine
<b>Promoteur :</b>	HADEF A.	MAA- UFM Constantine
<b>Examineur :</b>	ARFA M.T.A	MAA - UFM Constantine

*Année universitaire  
2014 - 2015*

# REMERCIEMENTS

## **Remerciement**

*Avant tous, je remercie Dieu le tout puissant qui m'a guidé tout au long de ma vie, qui m'a permis de m'instruire et d'arriver aussi loin dans les études, qui m'a donné courage et patience pour traverser tous les moments difficiles, et qui m'a permis d'achever ce travail.*

*Les travaux synthétisés dans ce document n'auraient jamais existé sans le concours de nombreuses personnes. C'est donc avec un grand plaisir que je tiens à exprimer ma sincère reconnaissance à tous ceux qui, d'une façon ou d'une autre, ont contribué à réaliser ce travail:*

*Mr Bazri Kamel Eddine, MCB à l'Université des Frères Mentouri, Constantine, de m'avoir fait l'honneur de présider ce jury, je vous adresse nos profonds respects.*

*Mes remerciements les plus sincères s'adressent à Mr.Hadef Azzedine, MAA à l'Université des Frères Mentouri Constantine; mon promoteur; que je dois respect et gratitude pour m'avoir guidé afin de mener à bien cette étude. Sa disponibilité durant toutes les étapes de ce travail, ses remarques pertinentes et ses suggestions ont sans cesse permis l'amélioration de la qualité de ce document.*

*Je remercie également Mr. Arfa Mouhamed Toufik Azzedine, MAA à l'Université des Frères Mentouri Constantine, qui a accepté de s'intéresser à mes travaux et m'a apporté son jugement d'experts:*

*Je tiens à remercier M. Kanouni malika, MCA à l'Université des Frères Mentouri Constantine, celle qui ne m'a jamais privée de son aide.*

*Je ne saurais terminer sans remercier :*

*Le Professeur ALATOU Djamel de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
(Université des Frères Mentouri Constantine*

*Tous le personnel de la Conservation des Forêts de Constantine*

# DEDICACE

## ***Dédicace***

*À mes chers parents qui m'ont soutenu et m'ont fourni tous les moyens nécessaires*

*pour réaliser ce travail;*

*À mes adorables sœurs et ma jolie nièce « Siline »;*

*À mon cher fiancé qui n'a pas cessé de m'encourager et m'a poussé à persévérer;*

*À ma belle famille, mes amies, mes collègues, à tous ceux qui d'une façon ou d'une autre m'ont*

*aidé à la réalisation de mon mémoire;*

***Je dédie ce travail***

# Sommaire

<b>Introduction</b> .....	1
<b>Synthèse bibliographique</b>	
I. Arboretum.....	3
1. Différents types d'arboretums .....	3
1.1. Arboretums de collection.....	3
1.2 Arboretum à vocation pédagogique.....	3
1.3 Arboretums d'élimination .....	4
1.4 Arboretums forestiers .....	4
1.5 Fruticetum .....	4
1.6 Arboretums mixtes .....	4
2. Rôle des arboretums.....	6
II. Généralités sur les résineux.....	6
III. Inventaire forestier.....	9
1. Principaux types d'inventaires forestiers.....	9
1.1. Inventaire pied à pied (ou en plein) .....	9
1.2. Inventaire statistique.....	9
1.3. Inventaire typologique.....	10
2. Principaux objectifs d'un inventaire forestier .....	10
3. Analyse structurale .....	10
3.1. Structure floristique.....	10
3.1.1. Composition floristique.....	11
3.1.2. Diversité floristique.....	11
3.1.2.1. Coefficient de mélange.....	11
3.1.2.2. Indice de diversité.....	11
3.1.2.2.1. Indice de diversité de Shannon-Wiener $H'$ .....	11
3.1.2.2.2. Indice d'équitabilité de Piélou (EQ) .....	11
3.1.2.2.3. Indice de diversité de Simpson.....	12
3.2. Structure spatiale.....	12
3.2.1. Analyse horizontale.....	12
3.2.1.1 Abondance.....	12
3.2.1.2. Dominance.....	12
3.2.1.3 Contenance.....	12
3.2.2 Analyse verticale.....	12
3.2.2.1 Structure des hauteurs.....	13
3.2.2.2 Profils structuraux.....	13
3.3. Structure totale.....	14
4. Analyse des principales essences (l'indice de valeur d'importance) .....	14
<b>Matériel et Méthodes</b>	
I. Caractéristiques écologiques de la zone d'étude.....	15
1. Situation géographique.....	15
2. Relief et hydrographie.....	15
3. Climat.....	16
4. Sol.....	16
II. Intégration des images satellitaires dans le SIG.....	17
1. Élaboration du plan parcellaire de l'arboretum.....	17
2. Élaboration des différentes cartes/ plans de l'arboretum.....	17
	18

II. Méthode d'approche.....	18
1. Etude et synthèse bibliographique.....	18
2. Récolte de données.....	19
2.1. Faune.....	20
3. Traitement et analyse des données.....	20
3.1. Analyse structurale.....	20
3.1.1. Structure floristique.....	20
3.1.1.1. La composition floristique.....	20
3.1.1.2. La diversité floristique.....	20
3.1.1.2.1. Indice de diversité de Shannon-Wiener $H'$ .....	20
3.1.1.2.2. Indice d'équitabilité de Piélou (EQ).....	21
3.1.1.2.3. Indice de diversité de Simpson.....	21
3.1.2. Structure spatiale.....	22
3.1.2.1. Analyse horizontale.....	22
3.1.2.1.1. Abondance.....	22
3.1.2.1.2. Dominance.....	22
3.1.2.1.3. Contenance.....	23
3.1.2.2. Analyse verticale.....	23
3.1.3. Structure totale.....	23
3.2. Analyse des principales essences.....	24
<b>Résultats et discussion</b>	
I. État écologique actuel de l'arboretum.....	26
1. Analyse structurale.....	26
1.1. Structure floristique.....	26
1.1.1. Composition floristique.....	26
1.1.1.1. Composition floristique selon les classes de diamètre.....	27
1.1.2. Diversité floristique.....	28
1.2. Structure spatiale.....	29
1.2.1. Structure horizontale.....	29
1.2.1.1. Abondance, Dominance et Contenance.....	29
1.2.2. Structure verticale.....	31
1.2.2.1. Structure des hauteurs.....	31
1.2.2.2. Profil structural.....	32
1.3. Structure totale.....	34
2. Analyse des principales essences.....	35
3. faune de l'arboretum.....	36
4. Écologie numérique.....	37
4.1. Description des données.....	37
4.2. Régression linéaire.....	37
4.3. Analyse en Composante Principale (ACP).....	41
4.4. Classification ascendante hiérarchique (CAH).....	44
Conclusion.....	45
Références bibliographiques	
Annexes	

## Liste des Figures

Figure 1: Différents types d'arboretums .....	5
Figure 2: Les principaux résineux .....	7
Figure 3: Illustration d'un résineux.....	8
Figure 4: Profil structural des Conifères .....	13
Figure 5: La digitalisation des parcelles à partir de l'image satellitaire .....	17
Figure 6: Élaboration des cartes thématiques par la fonction symbologie (ARCGIS 10).....	17
Figure 7: Étapes suivies pour la réalisation d'un inventaire forestier .....	18
Figure 8: Paramètres dendrométriques mesurés sur terrain .....	19
Figure 9: Synthèse de la démarche méthodologique .....	25
Figure 10: Diagramme représentant la composition floristique des parcelles selon les classes de diamètre.....	28
Figure 11: Secteurs représentant la dominance, l'abondance et la contenance des parcelles étudiées.....	30
Figure 12: Histogramme représentant la distribution de nombres de tiges par classe de hauteur.....	32
Figure 13: Profil structural de la parcelle 13 ( <i>Cupressus arizonica</i> ) .....	33
Figure 14: Variation du nombre de tiges suivant les classes de diamètre .....	34
Figure 15: Espèces faunistiques de l'arboretum .....	36
Figure 16: Régression linéaire entre les différents paramètres dendrométriques mesurés.....	39
Figure 17: Histogramme des valeurs propres en fonction des rangs des axes principaux pour l'ensemble des parcelles.....	42
Figure 18 : Analyse en Composante Principale.....	43
Figure 19: Dendrogramme du regroupement des 4 parcelles étudiées.....	44

## Liste des cartes

Carte 1: Situation géographique de l'arboretum de Draa Naga .....	15
Carte 2: Localisation des parcelles étudiées .....	16

## Liste des tableaux

Tableau 1: Liste des espèces de résineux .....	26
Tableau 2: Composition floristique des résineux selon les classes de diamètre .....	27
Tableau 3: Coefficient de mélange et indices de diversité floristique .....	28
Tableau 4: Abondance, Dominance et Contenance .....	29
Tableau 5: Répartition du nombre de tiges selon les classes de hauteur .....	31
Tableau 6: Nombre de tiges à l'hectare par classe de diamètre.....	34
Tableau 7: Indice de valeur d'importance .....	35
Tableau 8: Liste des espèces faunistiques rencontrées .....	36
Tableau 9: Statistiques descriptives .....	37
Tableau 10: Corrélations entre les paramètres dendrométriques mesurés dans chaque parcelle .....	38
Tableau 11: Résultats de l'ACP des trois axes à partir des caractéristiques mesurées.....	41
Tableau 12: Valeurs des corrélations et corrélations carrées des variables initiales avec les trois premières composantes principales .....	42

# **INTRODUCTION**

## **Introduction**

Protéger et gérer rationnellement les ressources naturelles en général et forestières en particulier, apparaît au niveau mondial comme un défi majeur pour les années à venir.

L'estimation des ressources, au niveau d'une région ou d'un pays, est le préalable à toute politique forestière digne de ce nom. Dans cette optique, l'inventaire forestier constitue un outil fondamental permettant la connaissance de données quantitatives relatives à ces ressources (Brenac, 1980 in Lejeune *et al.*, 1993).

L'inventaire forestier permet également de définir un état de référence ou état zéro pour pouvoir constituer des indicateurs fiables. Selon les auteurs, les données recueillies sont des caractéristiques, paramètres, critères, attributs, valeurs, qui peuvent être utilisés en tant que tels ou agrégés pour fournir entre autres des indicateurs et des indices (Robisoa, 2008).

L'arboretum de Draa Naga est situé dans la forêt domaniale de Djebel El Ouahch. Entre 1954 et 1967, 77 espèces d'arbres et arbustes ont été plantées sur une superficie de 30 ha (77 parcelles). Ce site a subi de nombreuses altérations depuis sa plantation : incendies, sécheresse, gelées, surpâturage,...

A la fin des années 80, l'arboretum était complètement abandonné (Kanouni-Rached *et al.*, 2014). Aujourd'hui l'état de dégradation du site est déjà très avancé (dégradation importante des zones boisées, nombreux arbres en dépérissement, défaillance du système hydraulique, absence de nettoyage, difficultés d'accès aux parcelles, l'érosion hydrique dans quelques parcelles...).

Depuis sa création, et malgré son importance majeure pour la biodiversité ; aucun inventaire n'a été mis en place pour connaître l'état de l'arboretum ou pour suivre de façon permanente son évolution dans le temps.

L'objectif de ce mémoire est de collecter des données concernant l'état écologique actuel de l'arboretum et d'analyser structurellement les peuplements des parcelles concernées par cette étude afin de constituer une base de données de référence.

La constitution d'une base de données de référence aidera à proposer quelques recommandations pour une bonne gestion de l'arboretum de Draa Naga. En plus, cette base de données va ouvrir d'autres horizons des recherches pour en améliorer son état et protéger sa biodiversité.

Le présent travail comporte quatre parties:

- La première (synthèse bibliographique) donne un aperçu général sur les arboretums, les résineux et les inventaires forestiers.

- La deuxième (Matériel et méthodes) est consacrée à décrire la zone d'étude, les parcelles traitées, les techniques employées et les méthodes statistiques utilisées pour l'interprétation et le traitement des données.

- Dans la troisième partie, les résultats obtenus sont statistiquement analysés et discutés.

- Une conclusion permettant de tirer, synthétiser et expliquer les évolutions et les tendances dévoilées par les divers tests statistiques en fonction des données quantitatives des différentes caractéristiques dendrométriques étudiées, suivie de quelques recommandations et perspectives.

# **SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

## **I. Arboretums**

Le terme « arboretum » signifie « collection d'arbres » (arbor = arbre et tum = groupe, groupement) (Chauvet et Delmas, 1991).

Un arboretum se définit donc comme un jardin spécialisé, généralement conçu comme un espace paysager. Il présente de nombreuses espèces d'arbres ou d'essences ligneuses sous forme de collections le plus souvent thématiques. Un arboretum est un espace dans lequel sont plantées les essences forestières ou bocagères (Anonyme, 2008).

Selon Hachette, l'arboretum est une plantation expérimentale de nombreuses espèces d'arbres sur un terrain restreint, constituant une collection vivante (Hachette, 1994).

Selon Le Bon Jardinier (1992), l'arboretum est un lieu affecté à la culture d'une collection de végétaux ligneux pleine terre.

Selon le petit Robert, l'arboretum est une pépinière spécialement destinée à la culture expérimentale d'essences diverses (Petit Robert, 1990).

Selon Larousse, l'arboretum est un jardin spécial consacré à la culture de certains arbres dans un but expérimental (Augé, 1931).

Un arboretum constitue un répertoire d'arbres et arbustes, dans lequel les individus étiquetés avec leurs noms commun et scientifique, ainsi que leur continent d'origine (Boilley, 2011).

### **1. Différents types d'arboretums**

Il existe plusieurs types d'arboretum qui diffèrent par la présentation et les objectifs:

#### **1.1. Arboretums de collection**

Ces arboretums se caractérisent par leur grand nombre d'espèces, représentées par peu d'individus (Figure 1a). De par leur ancienneté, ils présentent des arbres en plein développement. Ils permettent à l'amateur ou au pépiniériste d'avoir une idée de l'intérêt d'une espèce, de l'allure de son écorce, de son feuillage ou de ses fleurs. Mais ils ne donnent une idée de la variabilité génétique de l'espèce que si un nombre suffisant de provenances a été rassemblé (Chauvet et Delmas, 1991).

#### **1.2. Arboretum à vocation pédagogique**

Il présente un échantillonnage d'espèces des familles les plus diverses, en insistant sur les espèces spectaculaires, d'intérêt économique ou écologique (Figure 1b).

De nombreuses collectivités locales intègrent ce type d'arboretum dans des parcs récréatifs ou des forêts suburbaines (Chauvet et Delmas, 1991).

### **1.3. Les arboretums d'élimination**

Ils sont des dispositifs mis en place par les instituts de recherche forestière dans le but de repérer les espèces susceptibles d'être introduites en forêt (Figure 1c).

Chaque espèce et provenance est représentée par plusieurs placettes d'au moins dix individus, de façon à ce que les observations soient valables statistiquement. Un suivi scientifique permet d'évaluer leur comportement au froid, à la sécheresse ou dans des sols particuliers (Chauvet et Delmas, 1991).

### **1.4. Arboretums forestiers**

Ce sont des essences peu nombreuses, représentées par 25 à 100 sujets voire plus, souvent déjà testées dans les arboretums de collection et présentant un intérêt économique pour les forestiers, représentés par de nombreux individus d'origines génétiques des végétaux obligatoirement connues (Figure 1d). Sa disposition et densité semblables à des boisements forestiers classiques. Son objectif est d'étudier le comportement de ces espèces pour des reboisements possibles (Brachet, 2005).

### **1.5. Un fruticetum**

Un fruticetum est une collection d'arbustes (Figure 1e). Ce nom vient du latin *frutex*, arbuste, et n'a donc rien à voir avec le mot fruit (Chauvet et Delmas, 1991).

### **1.6. Arboretums mixtes**

Présence sur un même site des deux types de plantations (Figure 1f) (Brachet, 2005).



Figure 1. Différents types d'arboretums

## **2. Rôle des arboretums**

Les objectifs des arboretums sont multiples:

- **Rôle écologique** : construction d'un patrimoine forestier par le reboisement et sauvegarde des essences menacées de disparition dans leur pays d'origine.

- **Rôle scientifique** : pour l'étude du comportement vis à vis du milieu, du développement architectural, des potentialités de croissance et d'utilisation pour l'agriculture ou la forêt, de la sensibilité aux attaques parasitaires...

- **Rôle de conservation de la biodiversité végétale** : certains arboretums sont les derniers refuges pour des espèces disparues dans leur aire d'origine (Bringer, 1998).

- **Rôle pédagogique** : le grand public y découvre des espèces magnifiques et souvent méconnues. La pédagogie peut porter sur la reconnaissance, sur les usages possibles des végétaux, et aussi sur tous les aspects scientifiques évoqués plus haut (Lacaze, 1991).

- Construire un laboratoire d'observation d'un écosystème arboré ou forestier;
- Acquérir une expérience pratique de la gestion raisonnée d'un terrain;
- Instaurer une relation forte avec les arbres (grâce à la plantation et à l'entretien).

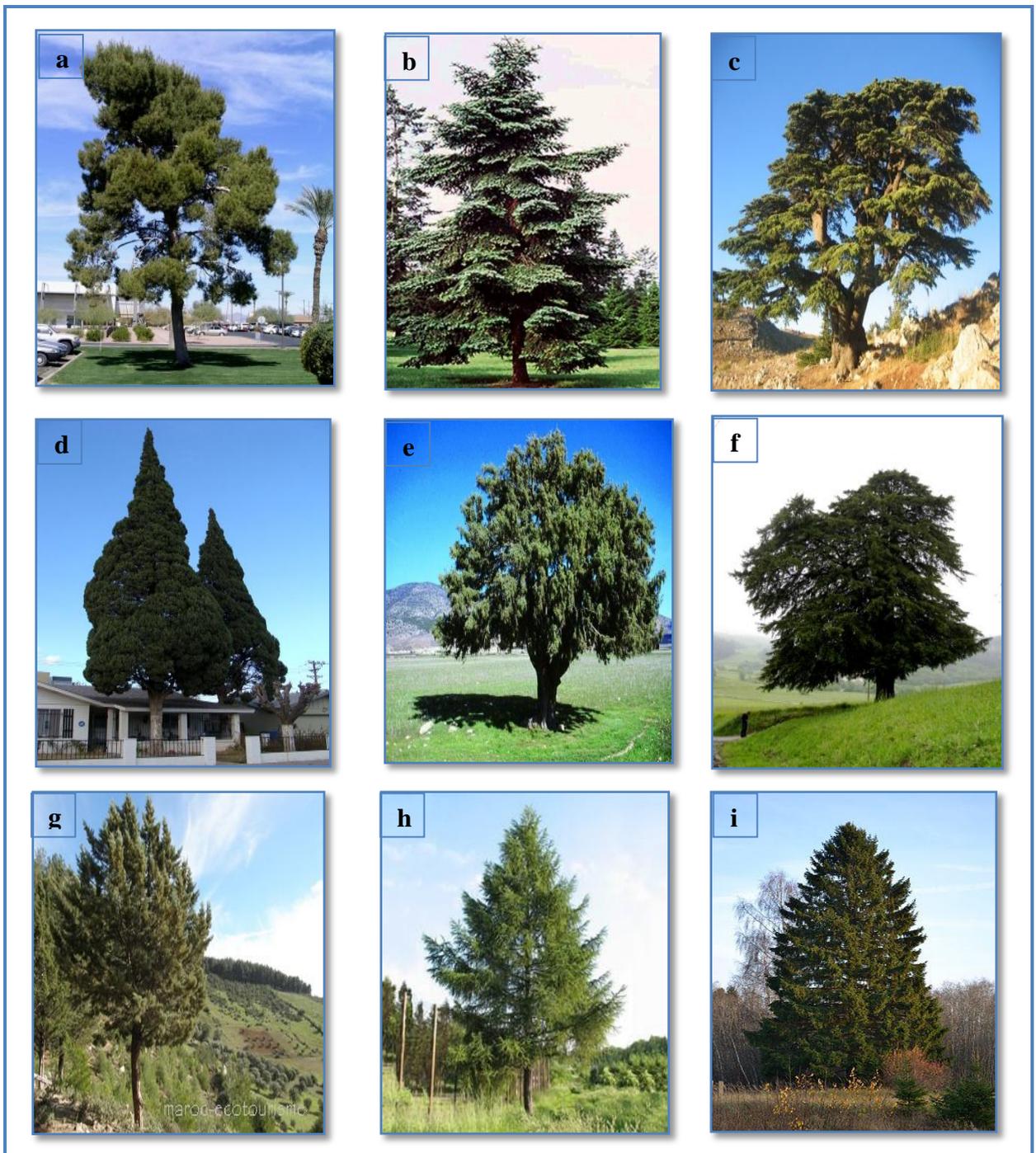
- **Rôle ornemental** : dans la mesure où la présence d'essences variées constitue en soi un élément de décor intéressant. De plus souvent, les arboretums ont été dessinés par des architectes paysagistes (Le Bon Jardinier, 1992), qui ont imaginé des mises en scènes des collections d'arbres.

## **II. Généralités sur les résineux**

Les arbres sont couramment regroupés en deux grands ensembles : les feuillus d'un côté et les conifères ou résineux de l'autre. En botanique, cette distinction relève de deux groupes distincts au sein des Phanérogames. Les conifères forment le groupe principal des Gymnospermes, qui comprennent aussi des groupes plus primitifs auxquels appartiennent les Cycas ou les Ginkos. Leurs graines sont souvent situées à la base d'écailles ligneuses regroupées sous forme d'épis : les cônes. La plupart des conifères possèdent des cellules sécrétrices de résines, dans leurs écorces, leurs feuilles ou leur bois, d'où l'appellation courante de résineux (Pérignon, 2006).

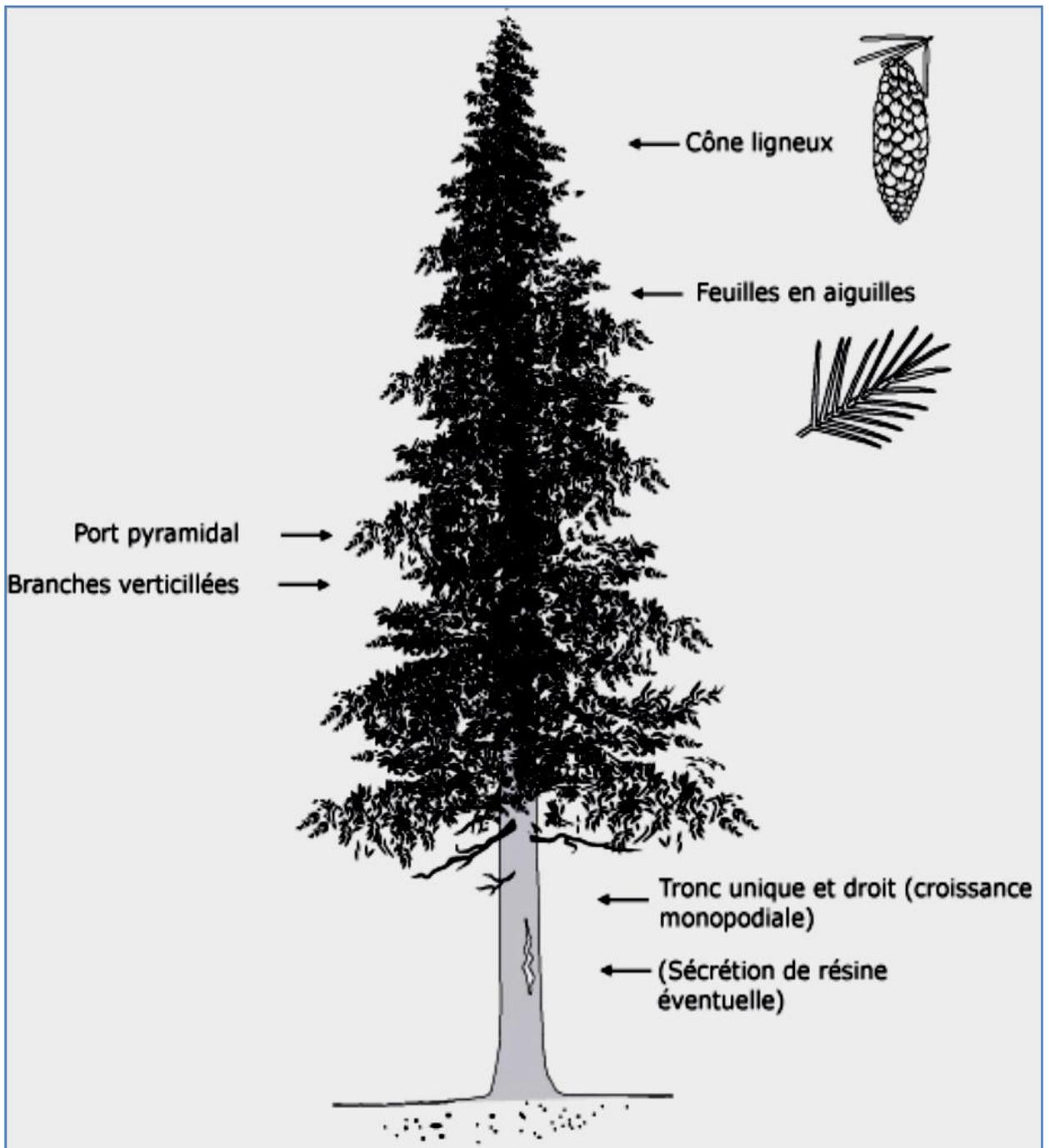
Un arbre résineux ou conifère est un arbre forestier qui fait partie de sous-embranchement des Gymnospermes, à feuilles persistantes, caractérisé par leurs cônes. Ces arbres sont riches en matières résineuses, contenues dans les canaux résinifères.

Les principaux résineux sont : le pin (Figure 2a), le sapin (Figure 2b), le cèdre (Figure 2c), le cyprès (Figure 2d), le genévrier (Figure 2e), l'if (Figure 2f), le thuya (Figure 2g), le mélèze (Figure 2h) et l'épicéa (Figure 2i).



**Figure 2.** Les principaux résineux

L'identification des arbres sur le terrain s'effectue généralement à partir des critères morphologiques (Figure 3). La plus part des résineux sont des persistants. Ils ont des feuilles en forme d'aiguilles. Les fleurs mâles produisent en abondance des grains de pollen, les cônes femelles écailleux se ferment après la fécondation, puis se rouvrent pour libérer des graines souvent ailées (Nichane, 2012).



**Figure 3.** Illustration d'un résineux (Anonyme, 2002 in Nichane, 2012)

### **III. Inventaire forestier**

Les inventaires forestiers font partie intégrante du processus de planification de la gestion durable des ressources forestières (Kaboré, 2004).

Un inventaire forestier consiste à évaluer la ressource d'une forêt à un moment donné, c'est l'ensemble des activités permettant d'obtenir pour une population forestière donnée, avec une certaine précision, des informations qualitatives ou quantitatives.

Il fournit une partie importante des informations nécessaires à la gestion forestière. Ses résultats servent de base de décision à la sylviculture, à l'exploitation, à l'économie forestière, à la politique forestière et au génie forestier (Antananarivo, 2007).

#### **1. Principaux types d'inventaires forestiers**

##### **1.1. Inventaire pied à pied (ou en plein)**

Ce type d'inventaire consiste en un dénombrement exhaustif des tiges par essence et par classe de diamètre à partir d'un seuil de précomptage (le plus souvent fixé à 10 cm).

C'est le type d'inventaire le plus classique, car depuis longtemps le plus utilisé. Il ne demande pas une grande technicité. Il est considéré comme suffisamment précis pour les principales variables dendrométriques.

Ce type d'inventaire se prête bien aux comparaisons d'inventaires. On peut ainsi avoir accès aux variables dynamiques (accroissements, passage à la futaie) (Tomasini, 2002).

##### **1.2. Inventaires statistiques**

On a recours aux inventaires statistiques lorsque le massif forestier à inventorier devient trop vaste pour se permettre de passer sur toute la surface en inventaire pied à pied, pour des raisons de coûts. Les mesures sont effectuées sur des placettes et les résultats obtenus sur la totalité des placettes sont extrapolés à l'ensemble de la forêt.

Pour réaliser un inventaire statistique, il est nécessaire d'établir un plan d'échantillonnage. Il en existe un certain nombre. Les deux plus souvent utilisés sont :

- L'échantillonnage aléatoire simple : les  $n$  placettes du dispositif sont disposées de manière aléatoire.

- L'échantillonnage systématique : les unités d'échantillonnage sont distribuées de manière uniforme sur la population (selon un maillage régulier). Ce type d'échantillonnage est plus simple à mettre en place que l'échantillonnage aléatoire. La localisation des placettes est plus rapide donc moins coûteuse (Tomasini, 2002).

### **1.3. Inventaire typologique**

Il s'agit d'un inventaire statistique, sans placette réellement matérialisée, mais avec des points d'arrêts disposés selon un maillage régulier. A chaque point d'arrêt, l'opérateur identifie un type de peuplement à partir de variables faciles à estimer et d'une clé de détermination synthétique. A chaque type est affecté un ensemble de valeurs dendrométriques moyennes.

Cette méthode d'inventaire implique une étude préalable à mener sur un secteur géographique donné, afin de disposer d'une typologie de peuplement adaptée au contexte de la forêt.

Les taux de sondage le plus souvent utilisés en inventaire typologique sont de 2 à 4 points par hectare. La détermination fait le plus souvent appel à un tour d'horizon relascopique ou à un comptage rapide. Le rayon de comptage fait peu varier selon le type de structure diagnostiqué, à partir du moment où l'on mesure entre 12 et 20 arbres (pour des raisons de fiabilité des résultats) (Tomasini, 2002).

## **2. Principaux objectifs d'un inventaire forestier**

Inventorier un peuplement forestier permet de le quantifier, de définir un état initial du capital sur pied. Le suivre dans le temps permet par la suite de mieux connaître son évolution. Ce suivi peut être effectué dans deux optiques (Tomasini, 2002) :

- Dans une optique d'aménagement, permettant de donner des directives de gestion et planifier les récoltes ;
- Dans une optique sylvicole, permettant de raisonner une sylviculture dans le temps (savoir par exemple comment intervenir dans un peuplement en fonction des coupes réalisées, optimiser les intensités de prélèvement...).

## **3. Analyse structurale**

Elle a pour but d'étudier la structure floristique qui renseigne sur les caractéristiques des essences le composant (richesse et diversité floristique), et la structure spatiale des formations végétales notamment les structure horizontale et verticale du peuplement, afin d'obtenir des indicateurs sur ses caractéristiques sylvicoles (Rajoelison, 2005).

### **3.1. Structure floristique**

Elle concerne la composition et la diversité floristique.

### **3.1.1. Composition floristique**

Elle est représentée par la liste floristique de toutes les espèces rencontrées à l'intérieur des dispositifs d'inventaire mis en place (Fournier et Sasson, 1983).

### **3.1.2. Diversité floristique**

C'est la manière dont les espèces se répartissent entre les individus présents (Rajoelison, 2005)..

#### **3.1.2.1. Coefficient de mélange**

C'est le rapport du nombre de tiges au nombre d'espèces, il est exprimé généralement sous forme d'un rapport  $1/N$  où  $N$  donne le nombre de tiges (Rajoelison, 2005).

#### **3.1.2.2. Indice de diversité**

Les indices d'hétérogénéité ont été développés pour corriger l'insuffisance de la richesse spécifique en introduisant la notion d'équitabilité qui exprime la régularité ou la répartition équitable des individus au sein des espèces de la communauté et repose sur une combinaison de la richesse spécifique et de l'abondance des espèces. Le postulat de l'équitabilité se fonde sur le fait qu'une espèce représentée par plusieurs individus (espèce abondante) et une espèce représentée par un ou quelques individus (espèce rare) ne peuvent pas avoir la même importance écologique en termes de contribution au fonctionnement de l'écosystème (Beina, 2011).

Trois indices intégrant cette notion sont fréquemment utilisés : l'indice de diversité de Shannon-Wiener  $H'$ , l'indice d'équitabilité de Piélou (EQ) et l'indice de diversité de Simpson.

##### **3.1.2.2.1. Indice de diversité de Shannon-Wiener $H'$**

Il dérive de la théorie de l'information et mesure l'entropie d'un échantillon, soit la « Saturation » de la communauté (Kent et Coker, 1992 in Beina, 2011).

Il indique la richesse en espèces au sein d'un écosystème local (Mangambu, 2014).

##### **3.1.2.2.2. Indice d'équitabilité de Piélou (EQ)**

Déduit de l'indice de diversité de Shannon-Wiener  $H'$ , cet indice mesure l'équitabilité par rapport à une répartition théorique égale pour l'ensemble des espèces (Beina, 2011).

C'est le rapport de la diversité d'un peuplement ou d'un échantillon et le nombre  $N$  d'espèces présentes. Il exprime la régularité, la répartition équitable des individus au sein des placettes (Mangambu, 2014).

### **3.1.2.2.3. Indice de diversité de Simpson**

Cet indice donne une valeur cumulative de la densité relative de toutes les espèces présentes dans la parcelle d'étude (Rajoelison, 2005).

## **3.2. Structure spatiale**

Une manière simple de définir la structure d'un peuplement est de dire qu'elle représente l'organisation verticale et horizontale (spatiale) des différents éléments qui le constituent (Goreaud, 2000 in Ngo bieng, 2007; Pommerening, 2002).

### **3.2.1. Analyse horizontale**

Elle permet d'évaluer les paramètres quantitatifs suivants: l'abondance, la dominance et la contenance.

#### **3.2.1.1 Abondance**

Elle permet d'avoir une estimation de la densité du peuplement tels que l'abondance absolue et relative.

L'abondance ou densité absolue est le nombre d'individus à l'hectare. Alors que l'Abondance relative est la densité relative d'une espèce ou d'une famille correspondant au nombre total d'individus d'espèce ou d'une famille dans l'échantillon multiplié par 100 (Mangambu, 2014).

#### **3.2.1.2. Dominance**

La dominance absolue permet d'avoir une idée sur le degré de remplissage de la forêt, elle évalue la surface terrière G de peuplement (Rakotomalala, 2008). La dominance relative est le rapport de la surface terrière occupée par une espèce ou une famille à la surface terrière totale multipliée par 100 (Mangambu, 2014).

#### **3.2.1.3 Contenance**

Elle permet de déterminer la potentialité de la forêt soit le volume de la biomasse totale. Dépendante de la surface terrière et de la hauteur des individus, elle est différente pour chaque type de formation (Rakotondrazafy, 2008).

## **3.2.2 Analyse verticale**

Elle a été déterminée afin d'avoir le profil structural visualisant le degré de recouvrement ou de fermeture qui est en étroite relation avec la pénétration de la lumière dans le sous-bois.

Cette dernière est parmi les facteurs qui déterminent l'installation de la régénération naturelle. D'autre part, cette analyse verticale fait ressortir la structure des hauteurs répartissent les espèces en nombre de tiges par classe de hauteurs (Fournier et Sasson, 1983).

### 3.2.2.1 Structure des hauteurs

Elle est donnée par la distribution du nombre de tiges par classe de hauteur et qui renseigne sur la stratification verticale du peuplement (Rajoelison, 1997).

### 3.2.2.2 Profils structuraux

Les premiers profils structuraux datent des années 1940. L'exemple le plus abouti est celui d'Oldeman (1974) à Trois-sauts en Guyane française. Dans une petite placette de quelques centaines de m<sup>2</sup>, tous les arbres de diamètre supérieur à une taille fixée (généralement 10 cm) sont localisés, identifiés et mesurés (diamètre, hauteur totale, hauteur de la première fourche).

Le profil vertical renseigne alors sur la hauteur du peuplement, son degré de fermeture, la densité, l'étalement des couronnes, l'étagement de la végétation depuis le sol jusqu'à la canopée (Figure 4) (Pascal, 2003).

Ces profils permettent toutefois de visualiser des situations structurales caractéristiques et différenciées selon des facteurs biotiques ou abiotiques comme par exemple le sol ou la topographie (Pélissier, 1995).

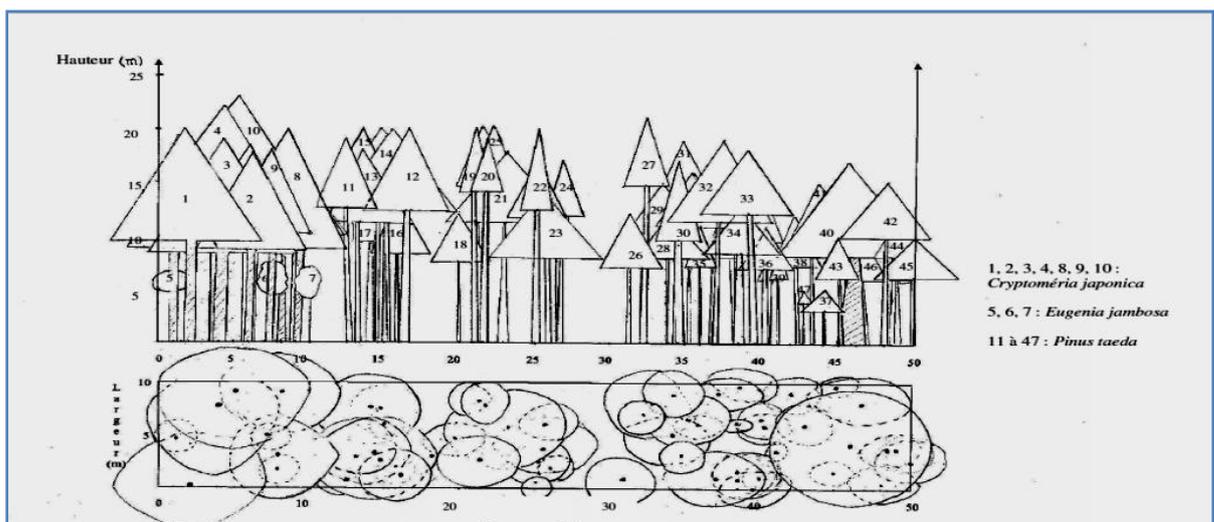


Figure 4. Profil structural des Conifères (Rajaonera *et al.*, 2008).

### **3.3. Structure totale**

La structure totale désigne la distribution du nombre d'arbres suivant des classes de diamètre, toutes les espèces réunies. En fait, la structure totale donne une idée sur la structure générale du peuplement (Ramalanjaona, 2013), elle renseigne sur la variabilité du nombre de tiges d'une classe de diamètre à l'autre (Rasatatsihoarana et Randriananjatsoa, 2009).

### **4. Analyse des principales essences (l'indice de valeur d'importance)**

Cette analyse permet de ressortir le tempérament des essences/espèces pour chaque phase de la succession végétale. À partir de la fréquence relative; l'abondance relative et la dominance relative, l'indice de valeur d'importance est calculé pour déterminer les essences les plus dominantes (Fournier et Sasson, 1983).

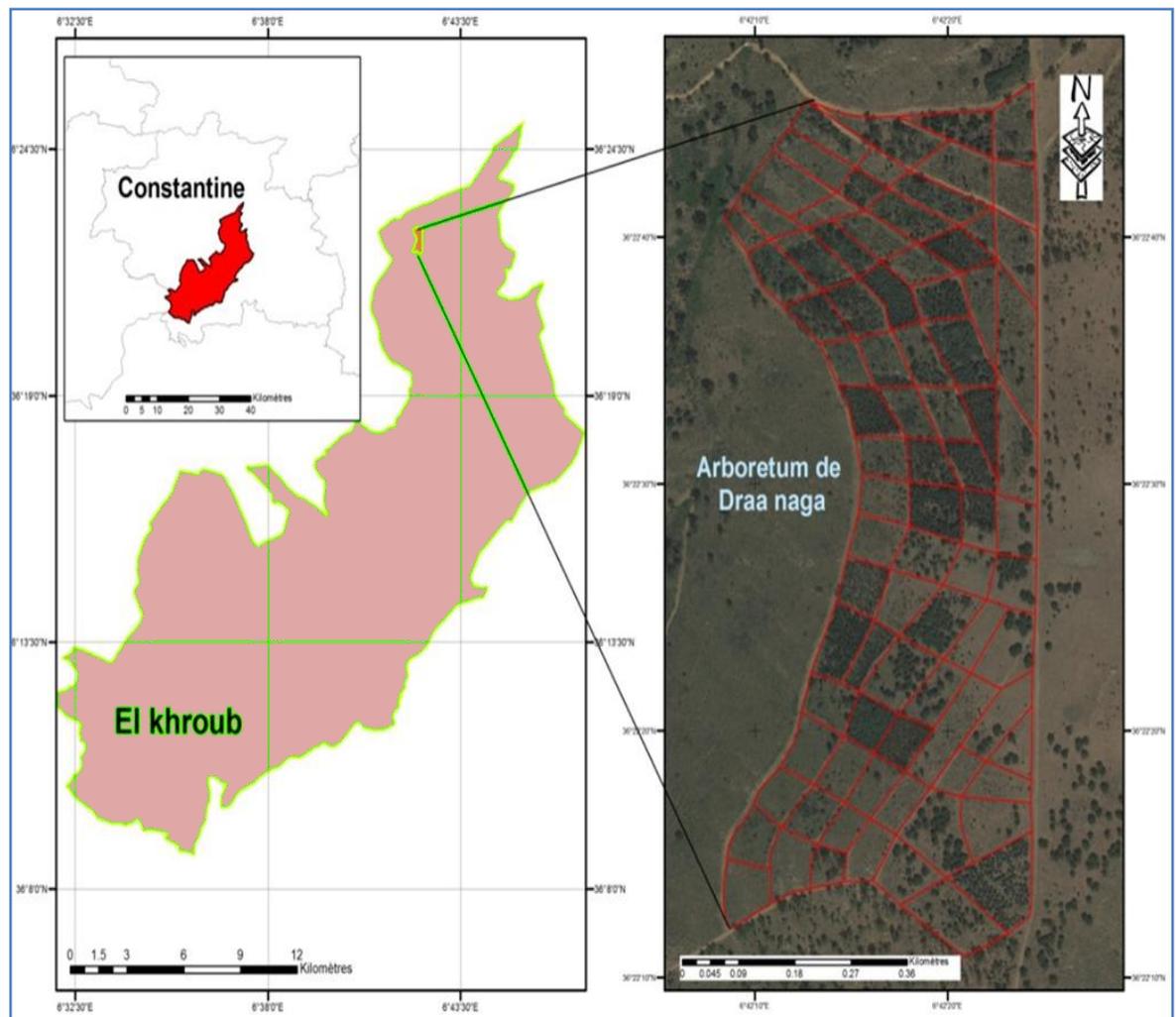
La fréquence relative des espèces est le pourcentage d'unité d'échantillonnage contenant l'espèce par rapport au nombre total d'unité d'échantillonnage (Rakotondrazafy, 2008).

# MATÉRIEL & MÉTHODES

## I. Caractéristiques écologiques de la zone d'étude

### 1. Situation géographique

La zone d'étude qui est l'arboretum de Draa Naga (Forêt de Djebel El Ouahch) appartient administrativement à la wilaya de Constantine (15 km à l'Est de Constantine). Il est situé entre la longitude ( $X_1 : 6^\circ 42' 5''$ ,  $X_2 : 6^\circ 42' 30''$ ) et la latitude ( $Y_1 : 36^\circ 20' 45''$ ,  $Y_2 : 36^\circ 22' 15''$ ) à 950 mètres d'altitude. Il occupe une superficie totale de 30 ha, sur le territoire de la commune d'El-khroub (Carte 1).



**Carte 1.** Situation géographique de l'arboretum de Draa Naga (Rached-Kanouni et al, 2014).

### 2. Relief et hydrographie

Le relief se caractérise par une pente faible (3 à 12%). Le réseau hydrographique est constitué par quelques ravins encaissés et à régime d'écoulement temporaire.

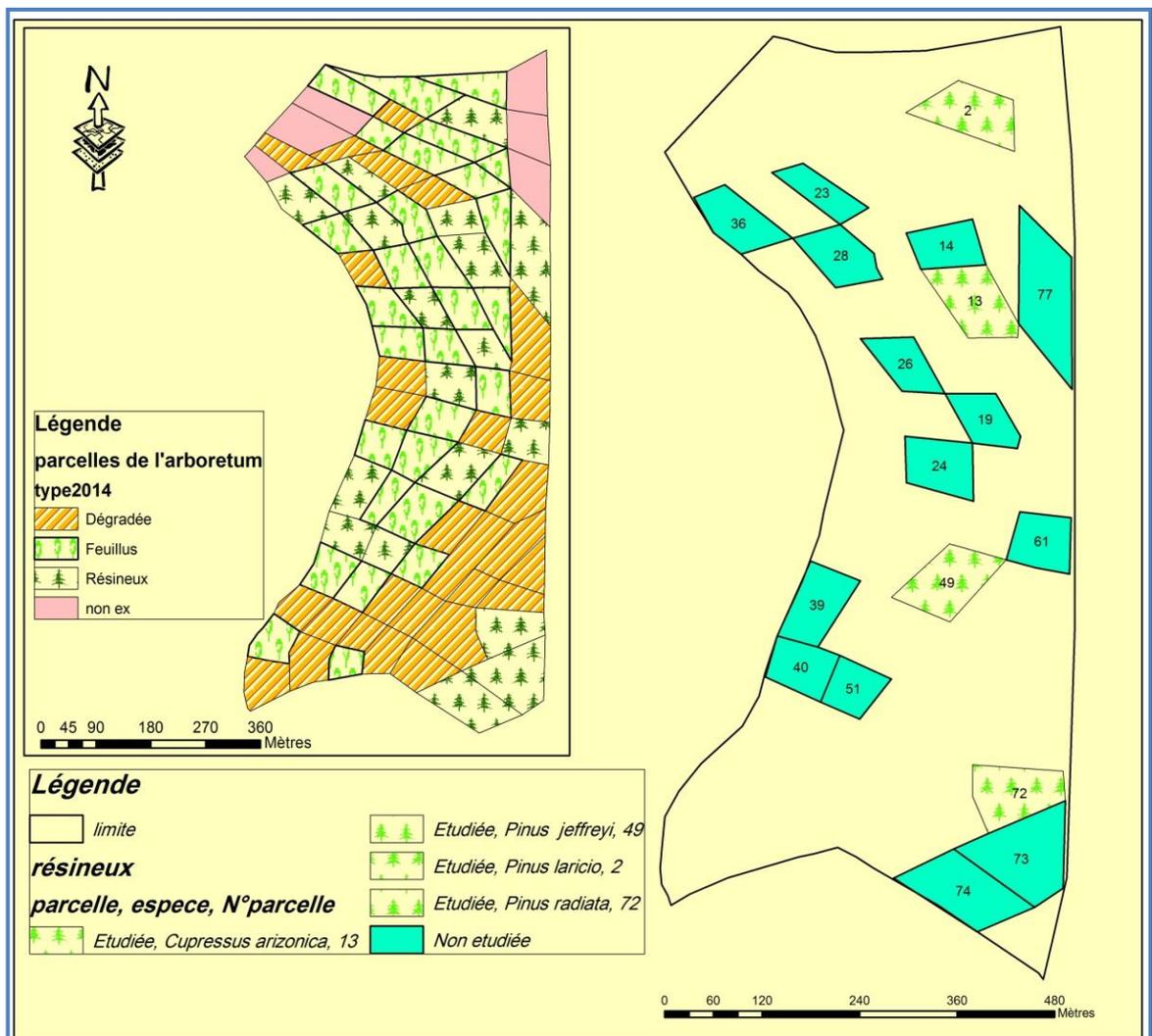
### 3. Climat

L'arboretum de Draa Naga, se trouve sur les étages bioclimatiques semi-aride et subhumide. Le climat de la région de Draa Naga se caractérise par un été chaud et sec, et un hiver froid et humide avec une pluviométrie annuelle de 700 mm.

### 4. Sol

Le type du sol de la station forestière de Draa Naga est silico-argileux.

Dans notre étude, les parcelles concernées par cet inventaire sont celles des résineux, et elles sont numérotées comme suit: parcelle 2 (*Pinus laricio var.corsicana*); 13 (*Cupressus arizonica*); 49 (*Pinus jeffreyi*) et 72 (*Pinus radiata*) (Carte 2).



Carte 2. Localisation des parcelles étudiées

## II. Intégration des images satellitaires dans le SIG

### 1. Élaboration du plan parcellaire de l'arboretum

Après avoir intégré les images satellitaires dans le SIG, on a procédé à une digitalisation des 77 parcelles de l'arboretum. La figure 5 montre le résultat final de la digitalisation des parcelles par le logiciel ARCGIS 10.

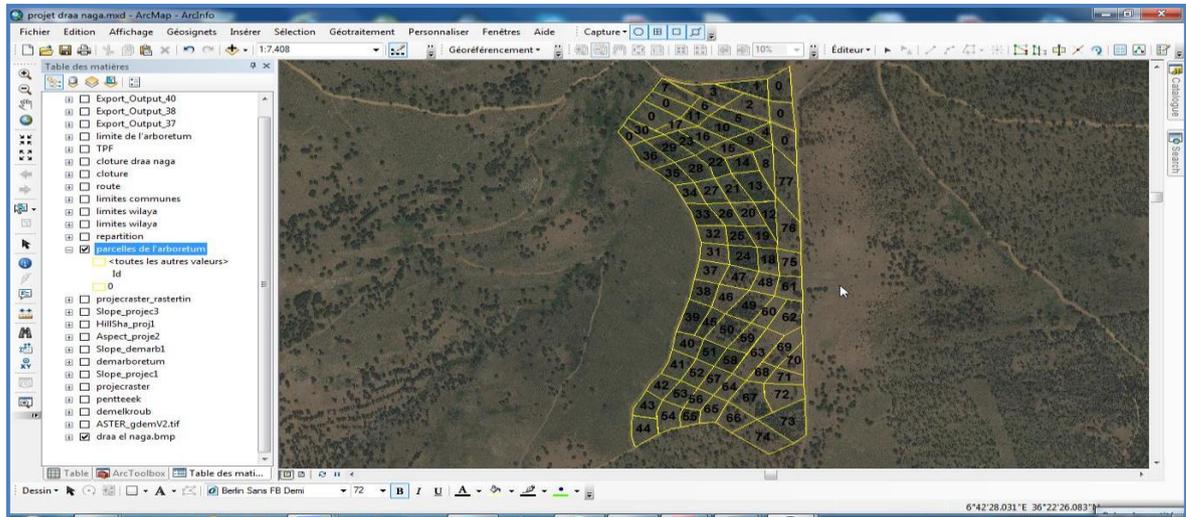


Figure 5. La digitalisation des parcelles à partir de l'image satellitaire.

### 2. Élaboration des différentes cartes/ plans de l'arboretum

Après avoir intégré toutes les données du terrain dans le SIG, on a procédé à l'élaboration de la carte qui représente des parcelles concernées (P2, P13, P49, P72) par cette étude selon plusieurs critères (espèces, Type, familles). La figure 6 démontre la technique de symbologie.

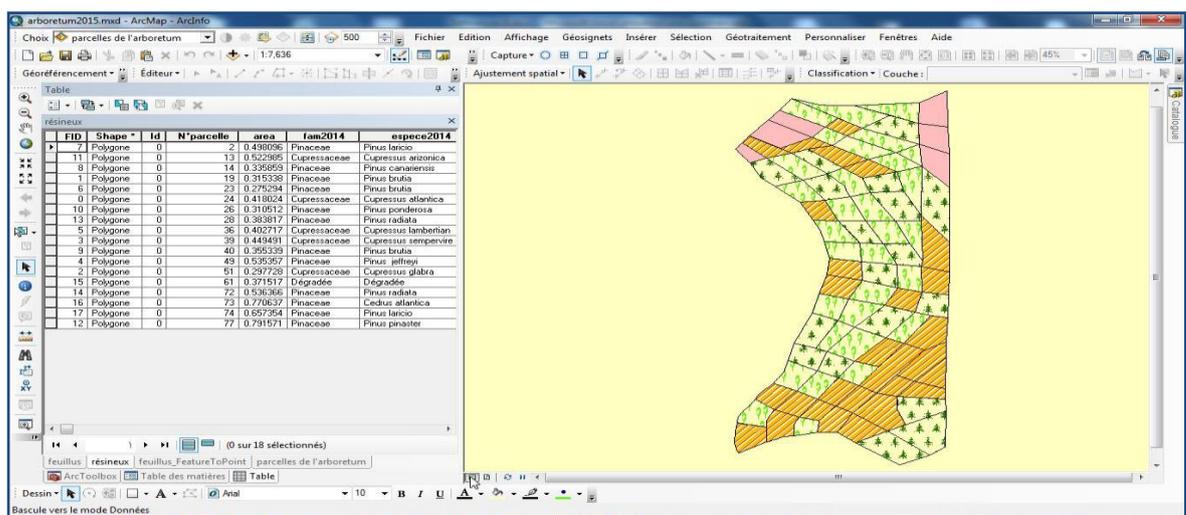


Figure 6. Elaboration des cartes thématiques par la fonction symbologie (ARCGIS10).

### **III. Méthode d'approche**

#### **1. Étude et synthèse bibliographique**

La documentation est une étape cruciale avant toute descente sur terrain, le but étant de déterminer le milieu d'étude en général. En effet, de son efficacité dépendra la marge d'erreur sur terrain.

L'investigation bibliographique s'est résumée :

- À la consultation d'ouvrages documentaires;
- À la navigation sur web pour télécharger les publications scientifiques et pour actualiser la systématique botanique et les cartes.

#### **2. Récolte de données**

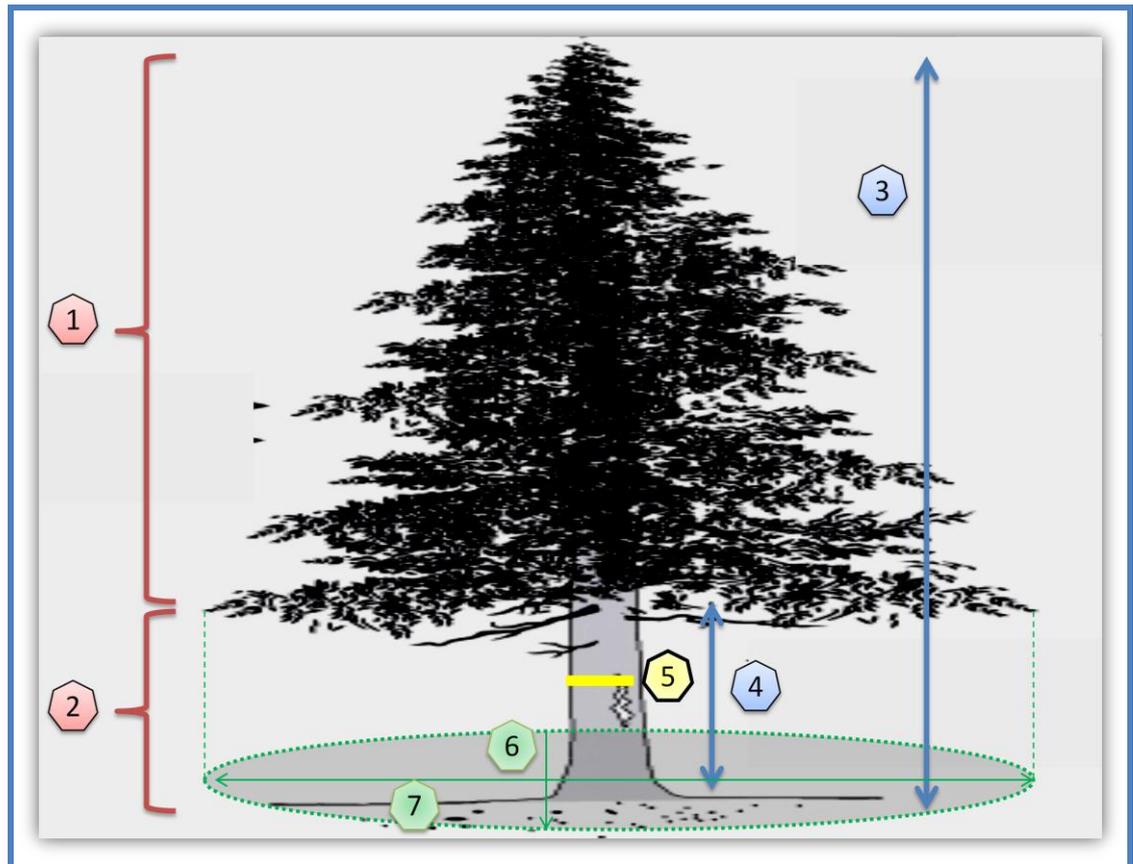
L'arboretum de Draa Naga est subdivisé en 77 parcelles, la délimitation des parcelles traitées se fait à l'aide des layons qui les séparent (figure 7.a). Toutes les arbres inventoriés ont été marqués à la peinture blanche (figure 7.d).



**Figure 7.** Étapes suivies pour la réalisation d'un inventaire forestier

Il s'agissait d'effectuer des travaux de dendrométrie afin d'apprécier l'arboretum et de l'analyser.

Les paramètres dendrométriques mesurés sont le diamètre DHP à 1.30m du sol, la circonférence, le petit diamètre  $Dh_1$  (m) et le grand diamètre  $Dh_2$  (m) du houppier, la hauteur du fût  $H_f$  (m) et la hauteur totale  $H_t$  (m) de l'arbre (figure 8). La fiche de prélèvement sur terrain et le matériel utilisé (voir annexe 1 et 2).



**Figure 8.** Paramètres dendrométriques mesurés sur terrain : houppier (1); tronc (2) ; hauteur totale (3) ; hauteur du fût (4); diamètre et circonférence à 1.30m (5); petit diamètre  $Dh_1$  (6) ; grand diamètre  $Dh_2$  (7) du houppier.

## 2.1. Faune

Pour la faune, il consiste à relever les photos de chaque animal observé (repérer visuellement ou par écoute la faune, ou bien observer leurs traces), puis reconnaître le nom vernaculaire. Ce relevé de la faune de l'arboretum a été réalisé en parallèle avec le relevé de végétation.

### **3. Traitement et analyse des données**

#### **3.1. Analyse structurale**

Elle a pour but d'étudier la structure floristique qui renseigne sur les caractéristiques des essences le composant (richesse et diversité floristique), et la structure spatiale des formations végétales notamment les structure horizontale et verticale du peuplement, afin d'obtenir des indicateurs sur ses caractéristiques sylvicoles.

##### **3.1.1. Structure floristique**

Elle concerne la composition et la diversité floristique.

###### **3.1.1.1. La composition floristique**

Elle est représentée par la liste floristique de toutes les espèces rencontrées à l'intérieur des dispositifs d'inventaire mis en place (Fournier et Sasson, 1983).

###### **3.1.1.2. La diversité floristique**

C'est la manière dont les espèces se répartissent entre les individus présents. Elle a été évaluée à l'aide du coefficient de mélange (CM) qui est le rapport du nombre de tiges au nombre d'espèces, et les indices de diversité. Ce le coefficient est exprimé généralement sous forme d'un rapport 1/N où N donne le nombre de tiges (Rajoelison, 1997).

Selon Rajoelison (1997), le coefficient de mélange est donné par la formule :

$$\text{CM} = \frac{\text{Nombre d'espèces}}{\text{Nombre total de tiges inventoriées}}$$

Trois indices intégrant cette notion sont fréquemment utilisés : l'indice de diversité de Shannon-Wiener  $H'$ , l'indice d'équitabilité de Piélou (EQ) et l'indice de diversité de Simpson.

###### **3.1.1.2.1. Indice de diversité de Shannon-Wiener $H'$**

Il dérive de la théorie de l'information et mesure l'entropie d'un échantillon, soit la «Saturation» de la communauté (Kent et Coker, 1992 in Beina, 2011). Il indique la richesse en espèces au sein d'un écosystème local (Mangambu, 2014).

Il se calcule à partir de la formule suivante (Ramade, 1994).

$$H' = -S \left( \frac{n_i}{N} \right) * \ln \left( \frac{n_i}{N} \right)$$

Où :  $H'$  : indique la richesse, varie de 0 à 1 ;  $S$  : le nombre d'espèce;  $n_i$  : le nombre d'individus d'espèce  $i$ ;  $N$  : le nombre total de tiges.

### 3.1.1.2.2. Indice d'équitabilité de Pielou (EQ)

Il est déduit de l'indice de diversité de Shannon-Wiener  $H'$ , cet indice mesure l'équitabilité par rapport à une répartition théorique égale pour l'ensemble des espèces (Beina, 2011). C'est le rapport de la diversité d'un peuplement ou d'un échantillon et le nombre  $N$  d'espèces présentes. Il exprime la régularité, la répartition équitable des individus au sein des placettes (Mangambu, 2014).

Il est donné par la formule suivante :

$$R = \frac{H}{H_{max}}$$

Dont :

$R$  = régularité (= equitability) varie de 0 à 1 ;

$H$  = indice de Shannon-Weaver = diversité spécifique observée

$H_{max} = \text{Log}_2 S$  = diversité spécifique maximale

$S$  = nombre total d'espèces

La régularité d'un échantillon est le rapport de sa diversité à la diversité maximale pouvant être obtenue avec le même nombre de taxons.

### 3.1.1.2.3. Indice de diversité de Simpson

Cet indice donne une valeur cumulative de la densité relative de toutes les espèces présentes dans la parcelle d'étude. Il est exprimé par la formule suivante (Rajoelison, 1997):

$$D_s = 1 - S \left( \frac{n_i}{N} \right)^2$$

Dont :

$S$  : le nombre d'espèce

$n_i$  : le nombre d'individus d'espèce  $i$

$N$  : le nombre total de tiges.

Si  $D_s$  est très bas (0.25 par exemple), on peut dire que la population est définie par quelques espèces abondantes. Le peuplement est alors peu diversifié ou assez homogène

### 3.1.2. Structure spatiale

Une manière simple de définir la structure d'un peuplement est de dire qu'elle représente l'organisation verticale et horizontale (spatiale) des différents éléments qui le constituent (Pommerening, 2002 in Ngo bieng, 2007).

#### 3.1.2.1. Analyse horizontale

Elle permet d'évaluer les paramètres quantitatifs suivants: l'abondance, la dominance et la contenance.

##### 3.1.2.1.1 Abondance

Elle permet d'avoir une estimation de la densité du peuplement tel que l'abondance absolue et relative.

L'abondance ou densité absolue c'est le nombre d'individus à l'hectare (Rakotomalala, 2008). Donnée par la formule suivante :

$$A = \frac{N * 1ha (10.000 m^2)}{S}$$

Dont :

N : le nombre total de tiges

S: La superficie de la parcelle

L'abondance relative, qui donne le pourcentage d'une essence par rapport au nombre total des tiges est donnée par la formule (Rajoelison, 1997 in Rakotomalala, 2008):

$$A_i (\%) = (N_i / N) * 100$$

Dont :

N<sub>i</sub> : le nombre d'individus d'espèce i ;

N : le nombre total de tiges.

##### 3.1.2.1.2. Dominance

La dominance absolue permet d'avoir une idée sur le degré de remplissage de la forêt, elle évalue la surface terrière G de peuplement (Rakotomalala, 2008).

La dominance qui est révélée par la surface terrière G en m<sup>2</sup>/ha (surface de la section transversale de son tronc à 1.30 m de hauteur, pour un peuplement, c'est la somme des surfaces terrières de tous les arbres qui le composent).

Elle est calculée par la formule :

$$G = \sum g_i = \sum \pi d^2/4$$

$g_i$  : surface terrière de chaque individu en  $m^2$

$d$  : diamètre à hauteur poitrine de l'arbre en m

La dominance relative est le rapport de la surface terrière occupée par une espèce ou une famille à la surface terrière totale multipliée par 100 (Mangambu, 2014), elle a été obtenue par la formule (Rajoelison, 1997 in Rakotomalala, 2008):

$$G \% = (G_i / G) * 100$$

$G_i$  : surface terrière de chaque individu en  $m^2$

$G$ : dominance absolue

### **3.1.2.1.3. Contenance**

Elle permet de déterminer la potentialité de la forêt soit le volume de la biomasse totale. Dépendante de la surface terrière et de la hauteur des individus, elle est différente pour chaque type de formation. La contenance qui s'exprime en  $m^3$  par hectare est donnée par la formule (Rakotomalala, 2008):

$$V = \sum v_i = \sum [g_i * h_i] * 0.53$$

$h_i$  : hauteur totale de l'arbre en m

0.53= Coefficient de forme si DHP > 35, par contre 0,51 si DHP < 35 (Rakotondrazafy, 2008).

### **3.1.2.2. Analyse verticale**

Elle a été déterminée afin d'avoir le profil structural, visualisant le degré de recouvrement ou de fermeture qui est en étroite relation avec la pénétration de la lumière dans le sous-bois. Cette dernière est parmi les facteurs qui déterminent l'installation de la régénération naturelle (Rakotomalala, 2008). D'autre part, cette analyse verticale fait ressortir la structure des hauteurs répartissent les espèces en nombre de tiges par classe de hauteurs

### **3.1.3. Structure totale**

La structure totale désigne la distribution du nombre d'arbres suivant des classes de diamètre, toutes les espèces réunies. En fait, la structure totale donne une idée sur la structure générale du peuplement (Ramalanjaona, 2013), elle renseigne sur la variabilité du nombre de tiges d'une classe de diamètre à l'autre (Rasatatsihoarana et Randriananjatsoa, 2009).

### **3.2. Analyse des principales essences**

Cette analyse permet de ressortir le tempérament des essences/espèces pour chaque phase de la succession végétale. Pour ce faire, la fréquence relative est rencontrée et exprimée en pourcentage, il en est de même pour l'abondance relative et la dominance relative.

La fréquence relative des espèces est le pourcentage d'unité d'échantillonnage contenant l'espèce ( $n_i$ ) par rapport au nombre total ( $N_i$ ) d'unité d'échantillonnage (Rakotondrazafy, 2008):

$$\mathbf{Fr = n_i / N_i *100}$$

À partir de ces données, l'indice de valeur d'importance (IVI) est calculé pour déterminer les essences les plus dominantes.

Les espèces ayant les IVI les plus élevés ( $IVI \geq 50\%$ ) sont considérées comme « principales essences » (Rajoelison, 1997).

La formule permettant de calculer cet indice est:

$$\mathbf{IVI \% = N\% + G\% + F\%}$$

Dont:

N% : abondance relative ;

G% : dominance relative ;

F% : fréquence relative.

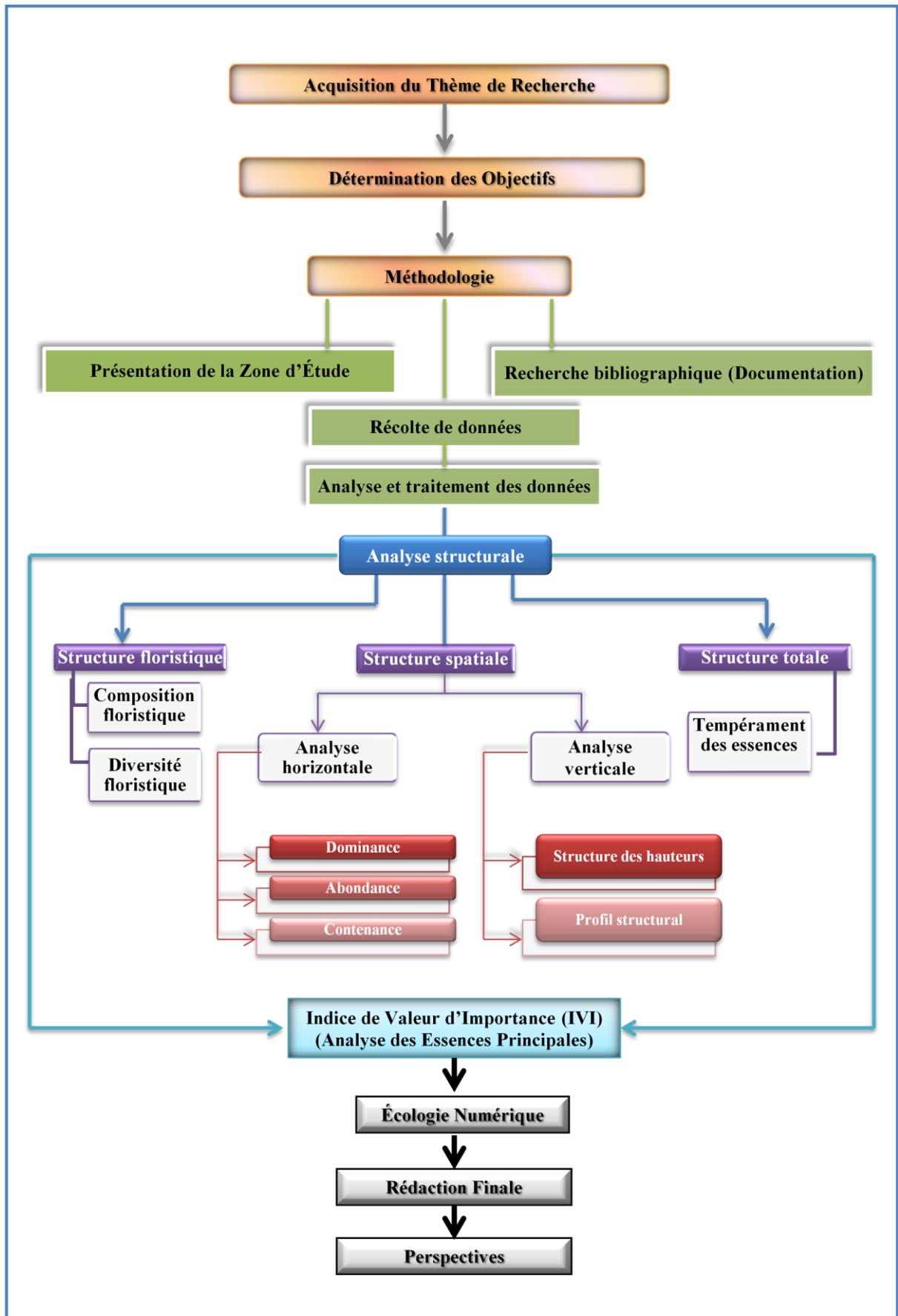


Figure 9. Synthèse de la démarche méthodologique

# **RÉSULTATS & DISCUSSION**

## État écologique actuel de l'arboretum

L'état écologique de l'arboretum, défini à travers les résultats qui suivent, constitue l'état zéro ou état de référence. Ce dernier se définit comme l'ensemble des valeurs de ses variables d'entrée, d'état ou de sortie à un temps  $t_0$ . C'est aussi la manière dont ses sous-systèmes interagissent à ce moment donné, qui est l'instant de référence pour une future analyse des interactions à un instant  $t_1$  (Robisoa *et al.*, 2008).

Les données avancées s'agissent d'une description d'un état de référence de l'arboretum pour cette année 2015 ( $t_0$ ), cet « état écologique » est déterminé au sens quantifiable à travers les paramètres sylvicoles pour la flore, et l'observation de la faune.

Les parcelles concernées par cette étude sont celles des résineux et qui sont numérotées comme suit : Parcelle 02 ; Parcelle 13 ; Parcelle 49 et Parcelle 72.

Pour la flore, le nombre total d'individus inventoriés est de 585 tiges, soit une surface totale d'inventaire de 2.09 ha. Pour la régénération, on a recensé 15 tiges.

### 1. Analyse structurale

#### 1.1. Structure floristique

##### 1.1.1. Composition floristique

Les espèces plantées sont restées les mêmes à l'état actuel, sauf pour la parcelle 49 où le peuplement d'*Alnus incana* (feuillus) ; a totalement disparu par la succession d'incendies et de sécheresse. Cette dernière est entièrement convertie en peuplement de *Pinus juffreyi* à l'issue d'une replantation en 1966 (Tableau 1).

**Tableau 1.** Liste des espèces de résineux

P	Plantation originelle	Année de plantation	Nombre initial	Espèce actuelle	N	arbres morts	N/Ha	Année d'inventaire
<b>P2</b>	<i>P. laricio</i>	1954	1000	<i>P.laricio</i>	6	00	12	2015
<b>P13</b>	<i>C.arizonica</i>	1955	1460	<i>C.arizonica</i>	268	53	515	2015
<b>P49</b>	<i>A.incana</i>	1966	230	<i>P.jeffreyi</i>	9	01	17	2015
<b>P72</b>	-	-	-	<i>P.radiata</i>	22	00	41	2015

### 1.1.1.1. Composition floristique selon les classes de diamètre

D'après le tableau 2, les classes de diamètre ont certes une influence sur la structure floristique. Pour les parcelles 2 et 49, la plupart des tiges appartiennent à la classe  $[27,5 < d \leq 42,5]$ . Ces parcelles contiennent un nombre de tiges très petits c'est-à-dire pas de concurrence entre les arbres ce qui favorise un bon développement en diamètre. Pour la parcelle 72; les tiges appartiennent à la classe  $[7,5 < d \leq 17,5]$ .

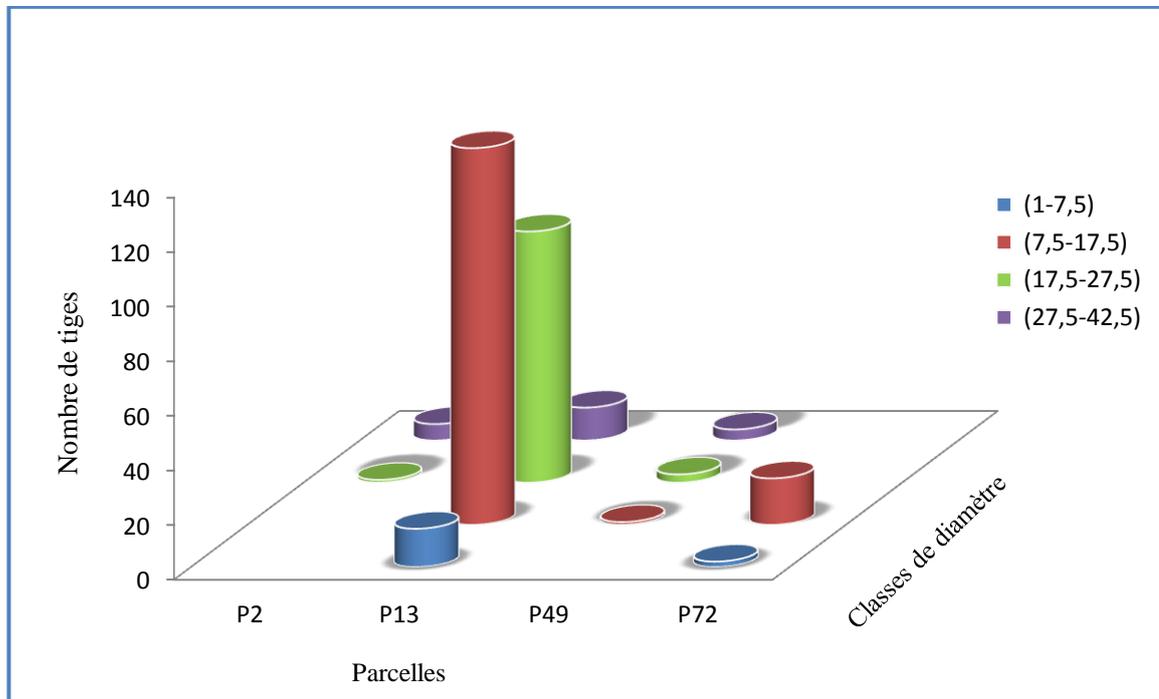
Alors que les tiges de la parcelle 13 se répartissent sur toutes les classes, ce qui donne une idée sur sa formation; elle se caractérise par une très forte concurrence entre les tiges ce qui empêche le développement en diamètre (développement en hauteur à la recherche de la lumière).

Les tiges qui se trouvent aux bords et au centre de cette parcelle (centre témoin une dégradation avec plusieurs coupes illicites et travaux sylvicoles) ont un diamètre plus important qui varie entre 17.5 et 42.5 cm.

**Tableau 2.** Composition floristique des résineux selon les classes de diamètre

P	Espèce	Classes de diamètre				
		$1 < d \leq 7,5$	$7,5 < d \leq 17,5$	$17,5 < d \leq 27,5$	$27,5 < d \leq 42,5$	$42,5 < d \leq 62,5$
2	<i>P. nigra var. corsicana</i>	00	00	01	05	00
13	<i>C.arizonica</i>	14	138	92	12	00
49	<i>P. jeffreyi</i>	00	01	03	04	01
72	<i>P. radiata</i>	02	17	00	00	00

Le diagramme si - après montre la distribution des tiges selon les classes de diamètre pour chaque parcelle :



**Figure 10.** Diagramme représentant la composition floristique des parcelles selon les classes de diamètre.

### 1.1.2. Diversité floristique

Elle montre la répartition des espèces entre les individus présents. Elle est exprimée par le Coefficient de Mélange (CM) et les indices de diversité.

D'après le tableau 3; le coefficient de mélange (CM) est très faible,

L'indice de diversité de Simpson ( $D_s$ ) qui est égale à 0, et les indices de diversité de Shannon ( $H'$ ) et de Pielou ( $E$ ) qui sont également trop faibles aussi variant entre 0 et 0.2 indiquent que la zone d'étude est pauvre en diversité floristique (l'arboretum a donc tendance à être très homogène).

**Tableau 3.** Coefficient de mélange et indices de diversité floristique

Parcelle	CM	$D_s$	$H'$	$E$
<b>P2</b>	$1/12 = 0.08$	00	0.08	0.06
<b>P13</b>	$1/515 = 0.002$	00	0.11	0.08
<b>P48</b>	$1/17 = 0.06$	00	0.10	0.07
<b>P57</b>	$1/41 = 0.02$	00	0.19	0.13

## 1.2. Structure spatiale

### 1.2.1. Structure horizontale

#### 1.2.1.1. Abondance, Dominance et Contenance

L'étude de l'abondance dans chaque parcelle est très intéressante. Elle s'exprime par le nombre de tiges à l'hectare. D'après le tableau 4, le nombre de *Cupressus arizonica* dans la parcelle 13 est le plus élevé avec 515 individus soit 88.03%; alors que parcelle 2 présente une densité faible avec 12 tiges à l'hectare (2.05%).

Concernant la dominance (D.a et D.r) et la contenance (C.a et C.r), la parcelle 13 présente toujours les valeurs les plus élevées, ceci est dû à la forte densité par rapport aux autres parcelles.

Malgré que la parcelle 72 vient en 2<sup>ème</sup> position après la parcelle 13 avec un nombre de tiges assez élevé (41 tiges/ha soit 7.01%), les valeurs de la dominance (0.34 m<sup>2</sup>/ha soit 2.44%) et la contenance (V = 0.51 m<sup>3</sup>/ha, soit 1.24%) restent faibles par rapport à celles des autres parcelles. Ces résultats sont essentiellement dus à l'abondance des arbres de petites tailles (diamètre et hauteur).

**Tableau 4.** Abondance, Dominance et Contenance

P	D (cm)	H (cm)	A.a (N/ha)	A.r (%)	D.a (m <sup>2</sup> /ha)	D.r (%)	C.a (m <sup>3</sup> /ha)	C.r (%)
P2	34.02	18.42	12	2.05	1.11	8.34	5.37	13.04
P13	16.99	9.65	515	88.03	12.92	0.19	32.08	77.92
P49	28.12	9.08	17	2.91	1.22	5.86	3.21	7.80
P72	10.03	5.94	41	7.01	0.34	2.44	0.51	1.24

La figure 11 récapitule les résultats obtenus avec des secteurs qui montrent: la dominance; l'abondance et la contenance des parcelles où on remarque nettement que le Cyprès de l'Arizona (*Cupressus arizonica*) est l'espèce la plus dominante et qui peut offrir la plus grande quantité de bois.

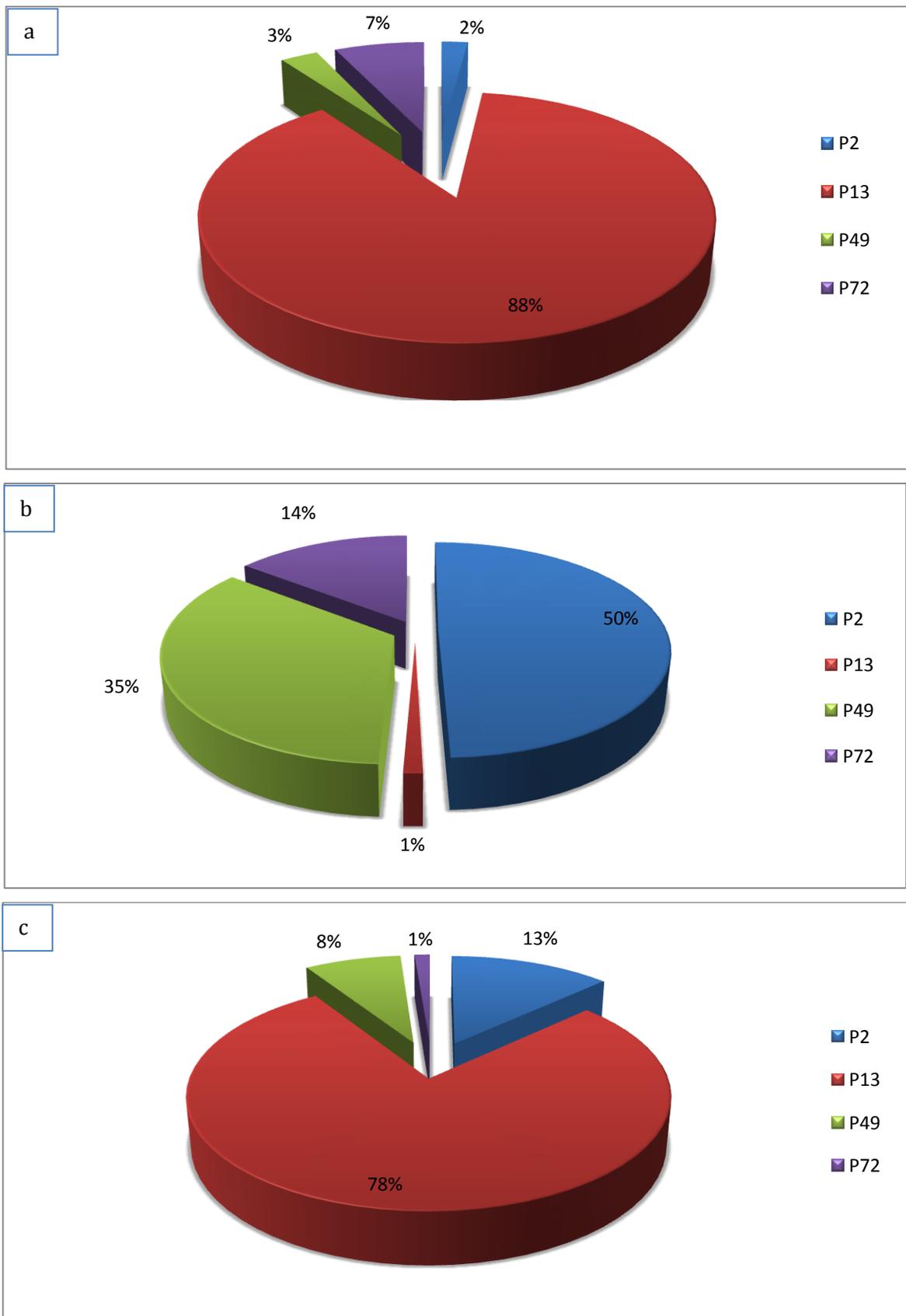


Figure11. Dominance, Abondance et Contenance des parcelles étudiées

## 1.2.2. Structure verticale

### 1.2.2.1. Structure des hauteurs

La structure des hauteurs est donnée par la distribution du nombre de tiges par classe de hauteur (Tableau 5) et qui renseigne sur la structure verticale du peuplement.

**Tableau 5.** Répartition du nombre de tiges selon les classes de hauteur

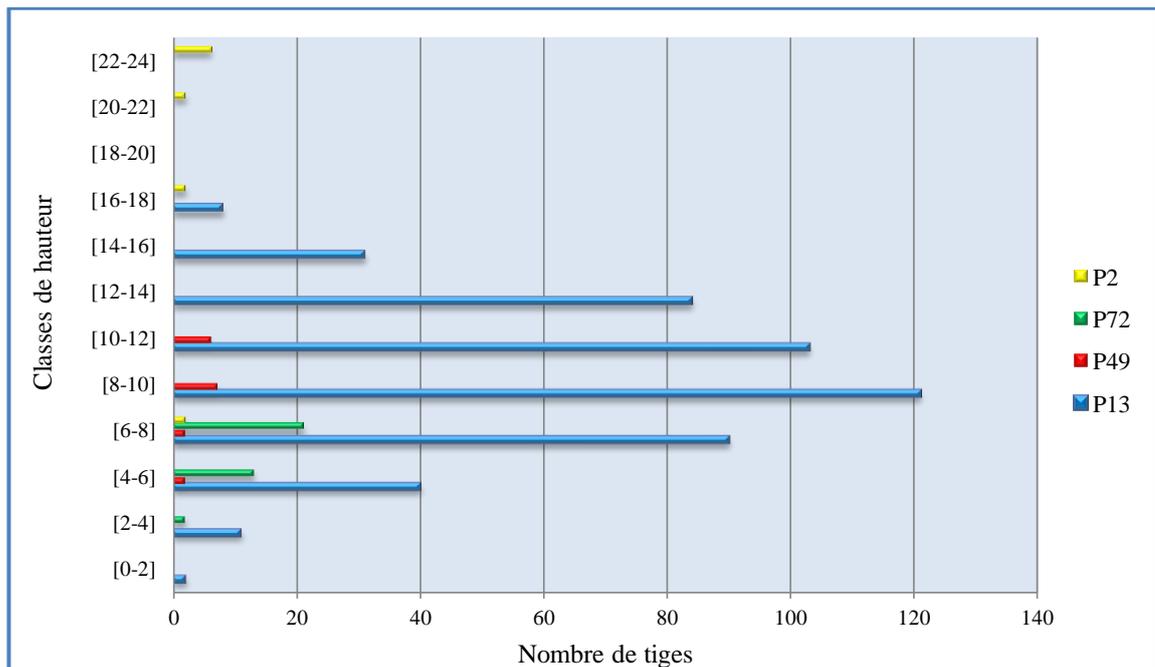
Classe p	[0-2]	[2-4]	[4-6]	[6-8]	[8-10]	[10-12]	[12-14]	[14-16]	[16-18]	[18-20]	[20-22]	[22-24]
P2	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	2	6
P13	2	11	40	90	121	103	84	31	8	0	0	0
P49	0	0	2	2	7	6	0	0	0	0	0	0
P72	0	2	13	21	0	0	0	0	0	0	0	0

Selon la figure 12, cette structure étagée comprend souvent trois strates :

- **La strate supérieure** continue formant la voûte forestière à une hauteur de plus de 14m. Elle est de faible densité et est composée notamment par *Cupressus azizonica*, Les émergents (arbres plus de 20m de hauteur) se font rares. elle est surtout composée par *Pinus nigra var.corsicana*.

- **La strate intermédiaire** qui est très abondante. Elle englobe les arbres des classes de hauteur comprises entre 8 et 14m de hauteur. Dans la strate intermédiaire on rencontre respectivement les espèces: *Cupressus azizonica*, de l'espèce *Pinus radiata*, l'espèce *Pinus jeffreyi* et quelques tiges de *Pinus nigra var.corsicana*.

- **La strate inférieure** constituée par les arbres de tempérament sciaphile, elle est représentée par les espèces: *Cupressus azizonica*; *Pinus jeffreyi* et *Pinus radiata*.



**Figure 12.** Histogramme représentant la distribution de nombres de tiges par classe de hauteur dans les quatre parcelles d'étude

### 1.2.2.2. Profil structural

Le profil structural présente la stratification verticale de la formation forestière. Il renseigne sur la hauteur du peuplement, son degré de fermeture, la densité, l'étalement des houppiers et l'étagement de la végétation.

Etant donné que la parcelle 13 est la plus dense par rapport aux autres parcelles étudiées, c'est pour cette raison qu'elle est choisie pour le profil structural (figure 13).

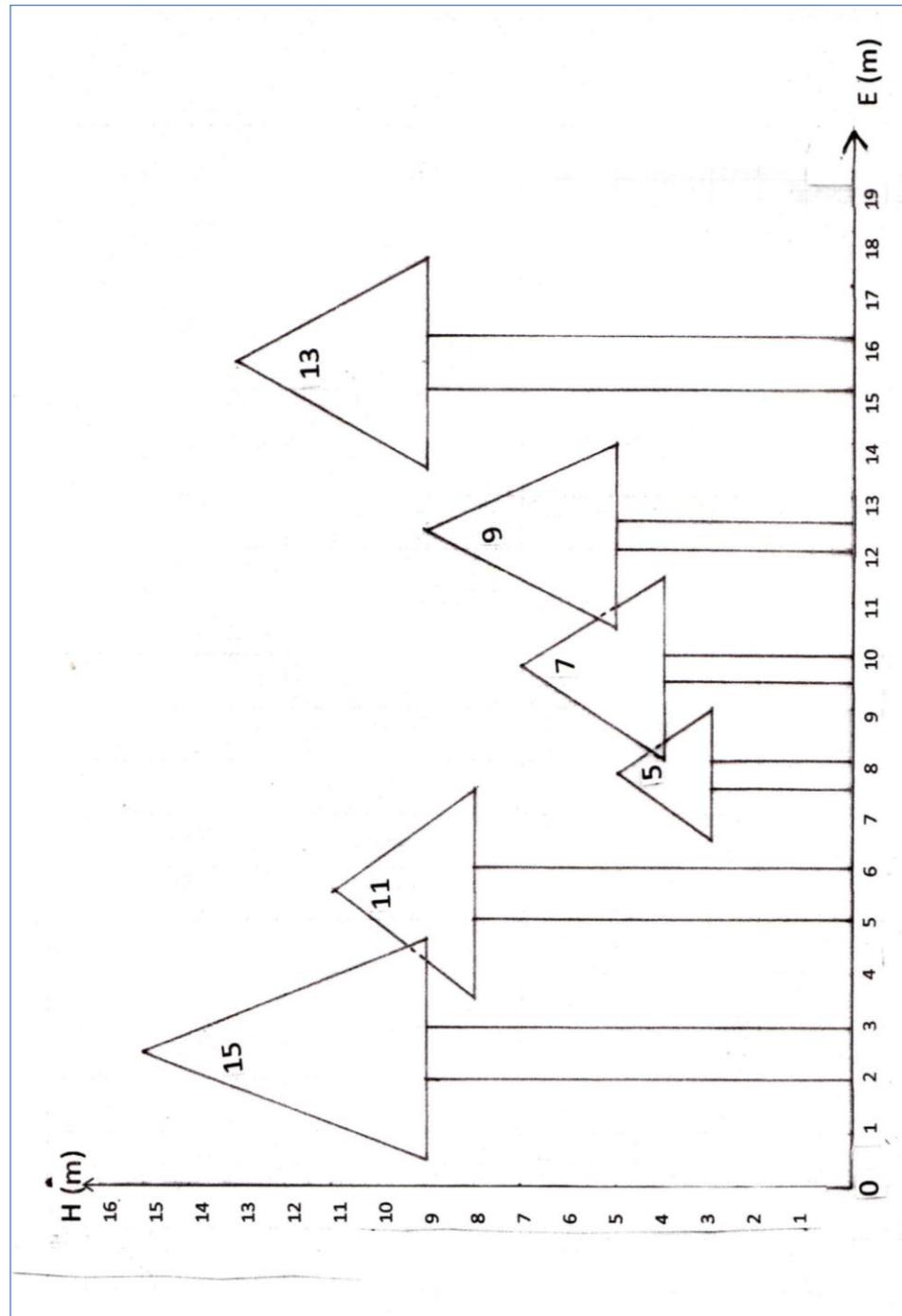


Figure 13. Profil structural de la parcelle 13 (*Cupressus arizonica*)

### 1.3. Structure totale

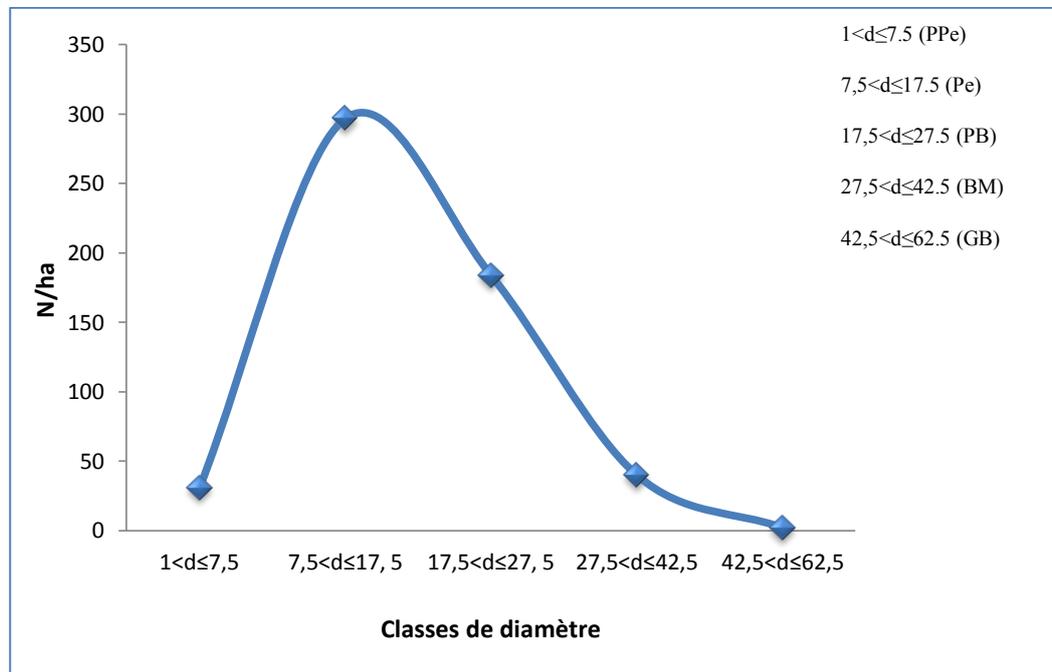
La structure totale désigne la distribution du nombre de tiges suivant les classes de diamètre. Elle renseigne sur la variabilité du nombre de tiges d'une classe de diamètre à l'autre.

**Tableau 6.** Nombre de tiges à l'hectare par classe de diamètre

Classe	$1 < d \leq 7.5$	$7.5 < d \leq 17.5$	$17.5 < d \leq 27.5$	$27.5 < d \leq 42.5$	$42.5 < d \leq 62.5$
N/ha	31	297	184	40	2

D'après la figure 14, les arbres de petites dimensions sont les plus abondants dont le diamètre est varié entre 7.5 et 17.5cm. Le nombre de tiges diminue au fur et à mesure que le diamètre augmente. Cet état de fait est attribué surtout à l'existence d'une sélection naturelle (due à la concurrence des individus vis à vis des facteurs de croissance comme la lumière et le sol) et au tempérament même de chaque espèce, sans compter l'état de dégradation des parcelles (Rasatatsihoarana et Randriananjatsoa, 2009).

L'allure de la courbe indique que les parcelles étudiées ne comportent pas un grand nombre de tiges en état de régénération naturelle (Ramalanjaona, 2013).



**Figure 14.** Variation du nombre de tiges suivant les classes de diamètre

## 2. Analyse des principales essences

L'objectif de cette analyse est de déterminer les essences principales c'est-à-dire les espèces les plus abondantes au niveau de l'arboretum. Le but de l'analyse des principales essences est d'étudier la répartition, l'abondance, le comportement, le tempérament des essences qui peuvent assurer un potentiel de production.

À partir de la fréquence relative; la dominance relative et l'abondance relative, l'indice de valeur d'importance (IVI) est calculé pour déterminer les essences les plus dominantes.

Dans la présente étude, seule l'espèce *Cupressus azizonica* (P13) est considérée comme une essence principale avec un pourcentage > 100%. Pour les autres espèces ne sont pas des essences principales car leurs IVI est < à 50% (il varie entre 30 et 40%).

**Tableau 7.** Indice de valeur d'importance

Paramètre Parcelle	D.r (%)	A.r (%)	F.r (%)	IVI (%)
<b>P02</b>	8.34	2.05	25	35.39
<b>P13</b>	0.19	88.03	25	<b>113.22</b>
<b>P49</b>	5.86	2.91	25	37.77
<b>P72</b>	2.44	7.01	25	34.47

### 3. Faune de l'arboretum

Le tableau 8 et la figure 15 représentent les espèces fauniques rencontrées soit par traces (figure 15a), par écoute (figure 15b) ou visuellement (figure 15c et d).

**Tableau 8.** Liste des espèces faunistiques rencontrées

Nom Commun	Nom scientifique	Famille	Parcelle
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	<i>Columbidae</i>	P13
Cigale	<i>Cicadoidea</i>	<i>Cicadidae</i>	/
Lézard	/	<i>Lacertidae</i>	P72
Vache	<i>Bos taurus</i>	<i>Bovidae</i>	P13 , P72

L'arboretum constitue ainsi un endroit de passage ou lieu de quête de nourriture pour les animaux (surtout les vaches) ou à la rigueur un refuge.



**Figure 15.** Espèces faunistiques rencontrées à l'arboretum

## 4. Écologie numérique

### 4.1. Description des données

Le tableau 9 présente la moyenne plus ou moins l'écart-type calculés pour chacun des 12 paramètres mesurés sur l'ensemble des individus des résineux existant dans quatre parcelles de l'arboretum de Draa Naga; ces résultats permettent d'observer la variation de la moyenne de chacune des variables pour les différentes parcelle étudiées.

Ce même tableau synthétise les résultats de la description en présentant uniquement les moyennes minimale ( $\bar{x}_{\min}$ ) et maximale ( $\bar{x}_{\max}$ ), ces deux valeurs extrêmes donnent une idée sur l'étendue des moyennes par variable étudiée sur les individus 4 espèces appartenant aux quatre sites étudiées.

**Tableau 9.** Statistiques descriptives

Variable	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
<b>D</b>	4	10.0300	34.0200	22.2900	10.8009
<b>H</b>	4	5.9400	18.4200	10.7725	5.3529
<b>A.a</b>	4	12.0000	515.0000	146.2500	246.1590
<b>A.re</b>	4	2.0500	88.0300	25.0000	42.0757
<b>D.a</b>	4	0.3400	12.9200	3.8975	6.0277
<b>D.r</b>	4	0.1900	8.3400	4.2075	3.6089
<b>C</b>	4	0.5100	32.0800	10.2925	14.6604
<b>C.r</b>	4	1.2388	77.9208	25.0000	35.6095
<b>IVI</b>	4	34.4700	113.2200	55.2125	38.6967
<b>CM</b>	4	0.0020	0.0800	0.0405	0.0358
<b>H'</b>	4	0.0800	0.1900	0.1200	0.0483
<b>E</b>	4	0.0600	0.1300	0.0850	0.0311

### 4.2. Régression linéaire

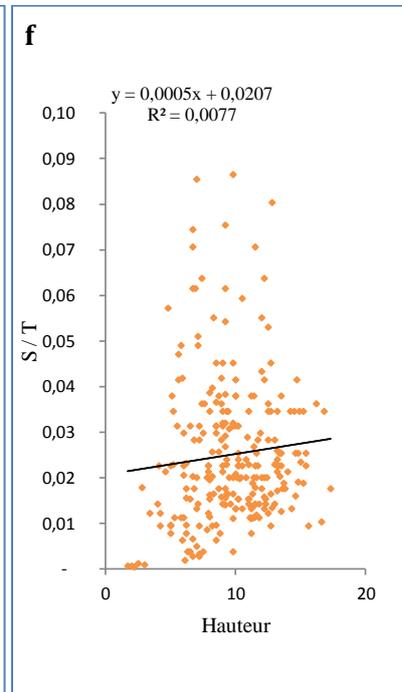
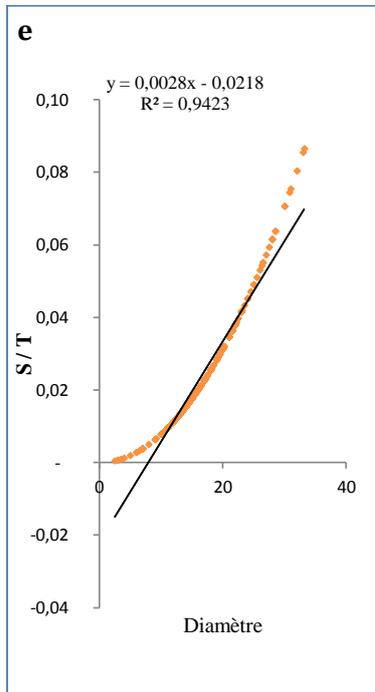
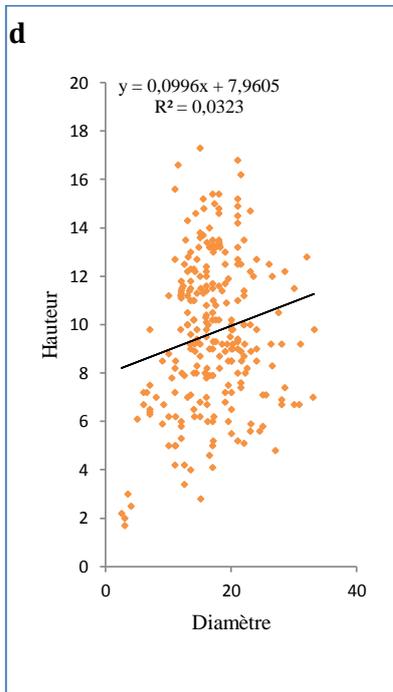
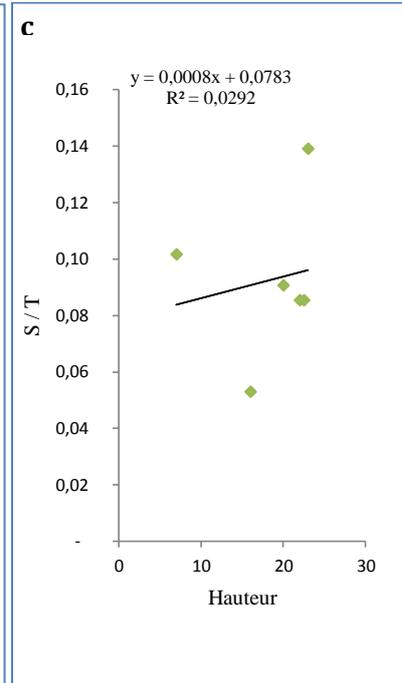
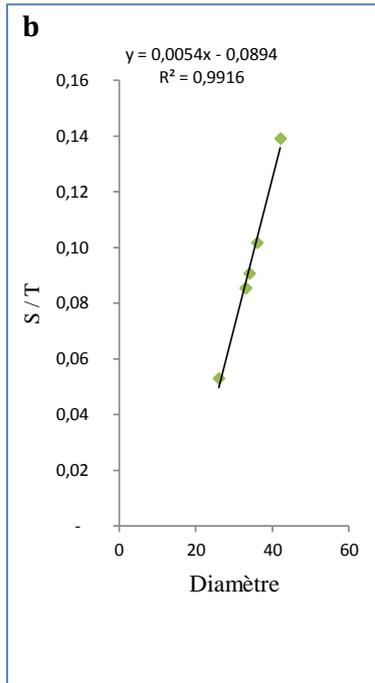
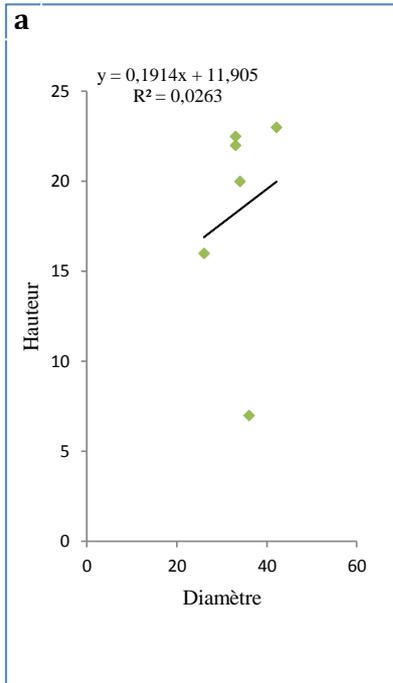
D'après le résultat analytique obtenu (tableau 10), les corrélations entre les paramètres dendrométriques étudiés sont significantes pour diamètre/surface terrière où on remarque que les corrélations entre ces deux paramètres dans les 4 parcelles est très hautement significatif ( $r \approx 1$ ); ces fortes corrélations s'expliquent par une stabilisation considérable de la morphologie pour chaque arbre dans la parcelle.

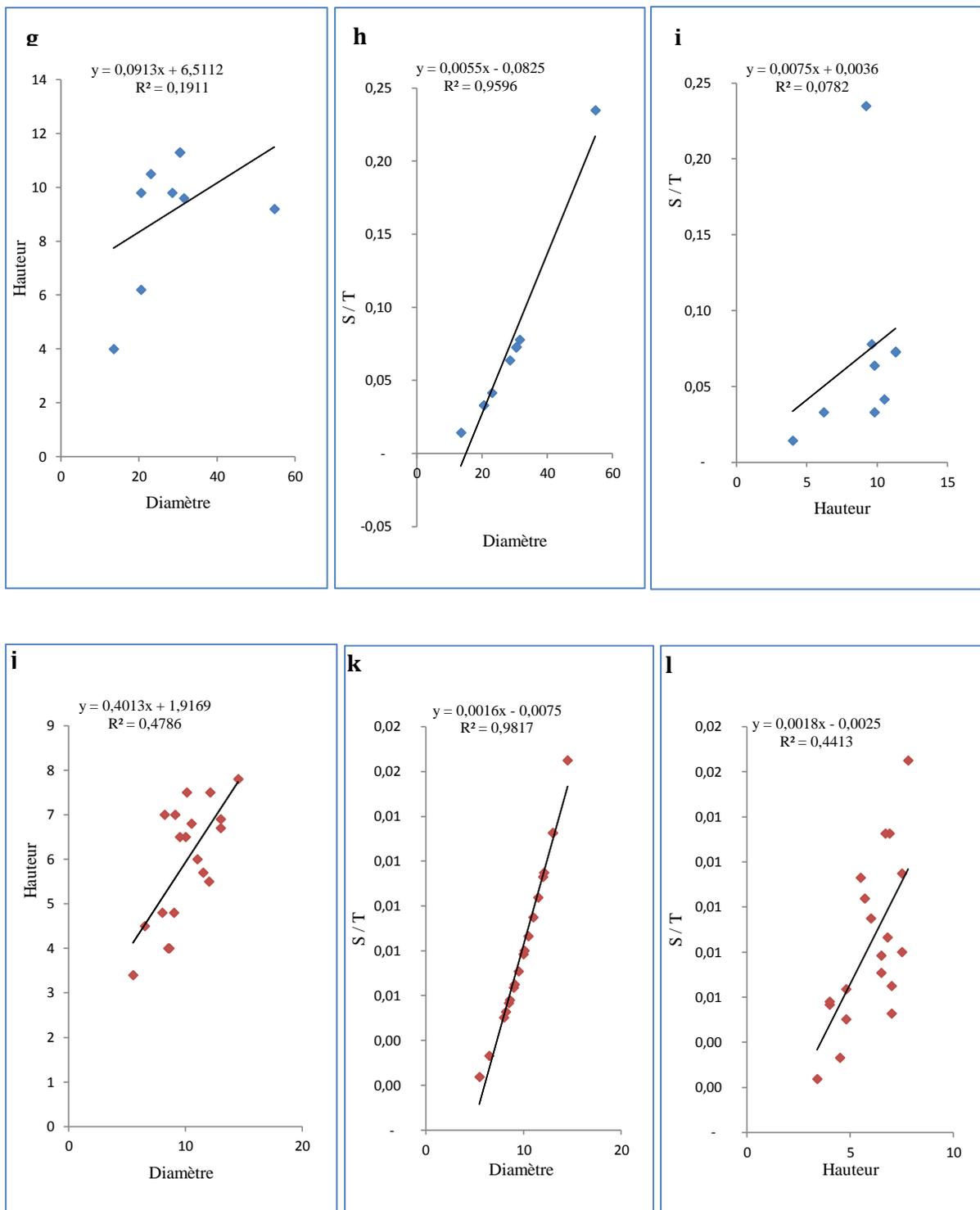
A l'exception de la parcelle 72 où toutes les corrélations sont significatives à très hautement significatif ( $0.6 < r < 0.99$ ) pour diamètre/hauteur et hauteur/surface terrière, pour les parcelles restantes, ces corrélations ne sont pas significatives.

**Tableau 10.** Corrélations entre les paramètres dendrométriques mesurés dans chaque parcelle

Parcelle 2			
Les mesures	Equation de régression	R <sup>2</sup>	"r"
Diamètre / Hauteur	$y = 0.1914x + 11.905$	R <sup>2</sup> = 0.0263	0.16
Diamètre/surface terrière	$y = 0.0054x - 0.0894$	R <sup>2</sup> = 0.9916	0.995
Hauteur/surface terrière	$y = 0.0008x + 0.0783$	R <sup>2</sup> = 0.0292	0.17
Parcelle 13			
Les mesures	Equation de régression	R <sup>2</sup>	"r"
Diamètre / Hauteur	$y = 0.0996x + 7.9605$	R <sup>2</sup> = 0.0323	0.18
Diamètre/surface terrière	$y = 0.0028x - 0.0218$	R <sup>2</sup> = 0.9423	0.97
Hauteur/surface terrière	$y = 0.0005x + 0.0207$	R <sup>2</sup> = 0.0077	0.088
Parcelle 49			
Les mesures	Equation de régression	R <sup>2</sup>	"r"
Diamètre / Hauteur	$y = 0.0913x + 6.5112$	R <sup>2</sup> = 0.1911	0.44
Diamètre/surface terrière	$y = 0.0055x - 0.0825$	R <sup>2</sup> = 0.9596	0.98
Hauteur/surface terrière	$y = 0.0075x + 0.0036$	R <sup>2</sup> = 0.0782	0.28
Parcelle 72			
Les mesures	Equation de régression	R <sup>2</sup>	"r"
Diamètre / Hauteur	$y = 0.4013x + 1.9169$	R <sup>2</sup> = 0.4786	0.7
Diamètre/surface terrière	$y = 0.0016x - 0.0075$	R <sup>2</sup> = 0.9817	0.99
Hauteur/surface terrière	$y = 0.0018x - 0.0025$	R <sup>2</sup> = 0.4413	0.66

La figure 16 représente les différentes corrélations entre les 3 paramètres mesurés





**Figure 16.** Régression linéaire de la parcelle 2 (a;b;c), la parcelle 13(d;e;f), la parcelle 49(g;h;i) et la parcelle 72(j;k;l) entre les différents paramètres dendrométriques mesurés

### 4.3. Analyse en Composante Principale (ACP)

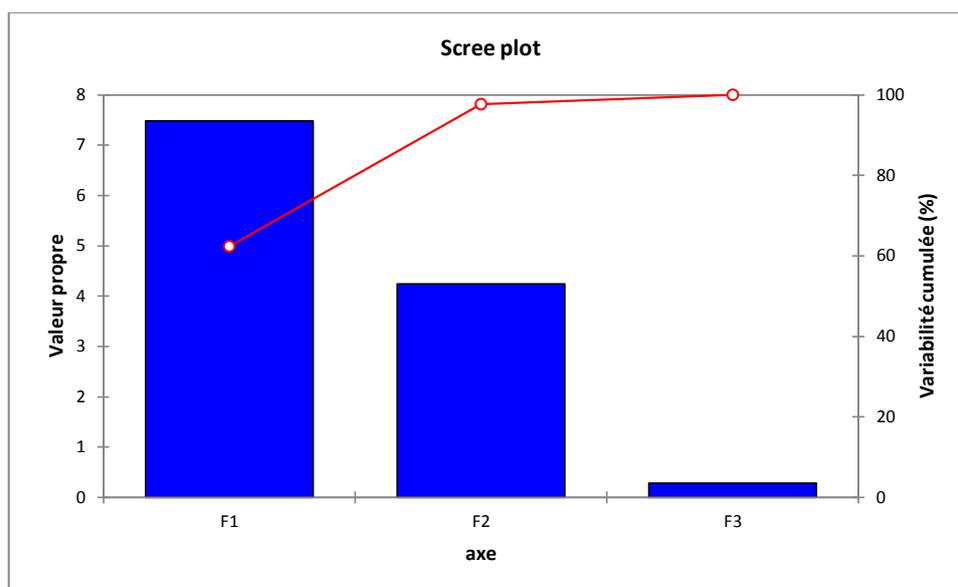
L'objectif de l'analyse en composantes principales (ACP) est de revenir à un espace de dimension réduite en déformant le moins possible la réalité. Il s'agit donc d'obtenir le résumé le plus pertinent possible des données initiales.

L'analyse en composantes principales (ACP) a été appliquée à la matrice des corrélations obtenues (annexe 3), sur les 4 stations reprises deux à deux ; les calculs réalisés avec le logiciel Excel Stat (2010) donnent les caractéristiques des 3 axes principaux. Ces axes retenus servent par la suite à l'étude de la distribution des individus et des paramètres mesurés dans des plans à deux dimensions. Dans ce cas le tableau 11 donne les valeurs propres, les pourcentages de variation expliquée par chacun des trois axes retenus, ainsi que les pourcentages cumulés; on voit bien que le premier axe explique à lui seul 62.352% de la variation totale des variables initiales, les deux premiers axes expliquent ensemble 97.684%, les trois premiers axes expliquent 100%, donc ces trois axes résument au mieux l'information apportée par les paramètres dendrométriques.

**Tableau 11.** Résultats de l'ACP des trois axes à partir des caractéristiques mesurées

	F1	F2	F3
<b>Valeur propre</b>	7.4823	4.2398	0.2779
<b>Variabilité (%)</b>	62.3528	35.3313	2.3159
<b>% cumulé</b>	62.3528	97.6841	100.0000

La figure 17 représente d'une part, l'histogramme des valeurs propres en fonction des rangs des axes principaux et, d'autre part, le graphique du pourcentage cumulé de la variation expliquée en fonction toujours des axes principaux.



**Figure 17.** Histogramme des valeurs propres en fonction des rangs des axes principaux pour l'ensemble des parcelles.

L'analyse des corrélations carrées du tableau 12 montre que l'axe 1 est formé principalement par les variables A.a, A.re, D.a, D.r, C, C.r, IVI et CM car elles ont les valeurs des corrélations carrées supérieures à 64%. L'axe 2 est fortement corrélé avec les variables D, H, H' et E. Les corrélations carrées sont supérieures à 39%.

**Tableau 12.** Valeurs des corrélations et corrélations carrées des variables initiales avec les trois premières composantes principales.

Variable	Axes principaux						Plan factoriel 1-2
	F1		F2		F3		
	Corr	Corr <sup>2</sup> %	Corr	Corr <sup>2</sup> %	Corr	Corr <sup>2</sup> %	
<b>D</b>	0.357	12.81	<b>0.633</b>	40.11	0.0088	0.00007	52.92
<b>H</b>	0.169	2.88	<b>0.630</b>	39.69	0.2003	0.04012	42.61
<b>A.a</b>	<b>0.932</b>	86.99	0.066	0.44	0.0008	0.00000	87.44
<b>A.re</b>	<b>0.932</b>	86.99	0.066	0.44	0.0008	0.00000	87.44
<b>D.a</b>	<b>0.868</b>	75.50	0.131	1.72	0.0001	0.00000	77.21
<b>D.r</b>	<b>0.831</b>	69.19	0.165	2.74	0.0028	0.00000	71.92
<b>C</b>	<b>0.812</b>	65.97	0.186	3.47	0.0014	0.00000	69.44
<b>C.r</b>	<b>0.812</b>	65.97	0.186	3.47	0.0014	0.00000	69.44
<b>IVI</b>	<b>0.896</b>	80.30	0.103	1.08	0.0001	0.00000	81.37
<b>CM</b>	<b>0.803</b>	64.51	0.196	3.87	0.0002	0.00000	68.38
<b>H'</b>	0.027	0.08	<b>0.948</b>	90.02	0.0238	0.00056	90.10
<b>E</b>	0.037	0.14	<b>0.925</b>	85.60	0.0375	0.00140	85.74

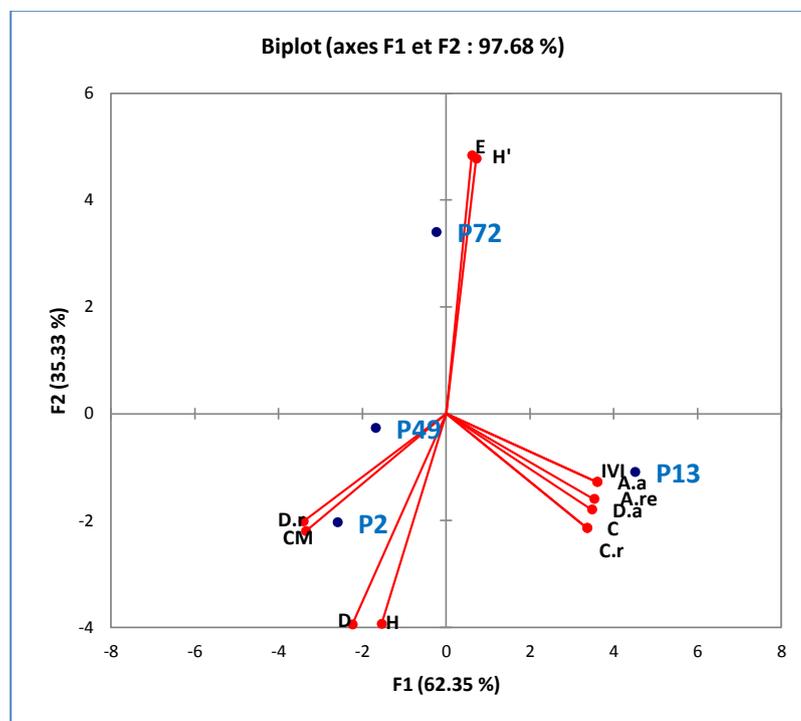
Les valeurs en gras correspondent pour chaque variable au facteur pour lequel le cosinus carré est le plus grand

La représentation graphique des 12 variables à l'intérieur du cercle de corrélation sur le plan factoriel 1-2 montre dans la figure 18 que :

L'axe 1 est représenté par les paramètres sylvicoles A.a, A.re, D.a, C, C.r, et IVI qui sont corrélés positivement, dans la mesure où ces derniers présentent les plus fortes contributions dans un intervalle de (0.901 à 0.965). À l'opposé de cet axe, la plus faible contribution est représentée par les paramètres sylvicoles D.r et CM qui sont respectivement (-0.912 et -0.896).

L'axe 2 est représenté par les paramètres sylvicoles H' et E, y présentant les contributions les plus élevées qui sont respectivement (+ 0.974 et 0.961). Sur le côté négatif de ce même axe, les paramètres D et H sont caractérisés respectivement par les plus faibles contributions (- 0.795 et -0.961).

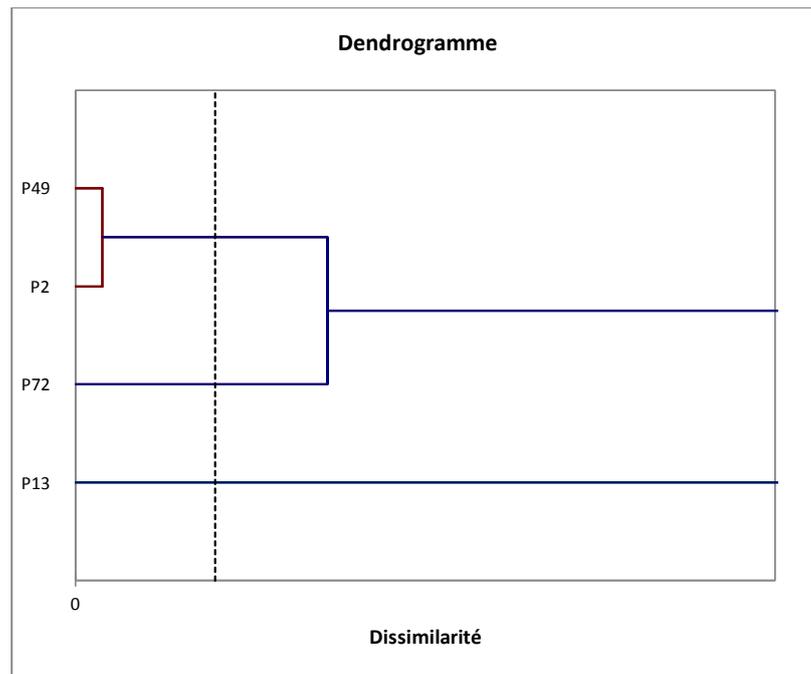
L'affinité des différents paramètres avec les 4 essences étudiées est confirmée par l'analyse en composantes principales (ACP), ce qui met en évidence l'influence des paramètres sylvicoles étudiés sur la viabilité des espèces. En effet, trois groupes homogènes sont dégagés par l'ACP. Le premier groupe (G1) situé sur le côté positif de l'axe 1 du cercle des corrélations présentant des affinités étroites des paramètres sylvicoles A.a, A.re, D.a, C, C.r, et IVI avec la parcelle 13 du *Cupressus arizonica*, le deuxième groupe (G2) est situé sur le 2<sup>ème</sup> axe du cercle des corrélations, corrélé avec les paramètres E et H' regroupant la parcelle (72) de *Pinus radiata*. Enfin le troisième groupe (G3) présentant une affinité entre les paramètres D.r, CM, D et H et les parcelles (P2 et P49) de *Pinus laricio* et *Pinus jeffreyi* respectivement.



**Figure 18.** Représentation graphique des 12 variables à l'intérieur du cercle de corrélation sur le plan factoriel 1-2.

#### 4.4. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

Le regroupement des 4 parcelles a été effectué en fonction des moyennes des données de l'ensemble des 12 variables caractéristiques observées à la recherche des groupes homogènes. Ce regroupement qui est fait au moyen d'un dendrogramme, obtenu à l'aide de la méthode du lien simple et la distance carrée de *Paerson* permet de distinguer 3 groupes qui sont donnés par la figure 19.



**Figure 19.** Dendrogramme du regroupement des 4 stations à l'aide de la méthode du lien simple et la distance carrée de Pearson

# **CONCLUSION**

## Conclusion

L'arboretum de Draa Naga est à vocation forestière, son état écologique demeure non connu jusqu'ici malgré son importance majeure pour la biodiversité. Il est actuellement menacé par plusieurs pressions, notamment la divagation de bétail, les feux et les coupes illicites. Cependant, on ne peut pas sous estimer la prolifération des espèces autochtones et introduites sur l'équilibre écologique de cet écosystème artificiel.

La présente étude a suivi le dynamisme de reconstitution de l'arboretum à travers la description de la composition et la richesse floristique, et l'analyse des principales essences.

Afin d'atteindre les objectifs assignés, une méthodologie est adoptée, entre autres les observations générales de la zone d'étude, l'inventaire pied à pied de quatre résineux (*Pinus laricio*, *Cupressus arizonica*, *Pinus jeffreyi* et *Pinus radiata*) sont effectués. Une fois les données collectées, elles sont traitées de diverses manières. Des comparaisons de certaines caractéristiques des peuplements (composition floristique, diversité floristique, abondance, dominance, etc.) dans le but d'apprécier les changements et les variations de l'état de la végétation. Il en résulte que :

Pour l'ensemble des résultats concernant les paramètres dendrométriques, l'espèce *Cupressus arizonica* (13) est la plus abondante et la plus dominante ; on peut déduire que c'est une espèce qui s'adapte bien aux conditions climatiques et pédologiques du milieu. Pour la structure des hauteurs, la strate intermédiaire qui englobe les arbres des classes de hauteur comprises entre 8 et 14m de haut est très abondante, et la structure totale indique que les arbres de petites dimensions sont les plus abondants (le diamètre est varié entre 7.5 et 17.5cm).

La diversité floristique est faible au sein de l'arboretum qui a donc tendance d'être très homogène.

L'indice de valeur d'importance (IVI) indique que l'espèce *Cupressus arizonica* est l'essence principale parmi les espèces étudiées.

Enfin, pour mieux assurer la conservation de l'arboretum de Draa Naga, connaître la dynamique de l'écosystème en interaction avec les systèmes politiques s'avère indispensable. Des études y afférentes nécessitent d'être menées.

## **Perspectives**

L'objectif de cette étude est d'établir un inventaire forestier de toutes les espèces résineuses existantes dans l'arboretum de Draa Naga, mais plusieurs contraintes rencontrées ont limité cette étude à 4 espèces, ces contraintes sont:

- La première limite est le manque et/ou l'indisponibilité de données concernant la zone d'étude, ce qui a rendu les investigations bibliographiques un peu rigoureuses. Les documents rares, sans parler de l'ancienneté des données existantes qui ne facilite pas le travail.

- L'insuffisance du temps imparti n'a pas permis de réaliser à terme certaines étapes des travaux de terrain.

- Les activités de terrain ont coïncidé avec les saisons hivernale et printanière caractérisés par les pluies et les neiges rendant ainsi difficile les déplacements à l'arboretum.

- En plus, les conditions non sécuritaires, l'indisponibilité des forestiers ...

Pour toutes les raisons précédentes, nous proposons quelques perspectives pour contribuer à l'amélioration de l'état de l'arboretum:

- Enlever tous les bois mort et tous les chablis, et envisager ;
- Augmenter le nombre de personnel, car nombreux sont les travaux d'entretien et de gestion de l'arboretum.
- Détermination des principales essences pour tout l'arboretum.
- Identification botanique des espèces surtout pour les Pins et les Eucalyptus.
- L'élaboration d'un herbier des essences existantes dans l'arboretum.
- La création d'une banque des graines des espèces existantes dans l'arboretum.
- Procéder à la recréation d'une pépinière serait alors un atout. La survie des plantes serait plus favorisée car il y a moins de concurrence intra et interspécifique.

# **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## Références bibliographiques

**Andrianantenaina H.N. (2005).** Contribution a l'étude de la potentialité d'invasion d'*Opuntia monacantha* dans la réserve spéciale de beza mahafaly. Mémoire de fin d'études, Univ. Antananarivo, 105p.

**Anonyme. (2008).** Arboretum canet en roussillon.<http://arboretom-canet-en-roussillon.fr/>

**Augé P. (1931).** Larousse du XXe siècle en six volumes. Tomes IV.N° de réf. Du librairie 658134.

**Beina d. (2011).** Diversité floristique de la forêt dense semi-décidue de mbaïki, république centrafricaine : Etude expérimentale de l'impact de deux types d'intervention sylvicole, doctorat en biologie santé, Univ. Picardie jules verne, 226p.

**Boilley A. (2011).** Arboretum Jean Auboin, Août 2011. 1p.

**Brachet S. (2005).** Arboretum national des barres, mise en place d'un réseau d'arboretums pour une valorisation coordonnée des ressources ligneuses ex situ, 3p.

**Braun blanquet J.J. (1959).** *Grundfragen und Aufgaben der Pflanzensociologie*. In : Turill, W. E. (ed), Pergamon, London, 145-171.

**Brenac L. (1980).** Les inventaires forestiers régionaux et nationaux d'après la réunion internationale IUFRO 1978 à Bucarest. Rev. For.Fr.,32(1), 12-33.

**Briner. (1998).** Les arboretums de la région Ile de France et de la région centre, thèse de docteur en pharmacie, Septembre 1998.

**Chauvet M et Delmas M. (1991).** Bureau des ressources génétiques, Paris, 286p.

**Chauvet M et Delmas M. (1991).** Jardin botanique et arboretums de France, Novembre 1991Lavoisier.[http://tela-Botanica.org/page: menu\\_435? langue =fr](http://tela-Botanica.org/page: menu_435? langue =fr).

**Fournier, F. et Sasson A. (1983).** Ecosystèmes Forestiers Tropicaux d'Afrique. ORSTOM/UNESCO. Paris. France, 473p.

**Hachette L. (1994).** Encyclopédie illustré, édition n°1 mcp Orléans, France, 2065p.

**Kaboré C. (2004).** Test d'applicabilité de l'échantillonnage horizontal par ligne au Burkina Faso, 10p.

**Kent M., Coker P. (1992).** Vegetation description and analysis: a practical approach. CRC Press. Belhaven Press, London.

**Lacaze J.F. (1991).** Recherche forestière et arboretums, Jardins botaniques et arboretums de demain, BRD 35-40.

**Lantovololona F. (2010).** Inventaire floristique et caractérisation des usages des ressources végétales dans la zone d'extension de la réserve spéciale de Béza Mahafaly, Univ. Antananarivo 124p.

**Le bon jardinier (1992).** Encyclopédie horticole, vol.1.153<sup>ème</sup> édition. Ed. La maison rustique.

**Le petit robert. (1990).** Jardin passion/ le jardin d'ornement : arbres, arbustes, arbrisseaux. Qu'est qu'un arboretum, Novembre 2010, 13p.

**Leujeune P., Lecomte H., Prevot H., (1993).** Utilisation d'un SIG pour la gestion des ressources forestières : exemple d'application à un inventaire forestier régional. Bull.rech.agron.genbloux, 28(2-3), 275-286.

**Mangambu Mokoso J.D., Shalufa Assani N., Robbrecht E., Katusi Lomalisa R., Nshimba S.M., Ntahobavuka Habimana H. (2014).** Structure, dispersion spatiale et abondance de la population à *Guarea thompsonii* Sprague et Hutch. (Meliaceae) dans la forêt à *Scorodophloeus zenkeri* Harms (Fabaceae) dans la Réserve Forestière de la Yoko en R.D.Congo, JAPS, 23(1), 3569-3585.

**Ngo bieng M. (2007).** Construction de modèles de structure spatiale permettant de simuler des peuplements virtuels réalistes. Application aux peuplements mélanges chêne sessile – pin sylvestre de la région centre. Docteur en Sciences Forestières. L'École Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts (ENGREF), 215p.

**Nichane M. (2012).** Contribution à l'étude de l'entomophone de quelques espèces résineuses de la région de Traras occidentale (wilaya de Tlemcen). Diplôme Magister en Foresterie, Univ. Abou Bekr Belkaid –Tlemcen, 140 p.

**Pascal J.P. (2003).** Description et dynamique des milieux forestiers Notions sur les structure et dynamique des forêts tropicales humides, 118-130.

**Pélissier R. (1995).** Relations entre l'hétérogénéité spatiale et la dynamique de renouvellement d'une forêt dense humide sempervirente (Forêt d'Uppangala – Ghâts Occidentaux de l'Inde). Université Claude Bernard, Lyon I.

**Périgon S. (2006).** Dynamique de trouées dans de vieux peuplements résineux de la côte-nord, Québec mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en biologie université du Québec à Montréal, 118p.

**Pommerening A. (2002).** Approaches to quantifying forest structures. *Forestry* 75(3), 305-324.

**Rached-Kanouni M., Hadeff A., Matallah I., Amine Khoja A.E.M., Saighi K., Alatou D. (2014).** Diagnostic of Draa Naga arboretum on the forest of Djebel El Ouahch (north-eastern Algeria). *IJMSBR*, 3(9), 35-41.

**Rajoelison L.G. (2005).** Les forêts littorales de la région orientale de Madagascar : vestiges à conserver et à valoriser. Thèse Doctorat d'état es sciences physiques. Univ. Antananarivo, 260p.

**Rajoelison I. G. (1997).** Etude de la forêt tropicale humide Malagasy : Exemples de la forêt littorale exploitée de Tampolo (Fenoarivo Antsinanana). Thèse de Doctorat, Série du Département des Eaux et Forêts n°4.; 138p.

**Rakotomalala J. (2008).** Etudes des séries évolutives des systèmes agraires en relation avec les changements climatiques, cas des deux villages périphériques de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly, Mémoire de fin d'études, ESSA, Département Elevage, 84p.

**Rakotondrazafy A.J. (2008).** Etude des menaces et pérennisation des espèces les plus utilisées dans la fabrication de rhum artisanal au niveau du corridor Fandriana-Marolambo : cas d'Ambodivoara. Mémoire en vue de l'obtention du certificat d'aptitude pédagogique de l'école normale (CAPEN), Univ. Antananarivo, 171p.

**Ramade, F. (1994).** – Eléments d'Ecologie. Ecologie fondamentale 2. Edi science international, Paris, 579 p.

**Ramalanjaona M. (2013).** Etude de la régénération et de la sénescence de *tamarindus indica* et ses impacts et implications écologiques dans la réserve de bezà mahafaly. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur en Sciences Agronomiques, Univ d'Antananarivo, 123p.

**Rasatatsihoarana H.T. et Randriananjatsoa T.T. (2009).** Reconnaissances écologiques des aires forestières dans le Menabe Sud en vue d'une délimitation de nouvelles aires protégées, Transmad Développement – Association Nationale pour la Gestion des Aires Protégées (MADAGASCAR NATIONAL PARKS), 109p.

**Robisoa M.A., Rajoelison L.G., Rabenilalana F.M., Rakoto Ratsimba H. (2008).** Définition d'un état zéro et mise en place d'un système de suivi écologique permanent pour l'arboretum de la station forestière de Mandraka, Univ Antananarivo, 124p.

**Tomasini J. (2002).** Introduction aux différentes techniques d'inventaires forestiers, 10p.  
[www.sudouest.fr/2011/08/02/arbres-de-collection-465729-4723.php](http://www.sudouest.fr/2011/08/02/arbres-de-collection-465729-4723.php).

# RÉSUMÉS

## Résumé

Cette étude s'intéresse à l'arboretum de Draa Naga (Djebel El Ouahch). Ce dernier fût créé dans les années cinquante et est actuellement géré par la Conservation des Forêts de Constantine. Ce site est actuellement à vocation forestière et pédagogique. Son état écologique est inconnu jusqu'à maintenant, et depuis sa création, aucun système n'a été mis en place pour mesurer et suivre sa viabilité. Les objectifs étant de collecter des données concernant l'état écologique actuel ( ou état zéro) du site de l'arboretum et d'analyser structurellement les peuplements des parcelles concernées (P2, P13, P49 et P72) par cette étude à partir d'un inventaire forestier de type pied à pied (en plein) afin de constituer une base de données permet d'inclure un système de suivi écologique permanent dans une proposition de plan d'aménagement.

Les résultats obtenus montrent que l'espèce *Cupressus arizonica* est la plus abondante avec 515 t/Ha soit 88.03%; la plus dominante (surface terrière est 12.92 m<sup>2</sup>/ha) et offre une quantité importante en bois (32.08 m<sup>3</sup>/ha soit 77.92%), et par conséquence c'est l'essence principale parmi toutes les espèces étudiées.

**Mots clés:** Inventaire forestier, état zéro, arboretum, résineux, *cupressus arizonica*

## Summary

This study is interested to the arboretum of Draa Naga (the forest of Djebel Ouahch). This last was created in the 1950s and is currently managed by the Conservation of Forests of Constantine. This site is currently oriented forest and teaching.

Its ecological status unknown till now, and since its inception, no system has been setup to measure and monitor its viability. The objectives being to collect data concerning the recent ecological status (or status Zero) of the arboretum and to analyze structurally the peopling of fragments concerned by this study (F2, F13, F49 and F72), using a detailed examination of each tree in order to construct basic data and references to include a permanent ecological monitoring system in a proposal for a development plan.

The results obtained, prove that the specie *Cupressus arizonica* is considered as the most abundant (515 t/Ha equivalent 88.03%), the most dominant (12.92 m<sup>2</sup>/Ha) and which offers the largest quantity of wood (32.08 m<sup>3</sup>/Ha soit 77.92%) and consequently is the principle essence among all species studied (resulting of this study).

**Key words:** Forest inventory, status zero, arboretum, resinous, *cupressus arizonica*

## ملخص

ترتكز هذه الدراسة على الحقل التجريبي ذراع الناقة (غابة جبل الوحش)، هذا الأخير أنشئ في الخمسينيات وهو حاليا مسير من طرف محافظة غابات قسنطينة.

حاليا هذا المعلم ذو توجه غابي وبيداغوجي. حالته البيئية ما زالت غير معروفة حتى الآن، ومنذ إنشائه، لم يتم وضع أي نظام اقياس و تتبع قدرته المعيشية. الأهداف المرجوة هي جمع البيانات بشأن الوضع البيئي الحالي (أو حالة صفر) للحقل التجريبي، و التحليل الهيكلي للشعوب الغابية للقطع المعنية بهذه الدراسة (P2، P13، P49 و P72)، عن طريق جرد غابي من نوع جذع بجذع (أو بالكامل) لتشكيل قاعدة بيانات مرجعية تسمح بإدخال نظام تتبع بيئي دائم في إطار إقتراح مخطط تهيئي.

النتائج التي تم الحصول عليها تثبت أن النوع النباتي "السرو الأريزوني" هو النوع الأكثر وفرة (515 جذع/هكتار أو 88.03%)؛ الأكثر هيمنة ( $12.92 \text{ م}^2/\text{هكتار}$ ) ويوفر كمية هامة من الخشب ( $32.08 \text{ م}^3/\text{هكتار}$  أو 72.92%)، ونتيجة لذلك يعتبر النوع الرئيسي من بين جميع الأنواع المدروسة.

الكلمات المفتاحية: حصر غابي، حالة الصفر، الحقل التجريبي، الأنواع المخروطية، السرو الأريزوني

# **ANNEXES**



## Annexe 2 : Matériels utilisés

Paramètre	Matériel utilisé
Diamètre	 compas forestier
Circonférence	 mètre-ruban
Hauteur totale (L'application : <i>Mesurare height</i> )	 smart phone
Diamètre (houppier)	 Décamètre
Coordonnées de l'arbre	 GPS
Marquage	 Peinture & Pinceau

**ANNEXE 3: Matrice de corrélation**

<b>Variables</b>	<b>D</b>	<b>H</b>	<b>A.a</b>	<b>A.re</b>	<b>D.a</b>	<b>D.r</b>	<b>C</b>	<b>C.r</b>	<b>IVI</b>	<b>CM</b>	<b>H'</b>	<b>E</b>
<b>D</b>	<b>1</b>	0,8362	-0,3752	-0,3752	-0,2689	0,8643	-0,1991	-0,1991	-0,3089	0,8902	-0,8887	-0,8992
<b>H</b>	0,8362	<b>1</b>	-0,1804	-0,1805	-0,1004	0,7222	-0,0121	-0,0121	-0,1399	0,7157	-0,7723	-0,7564
<b>A.a</b>	-0,3752	-0,1804	<b>1</b>	1,0000	0,9934	-0,7744	0,9828	0,9828	0,9969	-0,7515	-0,0869	-0,0560
<b>A.re</b>	-0,3752	-0,1805	1,0000	<b>1</b>	0,9934	-0,7744	0,9828	0,9828	0,9969	-0,7515	-0,0869	-0,0560
<b>D.a</b>	-0,2689	-0,1004	0,9934	0,9934	<b>1</b>	-0,7034	0,9961	0,9961	0,9991	-0,6748	-0,1994	-0,1696
<b>D.r</b>	0,8643	0,7222	-0,7744	-0,7744	-0,7034	<b>1</b>	-0,6444	-0,6444	-0,7331	0,9971	-0,5390	-0,5572
<b>C</b>	-0,1991	-0,0121	0,9828	0,9828	0,9961	-0,6444	<b>1</b>	1,0000	0,9917	-0,6167	-0,2655	-0,2339
<b>C.r</b>	-0,1991	-0,0121	0,9828	0,9828	0,9961	-0,6444	1,0000	<b>1</b>	0,9917	-0,6167	-0,2655	-0,2339
<b>IVI</b>	-0,3089	-0,1399	0,9969	0,9969	0,9991	-0,7331	0,9917	0,9917	<b>1</b>	-0,7055	-0,1588	-0,1292
<b>CM</b>	0,8902	0,7157	-0,7515	-0,7515	-0,6748	0,9971	-0,6167	-0,6167	-0,7055	<b>1</b>	-0,5823	-0,6021
<b>H'</b>	-0,8887	-0,7723	-0,0869	-0,0869	-0,1994	-0,5390	-0,2655	-0,2655	-0,1588	-0,5823	<b>1</b>	0,9988
<b>E</b>	-0,8992	-0,7564	-0,0560	-0,0560	-0,1696	-0,5572	-0,2339	-0,2339	-0,1292	-0,6021	0,9988	<b>1</b>



<b>Nom : BOUNEGAB</b> <b>Prénom : HAFSA</b>	<b>Date de soutenance : 23/06/2015</b>									
<b>Inventaire Forestier Des Résineux De L'arboretum De Draa Naga Constantine</b>										
<p><b>Résumé :</b></p> <p>Cette étude s'intéresse à l'arboretum de Draa Naga (Djebel El Ouahch). Ce dernier fût créé dans les années cinquante et est actuellement géré par la Conservation des Forêts de Constantine. Ce site est actuellement à vocation forestière et pédagogique. Son état écologique est inconnu jusqu'à maintenant, et depuis sa création, aucun système n'a été mis en place pour mesurer et suivre sa viabilité. Les objectifs étant de collecter des données concernant l'état écologique actuel du site de l'arboretum et d'analyser structurellement les peuplements des parcelles concernées (P2, P13, P49 et P72) par cette étude à partir d'un inventaire forestier de type pied à pied (en plein) afin de constituer une base de données permet d'inclure un système de suivi écologique permanent dans une proposition de plan d'aménagement.</p> <p>Les résultats obtenus montrent que l'espèce <i>Cupressus arizonica</i> est la plus abondante avec 515 t/ha soit 88.03%; la plus dominante (surface terrière est 12.92 m<sup>2</sup>/ha) et offre une quantité importante en bois (32.08 m<sup>3</sup>/ha soit 77.92%), et par conséquent c'est l'essence principale parmi toutes les espèces étudiées.</p>										
<p><b>Mots clés:</b> Inventaire forestier, état zéro, arboretum, résineux, <i>cupressus arizonica</i></p>										
<p><b>Laboratoire de recherche :</b> laboratoire de développement valorisation des ressources phytogénétiques.Faculté Des Sciences De La Nature Et De Vie .Département De Biologie Et Ecologie Végétale. Université des Frères Mentouri Constantine</p>										
<p><b>Devant le jury</b></p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;"><b>Président :</b></td> <td style="width: 35%;">BAZRI K.E.D</td> <td style="width: 35%;">MCB UFM Constantine</td> </tr> <tr> <td><b>Promoteur :</b></td> <td>HADEF A</td> <td>MAA UFM Constantine</td> </tr> <tr> <td><b>Examineur :</b></td> <td>ARFA M.T.A</td> <td>MAA UFM Constantine</td> </tr> </table>		<b>Président :</b>	BAZRI K.E.D	MCB UFM Constantine	<b>Promoteur :</b>	HADEF A	MAA UFM Constantine	<b>Examineur :</b>	ARFA M.T.A	MAA UFM Constantine
<b>Président :</b>	BAZRI K.E.D	MCB UFM Constantine								
<b>Promoteur :</b>	HADEF A	MAA UFM Constantine								
<b>Examineur :</b>	ARFA M.T.A	MAA UFM Constantine								

