



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث 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 والحياة

Département : DE BIOLOGIE ET D'ÉCOLOGIE VÉGÉTALE : قسم

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

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : GESTION DURABLE DES ECOSYSTEMES ET PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT.

Intitulé :

***Caractère de viabilité des résineux dans
l'arboretum de Draa Naga***

Présenté et soutenu par : BELKHODJA Aboubakeur

Le : 23/06/2015

Jury d'évaluation :

Président du jury :	Mr BAZRI. K. E. D.	(M.C.B.- UFM Constantine)
Rapporteur :	Mr HADEF. A.	(M.A.A.- UFM Constantine)
Examinatrice :	Mme KANOUNI. M.	(M.C.A.- UFM Constantine)

***Année universitaire
2014 – 2015***

Remerciements

Au terme de ce travail, je remercie avant tout Dieu le tout puissant qui a éclairé mon chemin tout au long de mes études.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude à monsieur HADEF Azzedine, de son implication, sa disponibilité, sa patience tout au long de l'élaboration de ce travail.

Je tiens ainsi à remercier les membres de jury : Monsieur BAZZRI Kamel Eddine et Madame KANOUNI Malika, pour avoir accepté d'examiner ce modeste travail et de l'attribuer des remarques et des corrections très intéressantes.

Je remercie Monsieur ALATOU D., Madame KANOUNI M. et HADEF A. pour leurs contributions scientifiques dans ce travail.

Je remercie également tout le personnel de la conservation des forêts de la wilaya de Constantine pour leur accueil et leurs contributions dans ce travail, et en particulier :

Mr Saighie, Mr Mesbahi

Mes vifs remerciements vont aussi à ma famille, mes amis et tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour réaliser ce travail.

Dédicace

Je dédier ce modeste travail à ceux qui partagent et embellissent ma vie depuis ma naissance dont le travail n'aurait pu aboutir sans leur inépuisable soutien et encouragements. Merci de m'avoir poussée et encouragée à aller au-delà de mes capacités. Merci pour le réconfort, les bons moments et l'amour qu'ils m'offrent chaque jour, une très grande gratitude donc à mon père Kamel et ma mère Nacira, qu'ils trouvent dans la réalisation de ce travail, l'aboutissement de leurs efforts ainsi que l'expression de ma plus affectueuse gratitude. Je tiens également à remercier ma petite sœur Rayenne, mes grands (es) parents et mes chères tantes et oncles, et toute ma famille pour leur présence et leur soutien constant. Je tiens enfin à exprimer mes remerciements à tous mes amis (es) et collègues et en particulier : Mohamed, Mouad, Zinou, M'hamed, Ismail, Adam, Amine, Imad, Khaled, Youghourta, Cherif, Djihad, Chakib, Ibrahim, Lyes, Adel, Chouaib, Abdou, Djamel, Khaoula, Rania,

Assia

À toutes la promotion d'écologie 2014-2015

Introduction	1
Synthèse bibliographique	
I. Généralités sur l'arboretum.....	2
II. Généralité sur les résineux.....	5
III. Analyse des peuplements	6
1. Notion de la viabilité	6
2. Analyse de la viabilité	6
IV. Qualité des peuplements	7
1. Le facteur d'élancement ou stabilité	7
2. L'index PHF	8
3. Potentiel exploitable	9
4. La Vigueur des peuplements	9
V. Structure spatiale des peuplements	10
1. Analyse de la structure horizontale	10
VI. Analyse de la structure verticale	10
VII. Les conditions	11
VIII. Les pressions « Stresses »	12
Matériel et méthodes	
I. Présentation de la zone d'étude	13
1. Caractéristiques écologiques de la zone d'étude	13
1.1. Situation géographique	13
1.2. Relief hydrographie	14
1.3. Climat	14
1.4. Sol	14
II. Méthodologie du travail	14
1. Investigation bibliographique	14
2. Travail du terrain	14
2.1. Dendrométrie	15
III. Traitement et analyse des données	16
1. L'élaboration des différentes cartes/ plans des pressions pour les 4 parcelles étudiées de l'arboretum	17
2. Analyse de la qualité des peuplements	18
1.2. Le facteur d'élancement ou la stabilité.....	18
1.3. Index PHF	18
1.4. Potentiel exploitable	18
3. Traitement et analyse de la Structure spatial des peuplements	18
3.1. Analyses de la Structure horizontale	18
3.1.1. L'abondance	19
3.1.2. La dominance	19
3.1.3. Contenance (volume)	19
3.2. Analyse de la Structure vertical	19
3.2.1. Le degré de couverture	20
3.2.2. Le facteur d'espacement	20
4. Les conditions	21
4.1. Le taux de mortalité	21

4.2. L'analyse de la régénération	21
5. Analyse des pressions et menaces	22
6. Analyse de la viabilité	22
IV. traitement statistique des données	22

Résultats et discussion

I. Résultats et discussion	24
1. Stabilité des peuplements	24
1.1. La densité ou l'abondance.....	25
1.2. La surface terrière ou l'abondance	27
1.3. Coefficient de l'élancement	29
1.4. Index PHF.....	31
1.4.1. Position du houppier (P)	31
1.4.2. Forme du houppier (H)	32
1.4.3. La forme du fût (F)	33
1.5. Contenance	34
1.6. Potentiel exploitable	35
2. Les conditions	35
2.1. L'analyse de la régénération	35
2.2. Le Taux de mortalité	36
3. Contexte spatial	37
3.1. Degré de couverture	37
3.2. Le facteur d'espacement	38
4. Analyse des pressions et menace	39
5. Analyse de la viabilité	42
II. Résultats des analyses statistiques multi variées.....	44
1. Résultats de l'ACP.....	44
2. Analyse hiérarchique	47
Conclusion	49
Recommandation	50
Références bibliographiques	
Annexe	
Résumé	

Liste d'abréviation

FAO:	Food and Agriculture Organization
AVP :	Analyse de Viabilité des Populations
TNC :	The Nature Conservancy
GPS :	Global Positioning System
ha :	hectare
H :	hauteur totale
D :	diamètre à 1.30 m
N/ha :	Tiges par hectare
PHF :	index de trois chiffres
P :	Position du houppier
H :	Forme du houppier
F :	Forme du fût
Tr :	taux de régénération
Tm :	Taux de Mortalité
CE :	Facteur d'élancement
S % :	Espacement moyen

Listes des figures

- Figure 1 :** Arboretum de collection
- Figure 2 :** Arboretum forestier
- Figure 3 :** Arboretum mixte
- Figure 4 :** Arboretum de paysager
- Figure 5 :** représente les différents paramètres dendrométrique mesurée sur terrain
- Figure 6 :** élaboration de la table attributaire et élaboration des cartes thématiques par ARCGIS 10
- Figure 7 :** L'organigramme de plan de travail
- Figure 8 :** La densité par classe de diamètre
- Figure 9 :** Surface terrière par classe de diamètre
- Figure 10 :** différence entre surface terrière moyenne et surface terrière de l'arbre moyen
- Figure 11 :** coefficient d'élancement par Parcelle en ordre croissant de $D_{1.30\text{ m}}$
- Figure 12 :** coefficient d'élancement en fonction du diamètre moyen du peuplement
- Figure 13 :** hauteur totale moyenne en fonction du diamètre à 1.3 m du peuplement
- Figure 14 :** le nombre total des tiges pour les 4 parcelles selon l'Index P
- Figure 15 :** le nombre total des tiges pour les 4 parcelles selon l'Index H
- Figure 16 :** le nombre total des tiges pour les 4 parcelles selon l'Index F
- Figure 17 :** Les valeurs propres
- Figure 18 :** Représentation graphique des 14 points variables à l'intérieur du cercle de corrélation du plan factoriel 1-2.
- Figure 19 :** Dendrogramme du regroupement des 4 parcelles

Liste des tableaux :

- Tableau 1 :** Les données collecté des parcelles visitées
- Tableau 2 :** caractéristiques quantitatifs des peuplements
- Tableau 3 :** densité et surface terrière totales en ordre croissant d'état de développement de peuplement
- Tableau 4 :** Les moyennes de PHF pour chaque parcelle
- Tableau 5 :** Les volumes en m³/ha pour les 4 parcelles
- Tableau 6 :** représente les classes de diamètre
- Tableau 7 :** Taux de régénération pour les 4 parcelles
- Tableau 8 :** taux de mortalité des 4 parcelles
- Tableau 9 :** Degré de couverture des 4 parcelles
- Tableau 10 :** l'espacement moyen des 4 parcelles en %
- Tableau 11 :** degré des pressions
- Tableau 12 :** Evaluation du niveau de viabilité des résineux dans l'arboretum de Draa Naga
- Tableau 13 :** Matrice de corrélations des 14 variables
- Tableau 14 :** Résultats de l'ACP des trois axes à partir des caractéristiques mesurées sur les 4 parcelles étudiées
- Tableau 15.** Valeurs des corrélations et corrélations carrées des variables initiales avec les 2 premières composantes principales, et information prise en compte par le premier plan factoriel représenté par les axes 1-2

Listes des cartes

Carte 1 : Situation géographique de l'arboretum de Draa Naga.

Carte 2 : la répartition des 4 parcelles étudiées.

Carte 3 : la répartition des pressions dans les parcelles visitées.

Liste des photos

Photo n° 01 : Coupes illicites des espèces.

Photo n° 02 : l'effet de pâturage dans le site étudiée.

Photo n° 03 : l'effet du chablis et les morts sur pieds.

Photo n° 04 : maladie de la chenille processionnaire.

Introduction

Les forêts tiennent une place importante dans la vie de l'Homme en général. Elles lui fournissent le bois pour ses constructions, ses industries, ses énergies, et régularisent les fonctions bio-géochimiques nécessaires au bon déroulement de la vie sur terre.

Dans le monde, le FAO, par l'Evaluation des Ressources Forestières en 2000, a recensé 3 870 millions d'ha de forêts dont près de 95% sont des forêts naturelles et 5% des plantations forestières. Les essences appartenant aux genres *Pinus* et *Eucalyptus* restent en tête des espèces forestières plantées et représentent, en surface, respectivement 20 et 10% des plantations forestières mondiales (FAO 2003).

Gérée par la Conservation des Forêts de Constantine, la station forestière « Draa Naga » s'étend sur une superficie de 30 hectares elle est formée d'un arboretum (qui a été implanté entre 1954 et 1967) de 77 parcelles, où sont plantées plusieurs espèces sylvicoles (feuillus et résineux) de provenances diverses, introduites dans le but de connaître leurs potentialités, adaptations, productivités et de mettre à la disposition des forestiers une gamme d'espèces leur permettant d'orienter la reconstitution de la forêt.

Depuis la création de cet arboretum, aucun système n'a été mis en place pour suivre de façon permanente leur état écologique et sa viabilité. Or, les activités de suivi sont incontestablement importantes pour un peuplement forestier.

L'étude de la viabilité est un outil très important pour l'analyse de la vigueur des ressources forestières. Il permet de connaître l'état actuel et la stabilité du site.

Les espèces de l'arboretum sont, pour la plupart, âgées de plus d'un demi-siècle, or, il y a eu absence de soins sylvicoles (des plan d'aménagement) et de suivi de leur état écologique depuis des dizaines d'années.

Ce travail de mémoire intitulé « caractère de viabilité des résineux dans l'arboretum de Draa Naga ». A pour objectifs principaux d'étudier la vigueur et la viabilité des plantations des résineux dans l'arboretum forestier de Draa Naga. Ce rapport comportera trois parties :

- Première partie : généralités sur les arboretums
- Deuxième partie : présentation du milieu d'étude où toutes les caractéristiques physiques, abiotiques et biotiques de la zone Draa Naga.
- Troisième partie : méthodologie de recherche qui comprend les objectifs de chaque démarche et la méthode optée pour sa réalisation.
- Quatrième partie : résultats et interprétation de résultats.

I. Généralités sur l'arboretum

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).

La disposition de l'arboretum concerne : nature, nombre et origine des espèces implantées, nombre d'individus par espèce, disposition physique des arbres, itinéraire technique, surface minimale requis (Verain, 2010).

Un arboretum est un jardin botanique 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 parc planté de nombreuses espèces d'arbres, destiné à l'étude de leurs conditions de développement. Toutefois, pour se prévaloir d'un rôle scientifique il faut que les arbres de la collection soient issus de graines prélevées dans une population sauvage ou que la généalogie des sujets puisse être établie jusqu'aux parents sauvages.

1. les différents types d'arboretum

On distingue quatre catégories d'arboretums :

1.1. Arboretum de collections

L'arboretum de collection constitué souvent sous forme de parc ou jardin paysager, il rassemble dans un ordre systématique ou géographique (parfois seulement esthétique . . .), par pieds isolés ou par bouquets de quelques arbres, toutes les espèces susceptibles de végéter dans les conditions ambiantes, tout au moins lors des années moyennes (Pourtet, 1979). En conséquence, les arboretums de collection constituent des « gisements végétaux » à la fois diversement et génétiquement très riches et en ce sens, ils s'opposent aux « arboretums de sélection » ou « arboretums d'élimination ». Son objectif : étude d'essences exotiques dans un but d'acclimatation ; cet objectif est d'ordre dendrologique et pédagogique.



Figure 1 : Arboretum de collection

1.2. Arboretum forestier

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. 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).



Figure 2 : Arboretum forestier

1.3. Arboretum mixte

Présence sur un même site des deux types de plantations. Ils comportent à côté d'un petit nombre d'essences forestières constituant de petits peuplements et bouquets de type forestier, de très petits groupes, des alignements, des individus isolés d'espèces rares, curieuses, ornementales ou simplement peu courantes dont le maintien est menacé et le renouvellement compromis lors

des opérations sylvicoles au profit des essences plus classiques de valeur économique et croissance généralement supérieures (Pourtet, 1979). Certains de ces arboretums mixtes sont des sites fort attrayants et recherchés par les promeneurs profanes aussi bien qu'avertis et la gestion doit en tenir compte.



Figure 3 : Arboretum mixte

1.4. Arboretum paysager

C'est un arboretum de collection qui prend en compte la dimension esthétique dans le choix et la répartition des plantations (Anonyme 2014).



Figure 4 : Arboretum de paysager

2. Les objectifs et les intérêts des arboretums

L'arboretum à plusieurs objectifs et intérêts :

- **Rôle écologique** : Constitution d'un patrimoine forestier par le reboisement et sauvent garde des essences menacées de disparition dans leur pays d'origine (Grieu, 2004). La conservation de ce patrimoine botanique, souvent en danger, est essentielle pour la

pharmacopée moderne qui fabrique constamment de nouvelles molécules tirées de plantes rares et variées.

- **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, il donne lieu à des études botaniques, dendrologiques...

- **Rôle de conservation de la biodiversité végétale** : Les arboretums sont des lieux de connaissance et de conservation des espèces végétales, soit en voies de disparition ou rares. Donc, ils représentent un enjeu important dans la protection de notre patrimoine végétal (Bringer, 1998).

- **Rôle pédagogique** : L'arboretum diffuse ses collections et les rend accessibles au public et aux professionnels. C'est un lieu d'observation et d'expérimentation. 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).

- **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, qui ont imaginé des mises en scènes des collections d'arbres, créant ainsi des parcs de grande valeur ornementale (Bringer, 1998).

- **Rôle social** : Sur la réinsertion de chômeurs de longue durée, sur les métiers de la nature et de la forêt, une lutte contre les discriminations ethniques et les inégalités de façon préventive auprès des jeunes.

L'arboretum joue un rôle dans la conservation des ressources génétiques est un capital de haute valeur, à terme, pour la préservation des espèces et de la biodiversité, et pour de nombreux usages non encore identifiés. Ce capital génétique est identifié et géré, avec un étiquetage contrôlé (Lacaze, 1991). Généralement l'arboretum, lorsqu'il a une activité de multiplication, permet de préserver en multipliant les espèces ligneuses rares grâce à l'échange de semences entre les différents arboretums et jardins botaniques à travers le monde et ceci grâce à un index seminum.

II. Généralité sur les résineux

Appelés encore conifères, ces arbres font partie des gymnospermes, c'est à dire, des végétaux qui produisent des graines nues qui ne sont pas enfermés dans des fruits.

Les conifères doivent leur nom à la forme de leurs fruits et non pas à la silhouette conique du sapin de Noël. Le mot conifère signifie « porteur de cône ». Tous les conifères ont en effet un fruit caractéristique : un cône formé d'écailles ligneuses (Anonyme 2015).

On les appelle également les résineux, car la plupart d'entre eux fabriquent de la résine, collante et odorante. On les désigne aussi sous le terme de gymnospermes c'est à dire plantes dont la graine n'est pas enfermée dans un fruit clos.

Les conifères sont des arbres dont les feuilles sont des aiguilles c'est à dire des feuilles allongées et étroites, comme les pins et les sapins, ou en petites écailles comme les cyprès. Ces feuilles sont toujours persistantes sauf pour certaines essences comme le Mélèze. Cependant chaque aiguille a une durée de vie limitée entre 2 et 10 ans selon les espèces. Ainsi les conifères perdent leurs feuilles sans jamais être mis à nu.

Ils sont adaptés aux conditions hostiles : sols pauvres, climat sec, grand froid. Leurs aiguilles présentent une surface réduite qui limite les échanges d'eau avec l'extérieur ce qui leur permet de ne pas se dessécher sous les climats arides. Ils s'accommodent des sols pauvres et des climats tempérés à froids. Comme leur croissance est rapide.

III. Analyse des peuplements

1. Notion de la viabilité

La viabilité est le caractère de ce qui est apte à vivre. Il semble aujourd'hui que l'usage du mot "viabilité" s'infléchisse en direction du sens de "durabilité du développement".

L'écologie, en relançant le concept de "sustainability" vers 1987 (concept que l'on traduit actuellement par "développement durable") a probablement étendu le sens et l'usage du mot "viabilité", en incitant à l'interpréter au sens de "adaptabilité".

Selon l'Encyclopédie Hachette (1994), la viabilité est le fait d'être viable ou qui peut durer. La méthode utilisée l'évaluation de la viabilité d'un écosystème est établie par The Nature Conservancy focalisant l'analyse sur quatre facteurs jugés d'exprimer la viabilité de l'écosystème : taille (size), condition (condition), contexte spatial (landscape context), pressions et menaces (stresses and threats).

2. Analyse de la viabilité

L'analyse de viabilité des populations (AVP) est une méthode d'évaluation des risques pour les espèces fréquemment utilisée en biologie de la conservation. Elle est traditionnellement définie comme le processus qui détermine la probabilité qu'une population s'éteigne dans un nombre d'années donné. Plus récemment, l'AVP a été décrit comme une union de l'écologie et des statistiques qui rassemble les caractéristiques des espèces et la variabilité de l'environnement afin de prévoir la santé de la population et son risque d'extinction. Chaque AVP est spécialement

conçue pour une population cible ou une espèce, et par conséquent chaque AVP est unique. Le plus grand objectif de cette méthode est de s'assurer qu'une population donnée est viable sur le long terme (Anonyme, 2015).

Dans cette analyse, trois catégories (Taille, Condition, Contexte spatial) permettent d'estimer le niveau de viabilité. Des attributs de mesure de viabilité sont choisis parmi les paramètres mesurés dans l'analyse sylvicole. Ces attributs correspondent à quatre catégories : taille, conditions, contexte spatial et pressions (Robisoa .M. A. et al., 2008).

- La taille est relative à des attributs quantitatifs soulignant l'importance des peuplements : ce sont l'abondance et la dominance,
- les conditions sont la régénération, la mortalité et la stabilité,
- le contexte spatial est régi par le degré de couverture et l'espacement moyen des arbres,
- et les pressions sont révélées par une carte des pressions du site d'observation.

IV. Qualité des peuplements

1. Le facteur d'élancement ou stabilité

L'élancement, ou le facteur d'élancement, est un rapport : celui de la hauteur totale (H) de l'arbre sur le diamètre à 1.30 m ($D_{1.30m}$), dans la même unité (Champs, 1997).

Les coefficients d'élancement, ou rapport de la hauteur d'un arbre à son diamètre à 1.30 m. On l'indique en général pour chaque arbre ou groupe d'arbre représentatif d'un peuplement, mais parfois aussi comme valeur de peuplement. Il se rapporte alors à l'arbre moyen (l'arbre de la surface terrières moyenne) (Champs, 1997).

La stabilité du peuplement dépend à la fois de la densité et de l'élancement des arbres. L'étude de l'élancement des arbres vise à déterminer les facteurs de variation de sa valeur et ses relations avec la stabilité du peuplement. Généralement, le coefficient d'élancement 100 correspond au seuil de stabilité d'un peuplement, mais pour une espèce sensible aux perturbations ce seuil descend jusqu'à 80.

Le coefficient d'élancement est une valeur corollaire des dimensions des houppiers, puisque l'épaisseur des cernes de bois annuels est maximale à la base du houppier pour diminuer vers le pied de l'arbre en question.

Le coefficient d'élancement est donc un facteur fort utile pour juger du passé sylvicole et de l'état cultural et pour la stabilité du peuplement. Il s'avère également un bon critère d'appréciation des risques de cassures, notamment dans le cas des peuplements adultes de

conifères. Il en permet une appréciation directe de la stabilité individuelle qui, avec la stabilité collective constitue la stabilité mécanique d'un peuplement (Champs, 1997).

2. L'indice PHF

Le PHF est un index de 3 chiffres qui résume qualitativement l'état d'un arbre d'une certaine essence forestière dans un peuplement (Blaser, 1990).

On utilise l'index PHF dans des inventaires de forêts primaire, secondaire et même dans des peuplements équiennes ; il permet, combiné aux données quantitatives, une interprétation sylvicole plus détaillée. Le PHF se révèle intéressant pour les parcelles permanentes d'accroissement, pour juger à long terme la concurrence entre les différents arbres ou espèces.

2.1. Position du houppier (P)

L'index P donne une relation entre la position du houppier d'un arbre considéré et celle des arbres voisins (Annexe 1). Il indique la dominance, le stade de compétition ou l'exposition vers l'étage dominant du houppier (Blaser, 1990).

2.2. Forme du houppier (H)

En relation avec la dimension et le stade de développement d'un arbre, l'apparence de la qualité du houppier déterminera l'accroissement. La forme du houppier indique qualitativement le développement antérieur d'un arbre et probablement sa potentialité future (Annexe 1). La forme du houppier caractérise l'importance du volume du houppier par rapport à la tige et l'existence d'une taille des branches (Blaser, 1990). La variable peut prendre les modalités suivantes :

- **Têtard** : houppier taillé à une hauteur comprise entre 1.3 et 4 mètres ;
- **Faible houppier** : arbre ni taillé, ni émondé, ni fortement taillé dont le volume du houppier est inférieur à 2 stères par mètre cube de tige ;
- **Fort houppier** : arbre ni taillé, ni émondé, ni fortement taillé dont le volume du houppier est supérieur à 2 stères par mètre cube de tige ;
- **Ebranché** : arbre émondé ou fortement élagué.

2.3. Forme du Fût (F)

La forme du fût est la section d'un tronc d'arbre située sous la cime, avant le départ des branches (Annexe 1). Le fût est la partie non ramifiée du tronc de l'arbre, compris entre la souche et la naissance des premières branches maîtresses.

La forme du fût est un index de la qualité et de la quantité du bois de sciage qu'on peut obtenir d'un arbre. Il est important pour estimer la valeur d'une future exploitation. La forme du fût n'est pas liée

à l'accroissement, mais elle influence certainement les futures pratiques sylvicoles (Blaser, 1990). Le choix des arbres d'élite de base essentiellement sur la forme du fût.

IV.3. Potentiel exploitable

Le potentiel exploitable des peuplements peut être affecté à la qualité. Le seuil d'exploitabilité est le diamètre strictement supérieur à 40cm. Ainsi, plus les peuplements sont riches en individus de gros diamètre, plus ils sont à fort potentiel, et plus leur qualité est meilleure.

La qualité c'est un facteur primordial qui s'intègre au diagnostic d'un peuplement et sans lequel il n'est pas possible de parler de son avenir et de sa gestion. On la détermine par :

- L'élancement des tiges (croissance en hauteur, stabilité de l'arbre : rapport entre hauteur et diamètre,...),
- La présence de défauts sur les troncs (courbures, branchaison, gélivure, coup de soleil, dégâts d'animaux, ...),
- L'aspect des houppiers (équilibré, comprimé,...),
- L'état sanitaire général.
- L'index PHF

On caractérise la qualité d'un peuplement de bonne, moyenne ou médiocre. Cette indication peut être utilement complétée pour les peuplements adultes en désignant le type de produit escompté à terme (palette, charpente, menuiserie...).

IV.4. La Vigueur des peuplements

La vigueur est un indicateur de la qualité des peuplements. Il n'existe pas de formule concrète pour l'estimation de la vigueur. Pour cela, une étude de la similarité entre les plots est réalisée afin de distinguer les groupes de peuplements qui ont les caractéristiques les plus similaires, c'est-à-dire, les peuplements qui ont la même vigueur à l'intérieur de la station. (Robisoa .M. A. et *al.*, 2008)

Pour l'analyse des peuplements qui ont la même vigueur à l'intérieure de la station, la considération de paramètres sylvicoles est requise : l'abondance (Nombre de tiges par hectare), la dominance (surface terrière en m²/ha) et le volume (m³/ha). Les résultats induits par cette analyse, permettent de regrouper les peuplements ayant des caractéristiques sylvicoles quasi identiques donc de même vigueur. En effet, un peuplement peut être jugé de bon état (vigueur, stabilité ou un peuplement stable) s'il présente de meilleurs résultats relatifs à ces paramètres sylvicoles.

V. Structure spatiale des peuplements

V.1. Analyse de la structure horizontale

Une analyse horizontale qui étudie trois caractéristiques qui sont (La dominance ; L'abondance ; et le volume d'un arbre) ; qui est en relation avec la taille (Robisoa .M. A. et *al.*, 2008). Cette dernière est relative à des attributs quantitatifs soulignant l'importance des peuplements : ce sont l'abondance et la dominance et le volume d'arbre.

V.1.1. La dominance

La dominance qui est révélée par la surface terrière G en m^2/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). La dominance donne une idée sur le degré de remplissage de la forêt c'est à dire la partie de la surface occupée par les tiges. Elle est alors un indice pour la production du peuplement. Comme pour le nombre N , la surface terrière G est également établie par classe de diamètre.

V.1.2. L'abondance

L'abondance traduisant l'effectif des tiges dans le peuplement. Deux types d'abondance sont à considérer ; l'abondance absolue qui est le nombre des tiges à l'hectare (N/ha). Dans notre étude de la viabilité c'est l'abondance absolue qui nous intéresse de plus que l'autre qui est l'abondance relative.

V.1.3. La Contenance (Le volume)

Le volume d'un arbre sur pied ne peut être calculé avec précision car certaines mesures sont approximatives du fait de la hauteur à laquelle elles devraient être prises (hauteur à la découpe, hauteur du fût, hauteur totale). Elle est cependant utile pour estimer la valeur d'une parcelle ou lors de la vente des arbres sur pied (Dawkins 1958).

VI. Analyse de la structure verticale

L'analyse verticale qui induit l'étude du profil structural, permettant ainsi de visualiser l'architecture (Nombre de strates, états de développement), L'espacement ou la distance des arbres d'un peuplement. Et le degré de couverture (surface totale des projections des houppiers des arbres exprimée en pourcent).

VI.1. Le degré de couverture

Le degré de couverture est exprimé par le recouvrement des couronnes qui exprime la surface occupée par la projection verticale des houppiers au sol et donne l'importance relative des espèces arborées au sein d'un peuplement (Forster *et al.*, 2001). Elle permet d'estimer le pourcentage de la surface du sol couvert par la canopée par rapport au pourcentage de la surface où la lumière atteint le sol.

VI.2. Le facteur d'espacement

Le facteur d'espacement de HART selon (Bouchon) (S%). Cet indice est utilisé principalement pour chiffrer l'intensité d'une éclaircie, il donne une relation entre l'espacement moyen $\langle A \rangle$ des arbres et la hauteur dominante $\langle H_{dom} \rangle$ du peuplement.

VII. Les conditions

VII.1. L'analyse de la régénération

La régénération naturelle, d'une manière générale, désigne la faculté d'un écosystème (généralement forestier) à se reconstituer spontanément, après enlèvement de tout ou partie du couvert forestier, que ce soit par coupes rases, coupes partielles ou création de taches de lumière ou de clairières.

Pour effectuer l'analyse de la régénération, il faut une analyse des données qui consiste en l'étude floristique en établissant une liste floristique, et en considérant la fréquence des espèces pour souligner les espèces les plus rencontrées. L'abondance des espèces exprimée en nombre de tige par hectare est aussi calculée dans cette analyse.

Enfin, le taux de régénération (Tr) est donné selon l'échelle de Rothe (1969) par le rapport entre le nombre d'individus régénérés (n) et le nombre d'individus semenciers (N).

- Une espèce est en difficulté de régénération quand le taux (Tr) est inférieur à 100%.
- Si Tr est compris entre 100% et 1000%, l'espèce présente une bonne régénération.
- Si $Tr > 1000\%$, l'espèce a alors une très bonne régénération.

Ainsi, l'étude des régénérations permet une analyse du potentiel d'avenir.

VII.2. La Mortalité

La mortalité, ou taux de mortalité, c'est le rapport entre le nombre d'arbres morts (chablis et mort sur pied...) et le nombre total des arbres dans la parcelle par unité de surface (hectare) et par unité de temps (Randrianjanahary, 2004).

Elle se distingue du taux de morbidité, qui est le nombre de malades annuels rapporté à la population, et du taux de létalité, qui est le nombre de décès rapporté au nombre de malades.

VIII. Les pressions « Stresses »

Ce sont les types de dégradation et dommages qui s'affligent aux systèmes à l'intérieur du site. Il s'agissait de repérer les diverses formes de pression (défrichement, feu, exploitation illicite, érosion, concurrence intra et/ou interspécifique, maladies, mort sur pied, chablis, etc.). Leurs coordonnées sont relevées à l'aide d'un GPS.

Les pressions sont des indicateurs à considérer pour le plan de suivi. Le relevé des pressions concerne non seulement les plots de suivi permanents mais aussi toutes les parcelles de l'arboretum. Il a été réalisé à travers une fouille systématique ou patrouille de chaque parcelle de l'arboretum.

L'analyse des pressions et des menaces permet de comprendre et d'évaluer les impacts de la présence anthropique sur l'arboretum. Cette analyse vise particulièrement à mieux connaître le milieu humain et/ou naturel où peut s'exercer une perturbation éventuelle de la qualité de l'arboretum. L'objectif est de mettre en évidence, de prévoir, puis d'évaluer de manière précise, les changements qui pourront survenir ainsi que leurs conséquences.

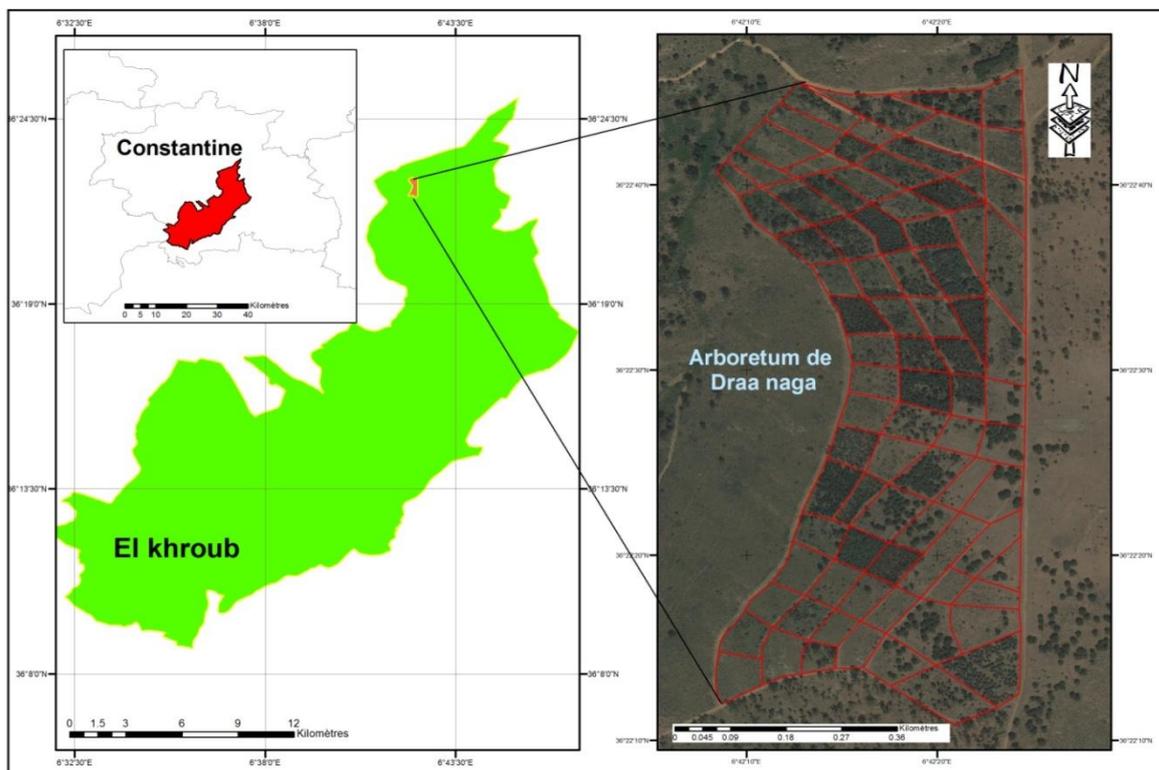
I. Présentation de la zone d'étude

Gérée par la Conservation des Forêts de Constantine, la station forestière « Draa Naga » est formée d'un arboretum (qui a été implanté entre 1954 et 1967) de 77 parcelles, où sont plantées plusieurs espèces sylvoles (feuillus et résineux) de provenances diverses, introduites dans le but de connaître leurs potentialités, adaptations, productivités et de mettre à la disposition des forestiers une gamme d'espèces leur permettant d'orienter la reconstitution de la forêt.

1. Caractéristiques écologiques de la zone d'étude

1.1. Situation géographique

La zone d'étude ou 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. Situation géographique de l'arboretum de Draa Naga.

1.2. Relief hydrographie

Le relief se caractérise par une pente faible (3 à 12%).

Le réseau hydrographique est constitué par quelques ravins par encaissés et à régime d'écoulement temporaire.

1.3. 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.

1.4. Sol

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

II. Méthodologie du travail

1. Investigation bibliographique

Les investigations bibliographiques ont constitué l'étape préliminaire pour pouvoir bien assimiler l'étude. Elles sont par ailleurs un outil très important dans le traitement, l'analyse, et l'interprétation des données.

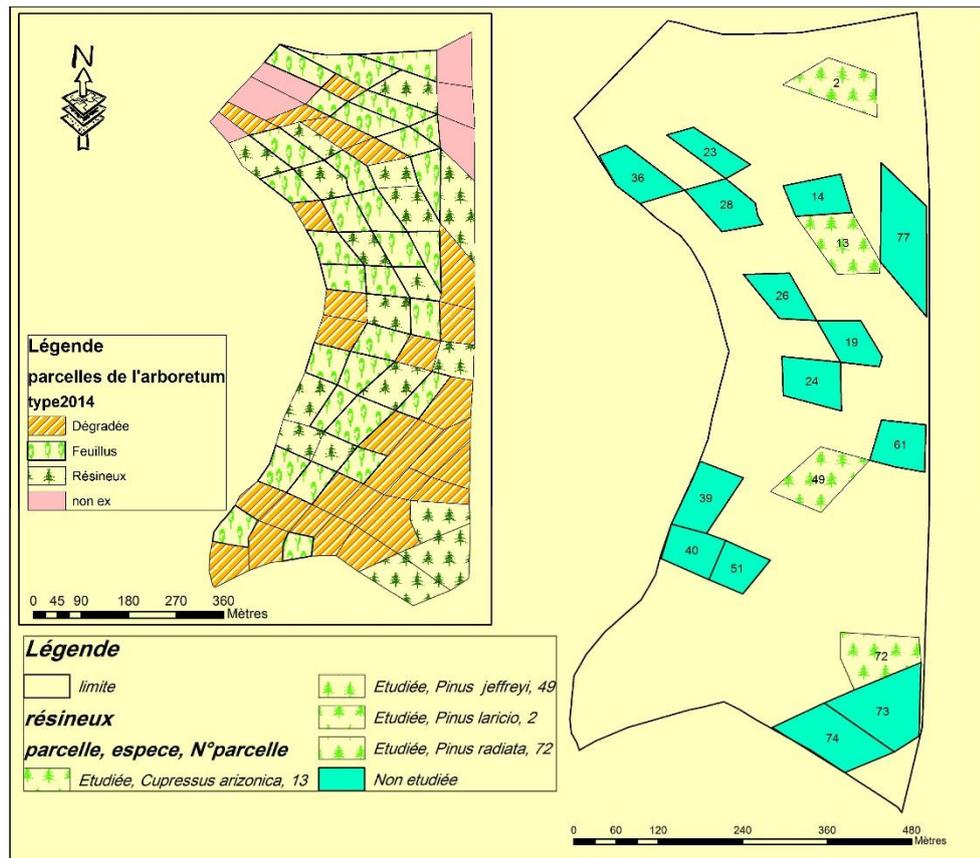
La documentation permet à priori de mettre en place une ligne directrice pour l'étude afin d'atteindre notre objectifs ; Elle permet aussi de mieux connaître la zone d'étude.

Les recherches bibliographiques demeurent également nécessaires durant les phases de traitement, d'analyse des données et de rédaction du rapport final.

2. Travail du terrain

Plusieurs sorties sur terrain ont été organisées pour la collecte des données dans des parcelles des résineux bien déterminées P 2 ; P13 ; P49 ; P72, dans chaque sortie, on a mesuré les paramètres dendrométrique suivante : hauteur ; diamètre a 1.30m ; circonférence ; ainsi le degré de couverture et l'index PHF ; on a noté aussi les différentes pressions qui existe dans chaque parcelles visitées.

La carte 2 représente les 4 parcelles étudiée dans l'arboretum :



Carte 2 : la répartition des 4 parcelles étudiées

2.1. Dendrométrie

La mesure dendrométrique peut également servir à définir et mesurer un certain nombre de critères dendrométriques pour caractériser les peuplements et suivre leur évolution. Ce domaine correspond à la sylviculture et à l'aménagement.

L'objectif de notre étude est de collecter des données concernant l'arboretum de Draa Naga à partir des mesures dendrométrique pour connaître l'état écologique actuel du site, d'identifier des indicateurs de suivi pour mesurer sa viabilité, et d'inclure un système de suivi écologique permanent dans une proposition de plan d'aménagement pour l'arboretum.

Dans notre étude on a effectué les mesures dendrométrique qui sont représenté dans la figure 5

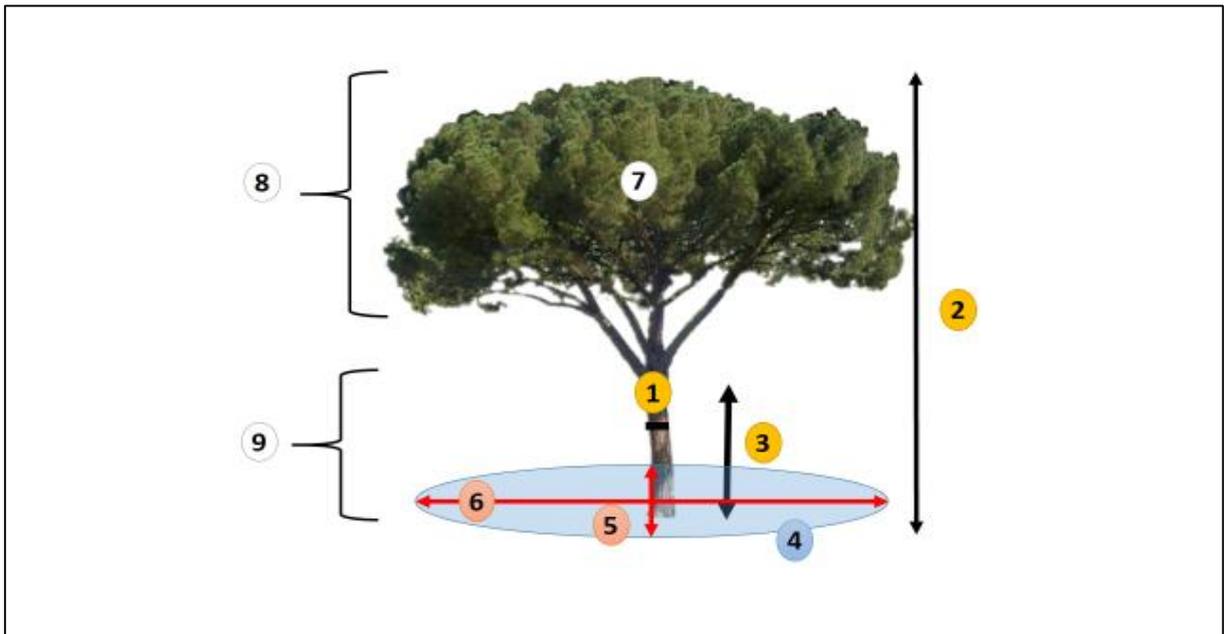


Figure 5 : représente les différents paramètres dendrométriques mesurée sur terrain

Le diamètre à 1,30 m (1) ; Les circonférences (1), La hauteur totale (2) La hauteur du fût (3) Recouvrement (4) (5= mesure du petit diamètre X du houppier, 6 = mesure du grand diamètre Y du houppier) ; L'index PHF (7-8-9) 7- représente la forme du houppier, 8- représente la position du houppier, 9- représente la forme du fût).

Les outils quand a utilisée pour réaliser nos objectifs sont (Annexe 3) :

- Compas forestier pour la mesure du diamètre à 1.30m ;
- Application sur le smartphone pour la mesure de la hauteur totale.
- Mètre ruban pour la mesure de la circonférence ;
- Décamètre pour mesurée le degré de couverture (Projection du houppier) ;
- Peinture pour le marquage des arbres ;
- GPS.

III. Traitement et analyse des données

Après la collecte des données, les informations et les données recueillies durant les travaux de terrain (l'index PHF, mesure dendrométrique, coordonnées GPS, etc.) sont recopiées sur le tableur Excel afin de faciliter leur traitement.

Microsoft Excel 2013 permet le traitement mathématique et statistique, il effectue les calculs élémentaires, les sommes et les moyennes, la réalisation de certaines figures et/ou graphes, ainsi que d'autres fonctions habituellement utilisées.

Les données collectées sur terrain ont permis d'effectuer une analyse des peuplements en général, dans l'arboretum de Draa Naga. A part l'analyse structurale, une analyse des régénérations et une analyse de la viabilité. Après avoir saisie les données on a procédé au traitement des différents paramètres de notre étude.

1. L'élaboration des différentes cartes/ plans des pressions pour les 4 parcelles étudiée de l'arboretum

Après avoir intégré toutes les données du terrain dans le SIG (Logiciel ARCGIS 10), on a procédé à l'élaboration de différentes cartes de cet arboretum selon plusieurs critères (espèces, Type, familles et pression) pour les quatre parcelles étudiée. En créant une table attributaire, cette phase consiste à attribuer pour chaque parcelle plusieurs champs d'informations comme le numéro de la parcelle, type de l'espèce existante, les différentes pressions qui existe dans les 4 parcelles.

La figure 6 démontre la technique de symbologie pour l'élaboration des différentes cartes thématiques et la fonction création de la table attributaire par ARCGIS 10 de l'arboretum.

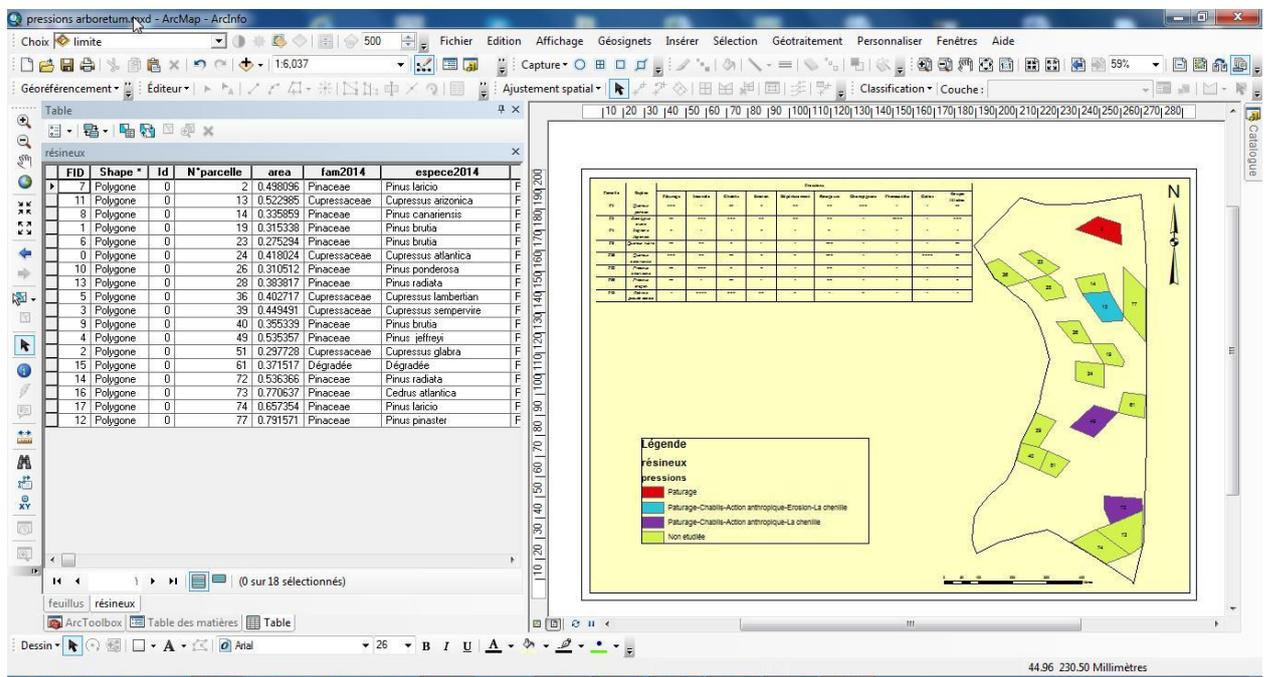


Figure 6 : Elaboration de la table attributaire et élaboration des cartes thématiques par ARCGIS

2. Analyse de la qualité des peuplements

1.2. Le facteur d'élancement ou la stabilité

L'élancement, ou le facteur d'élancement, est un rapport : celui de la hauteur totale (H) de l'arbre sur le diamètre à 1,30 m (D), dans la même unité :

$$\text{CE} = \text{H/D} \text{ (H et D en m)}$$

Ou

$$\text{CE} = (\text{H/D}) \times 100 \text{ (H en m, D en cm)}$$

1.3. Index PHF

Le PHF est un index de 3 chiffres qui résume qualitativement l'état d'un arbre d'une certaine essence forestière dans un peuplement.

Il permet, combiné aux données quantitatives, une interprétation sylvicole plus détaillée (Blaser, 1990). Le PHF se révèle intéressant pour les parcelles permanentes d'accroissement, pour juger à long terme la concurrence entre les différents arbres ou espèces.

La qualité du peuplement peut être donnée par l'index PHF, qui est un jugement de la position de l'arbre ou position du houppier (**P**) (par rapport aux autres et indiquant ainsi la dominance et le stade de compétition ou l'exposition vers l'étage dominant), de la forme générale des houppiers (**H**), et de la forme des fûts (**F**).

1.4. Potentiel exploitable

Le potentiel exploitable des peuplements peut être affecté à la qualité. Le seuil d'exploitabilité est le diamètre strictement supérieur à 40cm. plus les peuplements sont riches en individus de gros diamètre, plus ils sont à fort potentiel, et plus leur qualité est meilleure.

3. Traitement et analyse de la Structure spatial des peuplements

La structure de la végétation est définie comme la répartition et l'agencement des plantes les unes par rapport aux autres constituant une formation végétale (Guinochet, 1973). Elle permet d'une part, d'avoir une image réelle ou la représentation de l'ensemble de la végétation et d'autre part, de déterminer l'organisation spatiale des espèces.

La structure de la végétation peut être caractérisée selon deux manières :

3.1. Analyses de la Structure horizontale

La structure horizontale exprime l'agencement et la répartition des individus suivant le plan horizontal ; cette répartition se traduit par la densité des espèces dans le site d'étude, et par

extension, la valeur de la surface terrière et du biovolume des individus présents. (Robisoa .M. A. et *al.*, 2008)

3.1.1 L'abondance

L'Abondance d'une espèce est la Quantité relative au nombre d'individus d'une espèce donnée par unité de surface ou de volume par rapport à leur nombre total.

L'abondance traduisant l'effectif des tiges dans le peuplement. L'abondance absolue qui est le nombre des tiges à l'hectare (N/ha). Dans notre étude de la viabilité l'abondance absolue qui nous intéresse de plus que l'autre qui est l'abondance relative.

3.1.2 La dominance

La dominance qui est révélée par la surface terrière G en m²/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) calculée par la formule :

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

gi : surface terrière de chaque individu en m².

d : diamètre de l'arbre en m.

3.1.3. Contenance (volume)

Le volume du peuplement qui s'exprime en m³ par hectare et donné par la formule de DAWKINS (1958) :

$$V = \sum vi = \sum [gi * hi] * 0,53$$

0.53 : coefficient de forme.

gi : surface terrière de l'arbre i.

hi : hauteur totale de l'arbre i. mais pour le calcul de volume exploitable.

3.2. Analyse de la Structure vertical

Elle exprime le type d'occupation de l'espace aérien par les végétaux et l'agencement des différentes strates constituées par des espèces différentes ou par une même espèce mais à différents stades de croissance.

Selon M'Hirit (1982), la structure verticale de la végétation correspond au recouvrement du sol par les différentes strates arborescente, arbustive, sous arbustive et herbacée, elle peut renseigner sur les potentialités de la station et sur le dynamisme du peuplement forestier.

3.2.1. Le degré de couverture

Le degré de couverture est exprimé par le recouvrement des couronnes qui exprime la surface occupée par la projection au sol de la couronne des arbres. Elle permet d'estimer le pourcentage de la surface du sol couvert par la canopée par rapport au pourcentage de la surface où la lumière atteint le sol. (Forster *et al.*, 2001)

$$\text{Degré de couverture (\%)} = (\sum S_h * 100) / S_p$$

n : = nombre de houppiers

S_h : surface couverte par houppier

S_p : surface de la parcelle

Lorsque le degré de couverture du peuplement est supérieur à 50%, la surface est forestière. Lorsque celui-ci est inférieur à 30%, la surface est en principe non forestière.

Selon la classification du recouvrement de la végétation forestière (Forster *et al.*, 2001)

*Recouvrement inférieur < 10 % : Végétation forestière quasiment inexistante.

*Recouvrement entre 10 % et 30 % : Végétation forestière dispersée.

*Recouvrement entre 30 % et 50 % : Végétation forestière claire / ouverte.

*Recouvrement entre à 50 % et 70 % : Végétation forestière dense.

*Recouvrement > à 70 % : Végétation forestière dense continue.

3.2.2. Le facteur d'espacement

L'espacement ou distance moyenne des arbres d'un peuplement est sans doute un des critères les plus simples pour exprimer la densité. C'est une des méthodes les plus intéressantes pour définir la plus ou moins grande densité d'un peuplement.

Le facteur d'espacement de HART (Bouchon), ($S\%$). Cet indice est utilisé principalement pour chiffrer l'intensité d'une éclaircie, il donne une relation entre l'espacement moyen < A > des arbres et la hauteur dominante < H_{dom} > du peuplement.

Le facteur d'espacement $S \%$ est défini par la formule :

$$S \% = \frac{A}{H_{dom}} \times 100$$

Dont :

$$A = \sqrt{\frac{10000}{N * 0.866}}$$

Nous rappellerons que si on appelle A la distance moyenne des tiges d'un peuplement (directement fonction du nombre de tiges à l'hectare N).

H_{dom} la hauteur dominante (qui sera, par exemple, la hauteur moyenne des 100 plus gros arbres à l'hectare)

4. Les conditions

4.1. Le taux de mortalité

La mortalité, ou taux de mortalité, est le rapport entre le nombre annuel des arbres morts et le nombre des arbres vivants sur cette année d'un territoire donné (Robisoa .M. A. et al., 2008). Il est calculé par la formule suivante :

$$Tm (\%) = \frac{m}{M} \times 100$$

M : nombre des arbres vivants ; m : nombre des arbres morts

4.2. L'analyse de la régénération

La régénération est le rapport entre le nombre d'individus régénéré (n) et le nombre d'individu total (N). Elle peut être axée sur la catégorie des jeunes bois qui dans cette étude rassemble les petites tiges dont le diamètre est compris entre 1 cm et 10 cm.

L'avenir du peuplement forestier est estimé à partir du taux de régénération (TR) (Rollet, 1969) dont la formule est :

La régénération est le rapport entre le nombre d'individus régénéré et le nombre d'individu total :

$$\text{Tr \%} = \frac{n}{N} \times 100$$

(N) nombre d'individu total ; (n) nombre d'individus régénéré.

5. Analyse des pressions et menaces

Le suivi des pressions est très important en matière de suivi écologique. Pour l'arboretum de Draa Naga, il s'agissait de repérer les diverses formes de pression (défrichage, incendie, exploitation illicite, érosion, pâturage, maladies, mort sur pied, chablis, etc.). Leurs coordonnées sont relevées à l'aide d'un GPS. Les pressions sont des indicateurs à considérer pour le plan de suivi.

L'analyse des pressions et des menaces permet de comprendre, d'évaluer les impacts de la présence anthropique sur la forêt.

Cette analyse vise particulièrement à connaître suffisamment le milieu humain et/ou naturel où peut s'exercer une perturbation éventuelle de la qualité de l'environnement, dont l'objectif est de mettre en évidence, de prévoir, puis d'évaluer de façon la plus juste possible, les changements que pourront survenir ainsi que les conséquences.

6. Analyse de la viabilité

L'analyse de la viabilité elle peut être estimée par les catégories (taille ; conditions ; contexte spatial ; pression). Des attributs de mesure de viabilité sont choisis parmi les paramètres mesurés dans l'analyse sylvicole. Ces attributs correspondent à quatre catégories : taille, conditions, contexte spatial et pressions (Robisoa .M. A. et al., 2008).

- La taille est relative à des attributs quantitatifs soulignant l'importance des peuplements : ce sont l'abondance et la dominance.
- les conditions sont la régénération, la mortalité et la stabilité.
- le contexte spatial est régi par le degré de couverture et l'espacement moyen des arbres.
- et les pressions sont révélées par une carte des pressions du site d'observation.

IV. traitement statistique des données

Les données des inventaires ont été analysées et exploitées avec les programmes de calcul : le tableur Microsoft Excel 2013 et XLSTAT 2014. Toutes les données récoltées ont été organisées de manière à obtenir une version synthétique facilitant l'analyse des données et leur exploitation. A partir des données collectées, des tableaux, des figures, des graphes ont été

établis à l'aide du tableur Microsoft Excel 2013 et XLSTAT 2014 pour faciliter l'interprétation des données ; afin d'analyser l'évolution des peuplements dans la zone d'étude.

Ce schéma représente un organigramme sur lequel nous avons établis notre plan de travail :

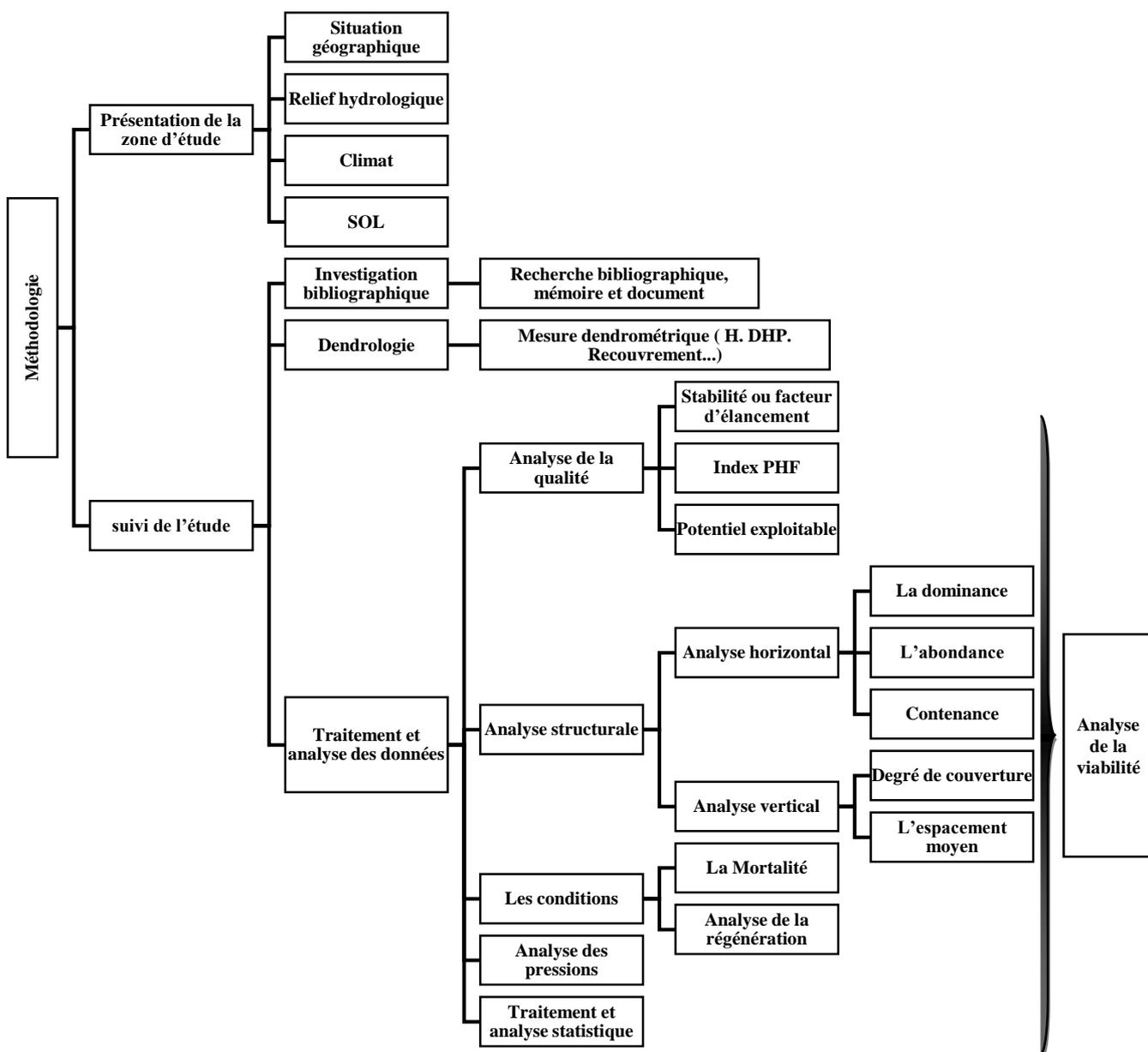


Figure 7 : L'organigramme de plan de travail

I. Résultats et discussion

L'état écologique de l'arboretum, défini à travers les résultats qui suivent, constitue l'état zéro ou état de référence pour effectuer un suivi permanent. Les données avancées s'agissent d'une description d'un état de référence de l'arboretum pour cette année 2015 (temps t0), cet « état écologique » est déterminé au sens quantifiable et qualifiable à travers les paramètres sylvicoles pour la flore. Il faut rappeler que les transects sont subdivisés en plusieurs longueurs formant ainsi des plots permanents de suivi.

Dans notre cas on a travaillé sur 4 parcelles (P2 ; P13 ; P49 ; P72), tous les données concernant ses parcelles sont définie dans le tableau 1 :

Tableau 1 : Les données collecté des parcelles visitées

N° Parcelle	Espèces inventoriés	Nombre de tige initial	Nombre actuel des tiges (N/ha)	Superficie (ha)
P2	<i>Pinus laricio</i>	1000	12	0,50
P13	<i>Cupressus arizonica</i>	1460	515	0,52
P49	<i>Pinus jeffreyi</i>	230	17	0,54
P72	<i>Pinus Radiata</i>	???	41	0,54

1. Stabilité des peuplements

La stabilité du peuplement dépend à la fois de la densité et de l'élancement des arbres. L'étude de l'élancement des arbres vise à déterminer les facteurs de variation de sa valeur et ses relations avec la stabilité du peuplement.

La structure horizontale d'une espèce rassemble la répartition de tiges et la répartition de la surface terrière par classe de diamètre. Etant donné que la densité, la surface terrière et l'état de développement du peuplement sont fortement liés entre eux, l'étude de l'un ne peut se faire sans l'introduction d'un autre. Le tableau suivant récapitule les principales caractéristiques des peuplements qui existent dans les parcelles visée.

Tableau 2 : caractéristiques quantitatives des peuplements

Parcelle	D	H	H/D	g	gh	(g-gh)	N/ha	G /ha
P2	34,02	18,42	54,14	0,09	0,091	-0,001	12	1,08
P13	16,99	9,65	56,80	0,0251	0,023	0,002	515	12,93
P49	28,12	9,08	32,29	0,07	0,062	0,008	17	1,19
P72	10,03	5,94	59,22	0,008	0,008	0,000	41	0,33

1.1. La densité ou l'abondance

Pour pouvoir tirer des informations sur l'abondance (densité) des peuplements étudiée dans chaque parcelle, on va essayer d'ordonner les données dans le précédent tableau. Dans le tableau et la figure ci-après, les Parcelles sont alignées par ordre croissant de diamètre à 1.30 m moyen (le diamètre moyen caractérise l'état de développement du peuplement).

Tableau 3 : densité et surface terrière totales en ordre croissant d'état de développement de peuplement

Parcelle	D_{1,3m} (cm)	H/D	(g-gh) cm²	N/ha	G (m²/ha)
P72	10,03	59,22	0	41	0,33
P13	16,99	56,8	0,002	515	12,93
P49	28,12	32,29	0,008	17	1,19
P2	34,02	54,14	-0,001	12	1,08

La figure suivante montre la structure de chaque peuplement des 4 parcelles visée on fonction de la densité :

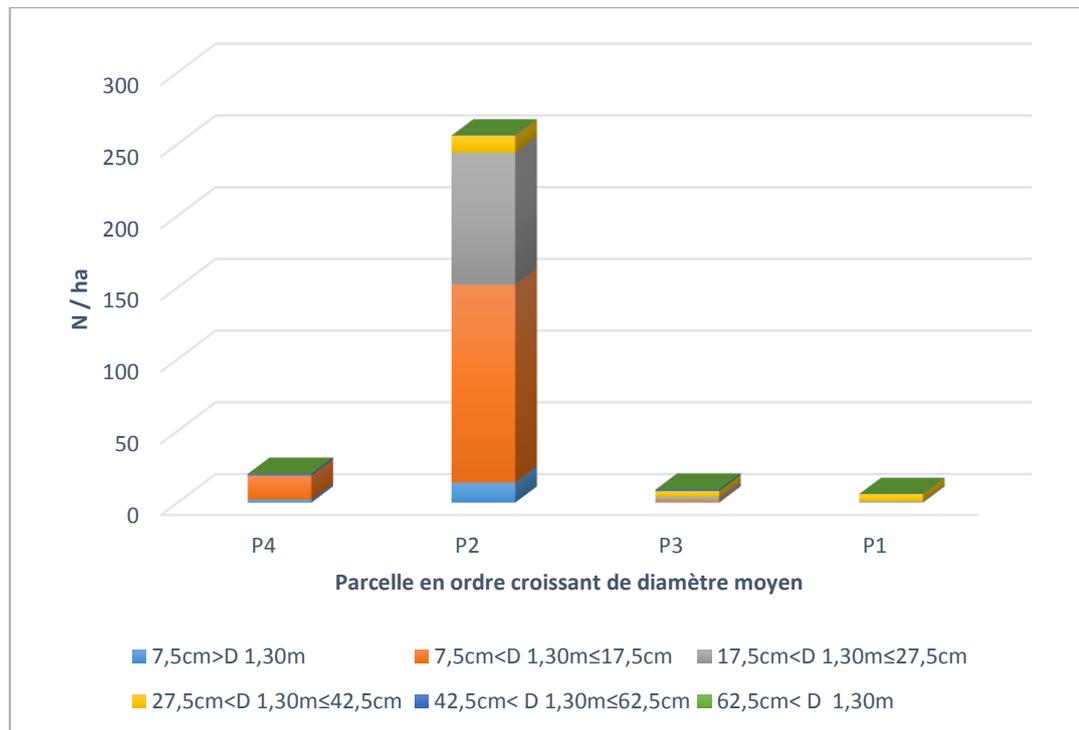


Figure 8 : La densité par classe de diamètre

Avec un diamètre moyen compris entre 10.03 cm et 34.02 cm, Par ordre croissant de diamètre moyen des peuplements ; on trouve deux groupes :

Les peuplements des P4 et P2 sont à l'état de bas et haut perchis, dont la densité est de 41 / ha pour la P4 est une densité de 515 /ha pour la P2 ; dans le bas perchis et le haut perchis ils se différent l'un de l'autre par leur diamètre ; L'état de perchis est caractérisé par la culmination de la croissance en hauteur. L'axe de la tige est établi sur une longueur suffisante. Vu que l'espace vitale de l'arbre augmente en fonction du carré de sa hauteur, il y a une augmentation plus rapide de la compétition du peuplement à l'état de perchis. Au perchis commence alors l'éducation individuelle de l'arbre.

Les peuplements de P3 sont à l'état de jeune futaie dont la densité est de 17 / ha et Pour le peuplement de P1 est à l'état de futaie moyenne pour une densité 12 / ha. L'utilisation du diamètre comme critère de détermination d'état de développement a plutôt une finalité économique puisque la grosseur des arbres est liée aux assortiments de produits. A l'état de développement de futaie, la taille des arbres augmente leur valeur économique. Le principal risque est le vol de bois ou branches qui rendent le peuplement plus sensible aux perturbations climatiques comme la tempête et le cyclone. Les chablis sont alors fréquents dans le peuplement ayant subi de tel dommage.

Le plus jeune de tous est celui de la Parcelle 4 avec un diamètre à hauteur d'homme de 10.03 cm en moyenne. Le total de nombre de pieds atteignant le diamètre de surface terrière mesurable est seulement de 41 pieds/ ha.

1.2. La surface terrière ou l'abondance

La figure suivante montre la structure des peuplements étudiée pour chaque parcelle en fonction de la surface terrière par classe de diamètre :

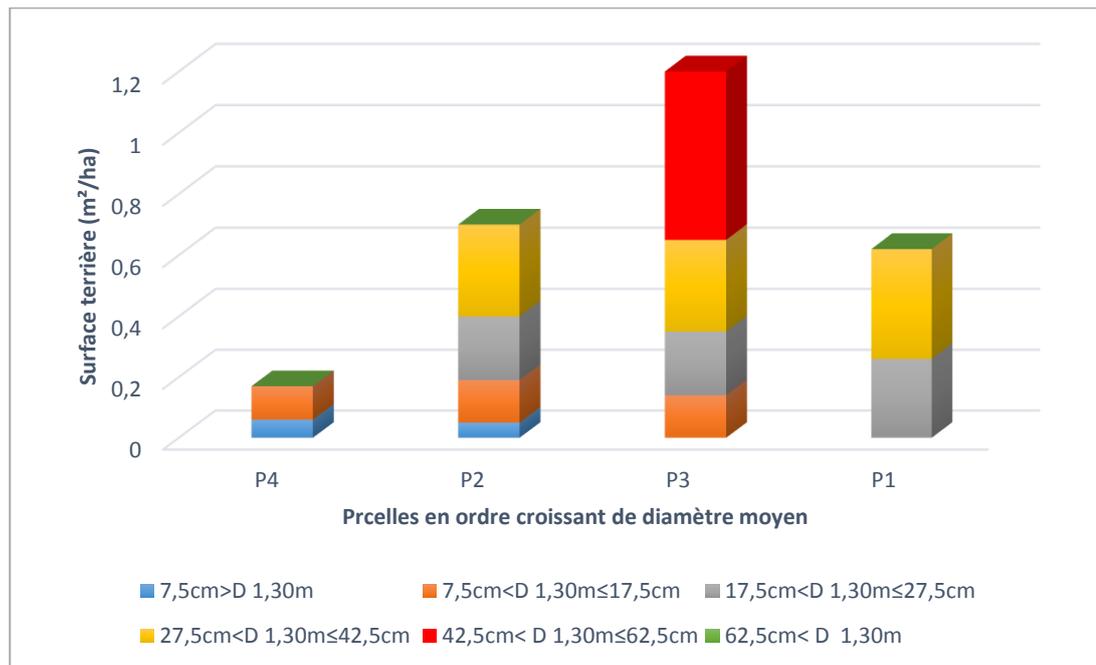


Figure 9 : Surface terrière par classe de diamètre

La surface terrières des peuplements varie entre 0.05 m² /ha (P 13) à 0.55 m² /ha (P 49) ; la surface terrière augmente en fonction de diamètre et la densité (N / ha) ; Ces valeurs peuvent être expliquées par l'abondance des peuplements ayant des gros diamètres ($d \geq 30\text{cm}$) ;

Les peuplements de *Pinus jeffreyi* qui ont la plus grande dominance c'est en fonction de leur diamètres à 1.30 m ; pour une densité de 41 / ha, on peut dire que malgré sa faible densité par rapport aux autres parcelles qui ont une densité plus élevée que celle-ci, mais ce peuplement a une surface terrière élevée,

L'état de développement des peuplements qui détermine la surface terrières dépend de la répartition des tiges à travers les classes de diamètres (Andriamahazo M. 2003).

La surface terrière donne une idée sur le degré de remplissage de l'arboretum. Valeur utilisable pour suivre l'évolution du peuplement dans son ensemble. Elle permet la comparaison rapide entre différents peuplements. (Rasatatsihoarana H. et al., 2009)

La différence entre la surface terrière moyenne et la surface terrière de l'arbre moyen : $(g - gh)$ cm² des 4 peuplements qui existe dans chaque parcelle (p1= P2, p2=P 13, p3= P49, p4= P 72)

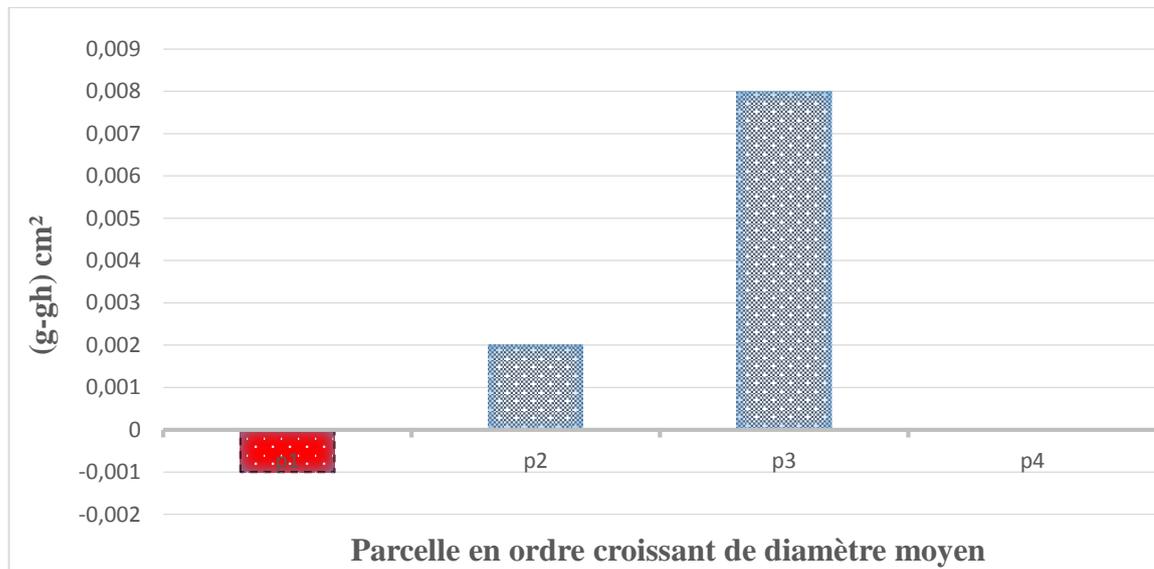


Figure 10 : différence entre surface terrière moyenne et surface terrière de l'arbre moyen

La valeur de $(g - gh)$ de ces peuplements varie de -0.001 cm² pour celui de la parcelle 1 à 0.008 cm² pour celui de la parcelle 3.

Le peuplement celui de la parcelle 1 (P 2) (*Pinus laricio*) a un $(g - gh)$ négatif dont la valeur absolue est la plus petite de toutes. Autrement dit, les arbres ont en moyenne une surface terrière plus petite que celle de l'arbre moyen et la différence entre les diamètres des tiges est relativement faible, Car ce peuplement il est moins dense.

Par contre les autres peuplements ayant un diamètre moyen compris entre 16.99 (Parcelle 2) à 28.12 (Parcelle 3) ont un $(g-gh)$ positif. Ce qui signifie que dans ces peuplements les arbres sont en moyenne plus gros que l'arbre moyen.

Le peuplement le plus jeune de tout (celui de la parcelle 4) a un $(g - gh)$ égale à zéro, dont la valeur absolue est petite .Ce qui n'est pas étonnant dans un jeune peuplement où les arbres sont en train de lutter pour leur survie au sein de la population. Il y a surtout une concurrence pour l'accès à la lumière, donc la croissance en hauteur prime sur la croissance en diamètre.

On peut conclure que ni la densité totale ni le diamètre moyen du peuplement n'expliquent plus le paramètre $(g - gh)$. Nous pouvons dire que les autres facteurs de développement comme l'espacement, la texture et le couvert influencent beaucoup la productivité du peuplement vers le diamètre moyen.

1.3. Coefficient de l'élancement

La figure suivante montre les CE des peuplements en ordre croissant de diamètre 1.30m pour chaque parcelle visitée :

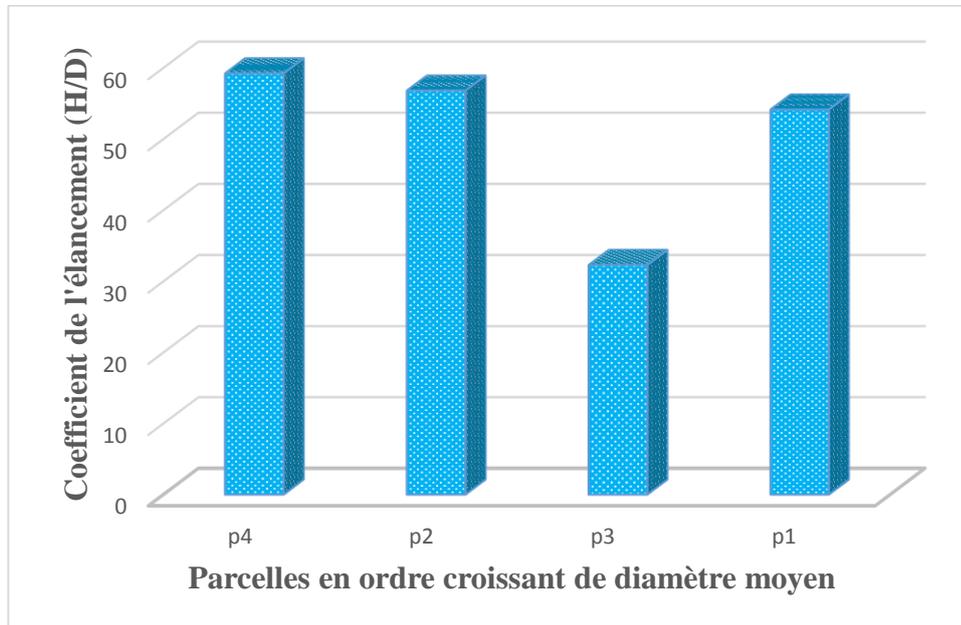


Figure 11 : coefficient d'élancement par Parcelle en ordre croissant de $D_{1.30\text{ m}}$

La Parcelle (P72) qui a le plus grand facteur de l'élancement qui est : 59.22 ; Pour un diamètre moyen 10.03 cm, La variation de H /D est irrégulière. Par contre le coefficient d'élancement des autres peuplements diminue par rapport à la parcelle 72, on trouve que la parcelle P2 dont diamètre moyen est de 16.99 cm dont le facteur d'élancement est de 56.80 ; parcelle P1 (34.02 cm de diamètre moyen dont le facteur d'élancement est de 54.14) et la dernière parcelle P3 (28.12 cm de diamètre moyen dont le facteur d'élancement est de 32.29).

L'étude de l'élancement des arbres vise à déterminer les facteurs de variation de sa valeur et ses relations avec la stabilité du peuplement. Cette constatation permet de supposer que le coefficient d'élancement est fonction du diamètre moyen donc de l'âge du peuplement.

La moyenne des coefficients d'élancement (CE) de toutes les parcelles étudiées est : 50.61. Pour avoir une meilleure stabilité ; la valeur de CE doit être autour de 80. Cela signifie que les peuplements des résineux qui existent dans chaque parcelle leur stabilité est Moyenne. Cela signifie que les peuplements ont une sensibilité aux perturbations car le seuil est autour du 80.

La figure suivante montre le coefficient d'élancement en fonction du diamètre moyen du peuplement ; ainsi que la courbe de tendance polynomiale de la fonction.

Le coefficient d'élanement en fonction du diamètre

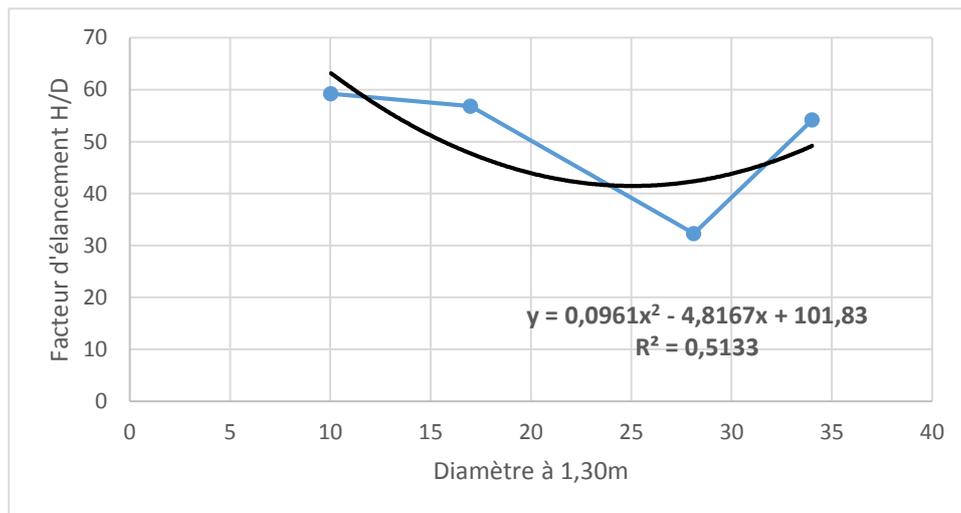


Figure 12 : coefficient d'élanement en fonction du diamètre moyen du peuplement

D'après cette figure, le coefficient d'élanement est une fonction négative du diamètre moyen. Le coefficient de détermination $r^2 = 0.5133$ de la courbe de tendance signifie que 50 % des valeurs observées ne sont pas expliquées par la courbe de tendance.

La hauteur totale en fonction du diamètre à hauteur d'homme

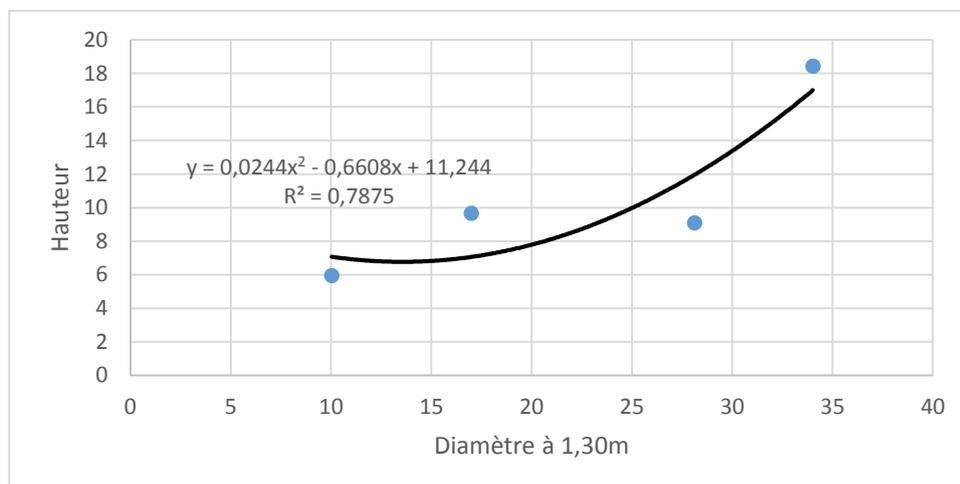


Figure 13 : hauteur totale moyenne en fonction du diamètre à 1.3 m du peuplement

D'après le coefficient de détermination, 78 % des valeurs observées de la hauteur sont expliquées par la courbe de tendance. Nous pouvons alors utiliser cette courbe pour la prévision de la hauteur moyenne d'un peuplement de régénération naturelle livré à lui-même si le diamètre moyen est connu.

1.4. Index PHF

Le PHF est un index de 3 chiffres qui résume qualitativement l'état d'un arbre. La qualité du peuplement peut être donnée par l'index PHF.

La position du houppier elle est donnée par la 1^{ère} lettre **P**, Elle est exprimée par les valeurs 100, 200, 300, 400 et 500 (notée P1, P2, P3, P4, P5) ; indiquant ainsi la dominance et le stade de compétition ou l'exposition vers l'étage dominant et l'intensité de l'insolation sur le houppier.

La 2^{ème} lettre **H** désigne la forme du houppier. Elle varie de 10 à 50 elle explique la forme générale des houppiers donnée par (H1, H2, H3, H4, H5).

La 3^{ème} lettre **F** désigne la forme du fût. Elle varie de 1 à 6 notée (F1, F2, F3, F4, F5, F6) et donne des indications sur la qualité du fût (Rajoelison, 1997).

Il permet, combiné aux données quantitatives, une interprétation sylvicole plus détaillée (Blaser, 1990).

Dans notre études on va comparais l'index PHF pour chaque parcelle selon le nombre de tiges inventerai

1.4.1. Position du houppier (P)

L'index P donne une relation entre la position du houppier d'un arbre considéré et celle des arbres voisins. Il indique la dominance, le stade de compétition ou l'exposition vers l'étage dominant du houppier (Blaser, 1990).

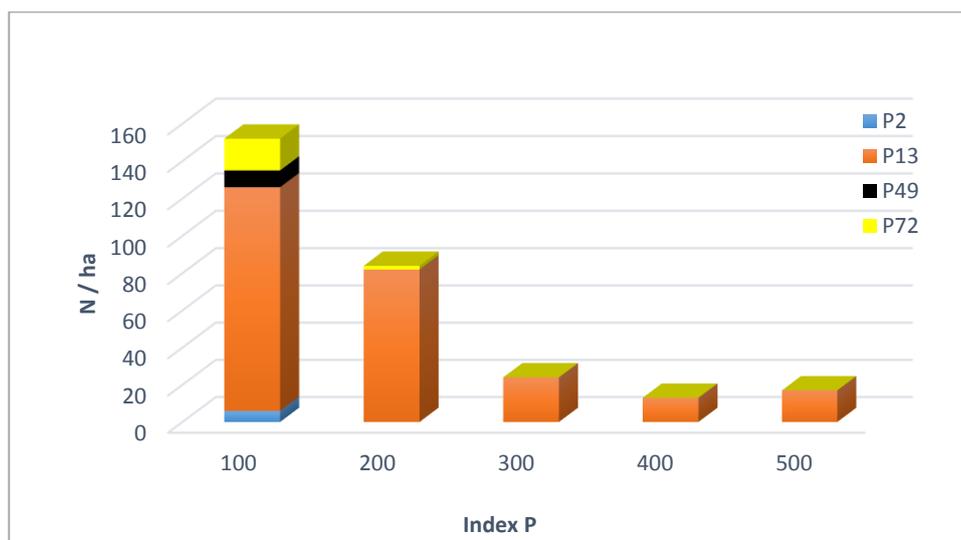


Figure 14 : le nombre total des tiges pour les 4 parcelles selon l'Index P

D'après cette figure, on peut déduire que :

- ✓ 152 pieds des arbres qui ont leur Index P égal à 100 sont à houppier en pleine lumière d'en haut et latéralement. Ce sont généralement des arbres dominants ;
- ✓ 84 pieds de peuplement qui ont leur Index P égal à 200 ; sont à houppier en pleine lumière d'en haut mais couvert latéralement ;
- ✓ 24 pieds de peuplement qui ont leur Index P égal à 300 ; sont à houppier partiellement en pleine lumière d'en haut ;
- ✓ 13 Pieds sont à houppier sans lumière d'en haut, partiellement éclairés latéralement, qui ont leur Index P égal à 400 ;
- ✓ 17 Pieds qui ont leur Index P égale à 500, sont à houppier sans lumière directe. Ce sont les arbres du sous-bois ou arbres du sous étage complètement couverts.

1.4.2. Forme du houppier (H)

En relation avec la dimension et le stade de développement d'un arbre, l'apparence de la qualité d'houppier déterminera l'accroissement. La forme du houppier indique qualitativement le développement antérieur d'un arbre et probablement sa potentialité future. La forme du houppier caractérise l'importance du volume du houppier par rapport à la tige et l'existence d'une taille des branches (Blaser, 1990).

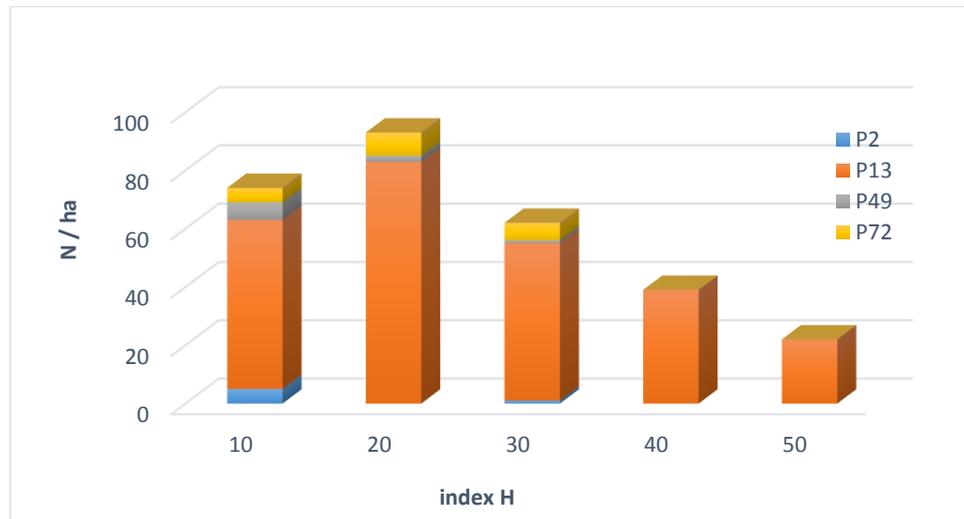


Figure 15 : le nombre total des tiges pour les 4 parcelles selon l'Index H

D'après cette figure, on peut dire que :

- ✓ 74 pieds qui ont leur Index H égale à 10 ce sont les arbres à houppier parfait (c'est à dire houppier circulaire en plan, symétrique, dense, étendu ;

- ✓ 93 pieds qui ont leur Index H égale à 20 ce sont les arbres à houppier plus ou moins circulaire en plan avec quelques déficiences de symétrie ; ce sont les arbres dominants dans ce peuplement ;
- ✓ 62 pieds qui ont leur Index H égale à 30 ce sont les arbres à houppier tolérables (houppier partiellement asymétrique, ouvert) ;
- ✓ 39 pieds qui ont leur Index H égale à 40 ce sont les arbres à houppier fortement asymétrique ;
- ✓ 22 pieds qui ont leur Index H égale à 50 ce sont les arbres à houppier dégradé ; Un nombre très faible par rapport aux 4 parcelles.

1.4.3. La forme du fût (F)

La forme du fût est un index de la qualité et de la quantité du bois de sciage qu'on peut obtenir d'un arbre. Il est important pour estimer la valeur d'une future exploitation. La forme du fût n'est pas liée à l'accroissement, mais elle influence certainement les futures pratiques sylvicoles.

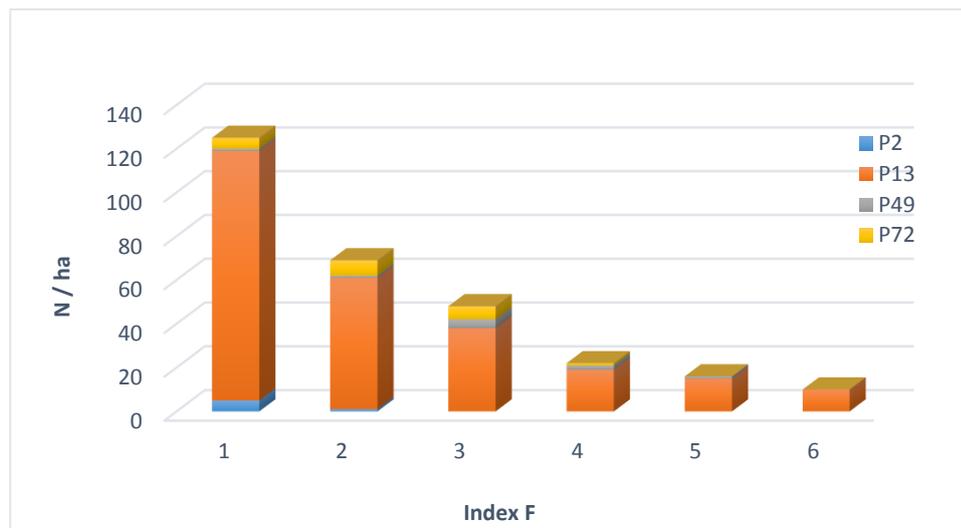


Figure 16 : le nombre total des tiges pour les 4 parcelles selon l'Index F

Il ressort de cette figure que :

- ✓ 125 des tiges ont un fût droit, rond et plein ; cylindrique ; sans défaut, sans embranchements. Le peuplement de *Cupressus arizonica* domine ;
- ✓ 69 des tiges ont un fût droit, cylindrique, légèrement bombé, sans défaut, sans embranchements
- ✓ 48 des tiges ont un fût partiellement droit, en partie cylindrique, généralement conique ; sans défaut ;

- ✓ 22 des tiges ont un fût droit sur quelques mètres ; conique ; sans défaut sérieux ;
- ✓ 16 des tiges ont un fût irrégulier, tortueux fortement conique, avec des fourches, en partie défectueux.
- ✓ 10 des tiges ont un fût très irrégulier, très fourchu et/ou tortueux avec des défauts nettement visibles.

Tableau 4 : Les moyennes de PHF pour chaque parcelle

Parcelle	N/ ha	PHF	Qualité	PHF Cumulé	PHF Cumulé							
					P	Tiges	H	Tiges	F	Tiges	PHF	Somme
P2	12	115	bonne		100	152	10	74	1	125	111	351
P13	515	222	Bonne		200	84	20	93	2	69	222	246
P49	17	118	Bonne		300	24	30	62	3	48	333	134
P72	41	126	Assez bonne		400	13	40	39	4	22	444	74
					500	17	50	22	5	16	555	55
					-	-	-	-	6	10	556	10
					Tot	290	Tot	290	Tot	290	Moyenne	145

D'après le tableau 4 on peut déterminée l'état de notre peuplement c'est par rapport aux nombre de tiges / ha en fonction de l'index PHF dans les 4 parcelles étudiée ; l'état de notre peuplement est : Assez Bonne.

1.5. Contenance

D'après le tableau 5, les volumes totaux varient de 0.51 m³/ha à 32.08 m³/ha. Le volume total et en fonction de la surface terrière et la hauteur total ; Il est donc normal d'affirmer que la parcelle 13 (*Cupressus arizonica*) qui a le volume total le plus élevé (32.08 m³/ha) par rapport aux autres parcelles, ce volume total qui est en relation avec la dominance et l'abondance (515 tiges /ha), d'où leur volume est le plus important.

Tableau 5 : Les volumes en m³/ha pour les 4 parcelles

Parcelle	Espèces	Contenance m ³ / ha
P 2	<i>Pinus laricio</i>	5.37
P 13	<i>Cupressus arizonica</i>	32.08
P 49	<i>Pinus jeffreyi</i>	3.21
P 72	<i>Pinus raddiata</i>	0.51

1.6. Potentiel exploitable

Le potentiel exploitable des peuplements il est affecté par la qualité de bois. Le seuil d'exploitabilité est le diamètre strictement > 40cm. Le tableau 6 représente les classes de diamètre des 4 parcelles étudiées :

Tableau 6 : représente les classes de diamètre

N° parcelle	N /ha	Classe de diamètre					
		7,5cm>D 1,30m	7,5cm<D ≤17,5cm	17,5cm<D ≤27,5cm	27,5cm<D ≤42,5cm	42,5cm< D ≤62,5cm	62,5cm< D 1,30m
P2	12			26	35.62		
P13	515	5.32	14.26	21.16	30.08		
P49	41		13.5	21.33	30.23	54.7	
P72	70	6	10.59				

Selon le tableau 6 on peut remarquer qu'on a un seul pied qui est supérieur à 40 cm (qui atteignent leur niveau d'exploitabilité). On peut déduire que nos peuplements étudiés ont un faible potentiel exploitable. Cela est dû à la faible densité (nombre de tiges /ha) et aussi à l'état de développement de ces peuplements en hauteur pour chercher la lumière (la concurrence des tiges surtout dans la parcelle 13 grâce au nombre élevé de tiges 515 /ha) ; c'est pour ça qu'on peut trouver un pied qui peut atteindre 14 m de hauteur mais leur diamètre est très petit 6 cm.

2. Les conditions

2.1. L'analyse de la régénération

Dans cette étude ; La régénération naturelle est constituée par les classes de diamètre (Perchette $D_{1.30m} < 7.5$ cm et les perches 7.5 cm < $D_{1.30m} < 17.5$ cm).

L'état de la régénération naturelle peut être apprécié à travers le taux de régénération (Tr) qui est le rapport entre les individus de régénérations et les individus autres que les régénérations (ROTHE, 1964).

L'avenir du peuplement forestier peut être estimé à partir de l'analyse de la régénération naturelle en calculant le taux de régénération (Tr) (Rollet, 1969) dont la formule est :

$$\text{Tr (\%)} = (\text{Nr} / \text{Ns}) \times 100$$

Nr = Nombre d'individus régénéré

Ns = Nombre d'individus de semenciers

Les résultats du taux de régénération qu'on a obtenus pour chaque parcelle, nous nous somme résumée dans le tableau suivant :

Tableau 7 : Taux de régénération pour les 4 parcelles

Parcelle	Espèce	N /ha	Taux de régénération (Tr%)
P 2	<i>Pinus laricio</i>	12	0
P 13	<i>Cupressus arizonica</i>	515	61.19 %
P 49	<i>Pinus jeffreyi</i>	17	11.11 %
P 72	<i>Pinus radiata</i>	41	115.79 %

Le taux de régénération de la Parcelle 2 est égal à 0 % ; donc il n'y a aucun signe de régénération dans cette parcelle.

Le taux de régénération de la Parcelle 13 est égal à 61.19 % ; il est proche de 100% donc en peu dire que le Tr du *Cupressus arizonica* est Moyen.

Le taux de régénération de la Parcelle 49 est égal à 11.11 % ; donc l'espèce *Pinus jeffreyi* est en difficulté de régénération (faible régénération).

Le taux de régénération de la Parcelle 72 est égal à 115,79 %. En se référant à l'échelle de (ROTHE, 1964), ce taux est compris entre 100% et 1000%, ce qui signifie que la régénération de l'espèce *Pinus radiata* est bonne. Les régénérations peuvent alors assurer l'avenir du peuplement de *Pinus radiata* dans cette parcelle (P72).

2.2. Le Taux de mortalité

La mortalité, ou taux de mortalité, c'est le rapport entre le nombre d'arbres morts (chablis et mort sur pied...) et le nombre total des arbres dans la parcelle par unité de surface (hectare) et par unité de temps (Randrianjanahary, 2004).

Les résultats sont notés dans le tableau suivant :

Tableau 8 : taux de mortalité des 4 parcelles

Parcelle	Taux de mortalité (%)	Etats
P2	0 %	Aucun signe de mortalité
P13	19.78 %	la mortalité enregistrée est surtout induite par des chablis ; les coupes illicites et les morts sur pieds
P49	11.11 %	la mortalité enregistrée est surtout induite par des chablis
P72	0 %	Aucun signe de mortalité dans cette parcelle

3. Contexte spatial

3.1. Degré de couverture

Le degré de couverture représente la somme des projections des couronnes des arbres des peuplements rapporté à sa surface totale (Schutz, 1997). Lorsque le degré de couverture du peuplement est supérieur à 50%, la surface est forestière. Lorsque celui-ci est inférieur à 30%, la surface est en principe non forestière.

Selon la classification du recouvrement de la végétation forestière (Forster *et al.*, 2001)

*Recouvrement inférieur < 10 % : Végétation forestière quasiment inexistante.

*Recouvrement entre 10 % et 30 % : Végétation forestière dispersée.

*Recouvrement entre 30 % et 50 % : Végétation forestière claire / ouverte.

*Recouvrement entre à 50 % et 70 % : Végétation forestière dense.

*Recouvrement > à 70 % : Végétation forestière dense continue.

Le taux de recouvrement des 4 parcelles étudiées sont notée dans le tableau 9 :

Tableau 9 : Degré de couverture des 4 parcelles

Parcelle	Espèce	Taux de recouvrement (%)
P 2	<i>Pinus laricio</i>	2.43
P 13	<i>Cupressus arizonica</i>	35.98
P 49	<i>Pinus jeffreyi</i>	14.25
P 72	<i>Pinus radiata</i>	3.34

Les résultats obtenus dans le tableau montrent que le degré de couverture du peuplement de *Cupressus arizonica* est entre 30 % et 50 % cela signifie que ce peuplement à une végétation forestière claire / ouverte d'après le de la classification du recouvrement de la végétation forestière (Forster *et al.*, 2001). Les arbres qui dominent dans ce peuplement couvrent ainsi de grandes surfaces, et leurs projections se superposent à celles des houppiers des arbres des étages inférieurs

Le degré de couverture des peuplements de *Pinus jeffreyi* est entre 10 % et 30 % on peut dire que ce peuplement à une végétation forestière dispersée (Forster *et al.*, 2001), cela signifie que le peuplement est moins dense, et leur arbres sont dispersée dans la parcelle ; mais la grande étendue des houppiers de ce peuplement donne un peu d'importance au leur degré de couverture.

Les peuplements de *Pinus laricio* et *Pinus radiata* ont un taux de couverture très faible inférieur < 10 % (2.43 et 3.34) C'est peuplements ont une végétation forestière quasiment inexistante. (Forster *et al.*, 2001).cela due aux faible densité et aussi au faible étendue des houppiers des deux peuplements.

3.2. Le facteur d'espacement

La sylviculture ne peut que gagner à être davantage une science qu'un art. Pour y parvenir, il convient tout d'abord de chiffrer ce dont on parle. Eclaircies fortes, modérées, faibles, voilà des expressions qui manquent certainement de précision. Une des méthodes les plus intéressantes pour définir la plus ou moins grande densité d'un peuplement est celle qui utilise la notion de facteur d'espacement.

Le facteur d'espacement de HART- BECKING (S%). Cet indice est utilisé principalement pour chiffrée l'intensité d'une éclaircie, il donne une relation entre l'espacement moyen < A > des arbres et la hauteur dominante (Hdom qui sera, par exemple, la hauteur moyenne des 100 plus gros arbres à l'hectare) du peuplement.

Un facteur d'espacement de 16 % correspond par exemple à des éclaircies faibles, de 20 % à des éclaircies modérées, de 25 % à des éclaircies très fortes. Le tableau 10 représente les S % calculée pour chaque parcelle étudiée :

Tableau 10 : l'espacement moyen des 4 parcelles en %

Parcelle	Espèce	S %
P 2	<i>Pinus laricio</i>	137.87
P 13	<i>Cupressus arizonica</i>	28.30
P 49	<i>Pinus jeffreyi</i>	236.29
P72	<i>Pinus radiata</i>	242.27

Pour l'évaluation du facteur d'espacement moyen il faut combinée entre la hauteur dominante des 100 plus gros arbres à l'hectare avec le nombre de tiges par hectare : Dans notre cas on peut estimer l'intensité de l'éclaircie juste pour la parcelle 13 (elle représente 515 Tiges /ha, Hdom = 16.73), L'espacement moyen est de S % = 28.30 elle correspond à des éclaircies Très fortes.

4. Analyse des pressions et menace

La pression est définie comme une force exercée par un corps sur une surface et la menace est un signe qui fait craindre une chose (Hachette, 1994). Ainsi, la pression s'exerce déjà au moment actuel sur l'arboretum. Pourtant, que ce soit menace ou pression, elles sont toutes deux des facteurs contribuant à court, à moyen, ou à long terme, à la diminution de la viabilité de l'arboretum.

Tableau 11 : degré de pressions

Parcelle	Les pressions						
	Incendie	Pâturage	Chablis	Coupes illicites	érosion	Les chenilles	Morts sur pieds
P2	-	+++	-	-	-	-	-
P13	-	+++	+++	+++	++	+++	+++
P49	-	+++	++	++	-	++	+
P72	-	+++	+	++	-	++	-
+++	Pressions et menaces Forts			+	Pressions et menaces Faibles		
++	Pressions et menaces Moyennes			-	Aucunes Pressions et menaces		

Les pressions les plus remarquables dans les 4 parcelles ce sont les actions anthropiques (Tableau 11), (Pâturage et les coupes illicites des espèces) ; ce sont les plus visibles dans toutes les parcelles étudiées.



Photo n° 01 : Coupes illicites des espèces



Photo n° 02 : l'effet de pâturage dans le site étudiée

Les morts sur pieds et chablis : ils sont exprimés par le taux de mortalité à l'hectare. Cette pression contribue aussi de près à la diminution de la viabilité de l'arboretum, elle contribue à la perte rapide des éléments de plantation et crée des trouées favorisant l'installation des espèces locales.



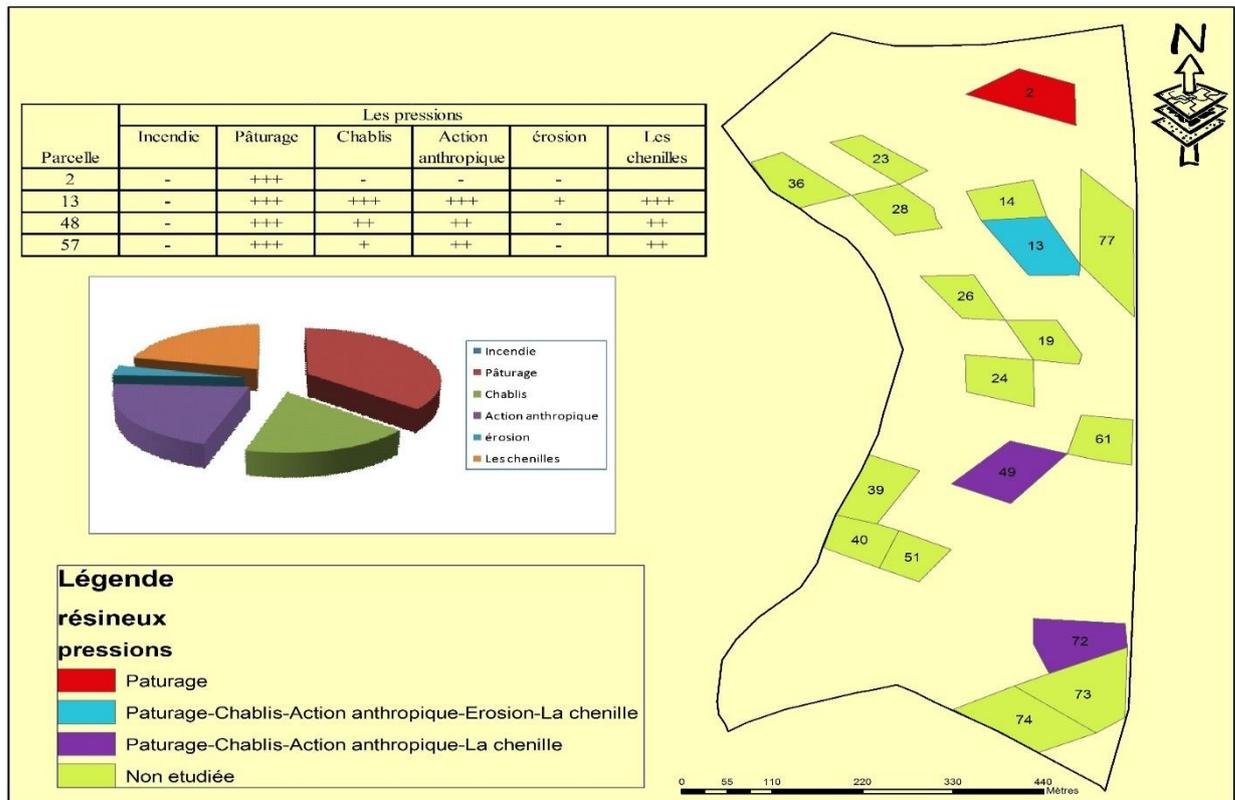
Photo n° 03 : l'effet du chablis et les morts sur pieds

Dans la parcelle numéro 13 on trouve que pas mal des arbres de peuplement *Cupressus arizonica* sont affectés par des maladies de la chenille processionnaire. Ce sont en générale les arbres arrivant au stade de maturité.



Photo n° 04 : maladie de la chenille processionnaire

On a résumé les différentes pressions et leur répartition dans les parcelles étudiées dans la carte suivante :



Carte 3 : la répartition des pressions dans les parcelles visitées

5. Analyse de la viabilité

Suite à l'analyse sylvicole, on peut évaluer le niveau de viabilité des strates à partir des paramètres relevés.

Ainsi, pour l'analyse de la viabilité de l'arboretum, des attributs écologiques sont choisis par rapport aux données relatives à l'état zéro ou état de référence. Ces attributs se classent suivant 3 catégories selon la méthode de TNC :

- la taille des peuplements : soulignant les attributs quantitatifs, les indicateurs choisis sont l'abondance et la dominance des espèces principales pour chaque strate,
- les conditions de renouvellement ou potentiel d'avenir des peuplements (taux de régénération) et de disparition des individus (mortalité des peuplements), et stabilité des peuplements.
- le contexte spatial révélé par les états de développement (Nombre de strates) pour la structure verticale et la densité des peuplements (degré de couverture) pour la structure horizontale, et la stabilité des formations artificielles indiquée par le coefficient d'élanement.
- Les pressions une force exercée par un corps sur une surface et la menace est un signe qui fait craindre une chose (Hachette, 1994).

La viabilité de l'arboretum est déterminée par l'ensemble de la viabilité des peuplements qui le constituent.

Viabilité = La taille + Les conditions + Le contexte spatial + les pressions

Tableau 12 : Evaluation du niveau de viabilité des résineux dans l'arboretum de Draa Naga

Catégorie	Attributs	Indicateurs	Référence	Etat actuel	Viabilité par attributs	Viabilité par catégorie
Taille	Abondance	Nombre de tiges (N/ha)	> 625 Tiges	626 tige/ha	bonne	Moyenne
	Dominance	Surface terrière (m ² /ha)	100 m ² /ha	7.78 m ² /ha	Faible	
Conditions	Régénération	Taux de régénération	Tr_100% (Echelle de ROTHE)	11.78 %	Faible	Faible
	Mortalité	Taux de mortalité	Indicateur seuil = 5%	11.67 %	fort	
	Stabilité	Coefficient d'élancement	Si_100 alors bonne stabilité	50.61	Moyenne	
Contexte spatial	Densité des peuplements (Structure horizontale)	Degré de couverture	100 %	55.99 %	Moyenne	Moyenne
	Espacement moyen des arbres	Espacement moyen	100 %	135.15 %	Bonne	
Viabilité de l'arboretum						Moyenne

Les résineux qui se trouvent dans les 4 parcelles étudiée ont un niveau de viabilité moyenne cela due : une moyenne viabilité pour la catégorie taille ; les conditions de régénération et de mortalité sont faibles et leur stabilité est moyenne. Ces facteurs contribuant à court, à moyen, ou à long terme, à la diminuée la viabilité de notre arboretum.

L'arboretum de Draa Naga un niveau de viabilité moyen. Cela signifie que l'arboretum nécessite une intervention pour que son niveau moyen de viabilité ne tende vers un faible niveau.

II. Résultats des analyses statistiques multi variées

1. Résultats de l'ACP

L'analyse en composantes principales (ACP) a été appliquée à la matrice des corrélations (Tableau 13) obtenues à partir des 14 variables centrées réduites, sur les 4 parcelles reprises deux à deux ; les calculs réalisés avec le logiciel XLSTAT 2014 donnent les caractéristiques des 3 axes principaux.

Tableau 13 : Matrice de corrélations des 14 variables

Variables	D	H	H/D	G	gh	g-gh	N/ha	G/ha	PHF	V	S %	Tr %	Tm %	DC
D	1													
H	0,8362	1												
H/D	-0,5074	0,0476	1											
g	0,9965	0,8204	-0,5220	1										
gh	0,9908	0,8707	-0,4313	0,9944	1									
g-gh	0,1821	-0,3639	-0,9156	0,1807	0,0762	1								
N/ha	-0,3752	-0,1804	0,3572	-0,4511	-0,4528	-0,0421	1							
G/ha	-0,2703	-0,1015	0,2884	-0,3495	-0,3547	0,0037	0,9935	1						
PHF	-0,4112	-0,2162	0,3673	-0,4857	-0,4878	-0,0428	0,9992	0,9886	1					
V	-0,1991	-0,0121	0,2990	-0,2800	-0,2803	-0,0338	0,9828	0,9960	0,9747	1				
S %	-0,0384	-0,3390	-0,4227	0,0410	0,0112	0,2835	-0,8622	-0,8913	-0,8441	-0,9271	1			
Tr %	-0,9775	-0,7601	0,5946	-0,9619	-0,9401	-0,3285	0,2284	0,1167	0,2649	0,0522	0,1307	1		
Tm %	-0,1289	-0,2662	-0,2278	-0,1975	-0,2557	0,5186	0,8268	0,8569	0,8219	0,8349	-0,6190	-0,0778	1	
DC	-0,2374	-0,2476	-0,0021	-0,3118	-0,3500	0,3165	0,9326	0,9489	0,9293	0,9300	-0,7417	0,0457	0,9741	1

Ces axes retenus servirent 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 14 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 51.8444 % de la variation totale des variables initiales, (c'est-à-dire à la moyenne arithmétique de toutes les valeurs propres, ont été retenues)

Les deux premiers axes expliquent ensemble 82.4577 %, les trois premiers axes expliquent 100%, donc ces trois axes résument au mieux l'information apportée par les 14 paramètres étudiés.

Tableau 14 : Résultats de l'ACP des trois axes à partir des caractéristiques mesurées sur les 4 parcelles étudiées

Paramètres statistique	CP1	CP2	CP3
Valeur propre	7,2582	4,2859	2,4559
Pourcentage variance%	51,8444	30,6133	17,5423
Pourcentage cumulé%	51,8444	82,4577	100,0000
Signification du CP1, CP2, CP3			
CP1	Premières composante principale (ou 1 ^{ère} axe principale)		
CP2	deuxième composante principale (ou 2 ^{ème} axe principal)		
CP3	Troisième composante principale(ou 3 ^{ème} axe principal)		

XLSTAT 2014 fournit, le graphique (figure 17) des valeurs propres en fonction des rangs de toutes les composantes principales. Ce graphique montre bien l'importance décroissante des différentes composantes principales.

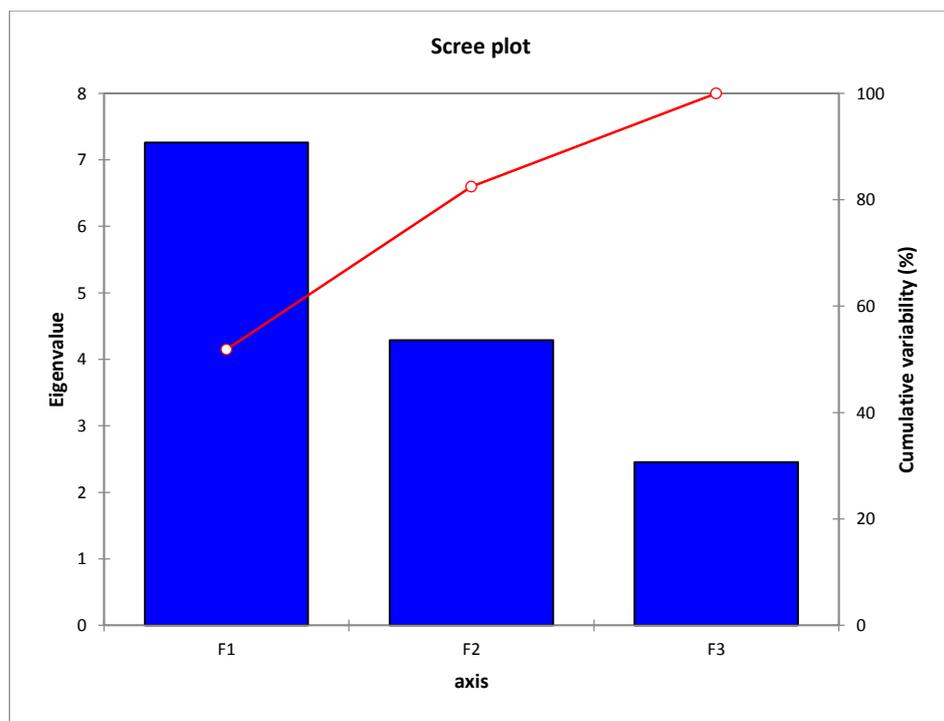


Figure 17 : Les valeurs propres

Selon le tableau 15 et la figure 18 tous les paramètres sont fortes corrélés entre eux d'après le plan factoriel 1-2 (**0.5225 % ; 0.9338 % ; 0.9921 %**).

Les paramètres suivant [H/D ; N/ha ; G/ha ; PHF ; V ; Tr ; Tm ; DC] sont corrélés positivement avec le premier axe principal (CP1), Cette corrélation est due à la densité des peuplements et à l'index PHF, c'est-à-dire lorsque le nombre de tiges /ha augmente les autres paramètres seront augmentées (l'augmentation du N/ha = augmentation du volume de bois),

Par contre les autres paramètres [D ; H ; G ; gh ; g-gh] sont corrélés négativement avec le premier axe principal (CP1), cela dépend de la densité du peuplement et la concurrence qui existent entre les essences pour but de chercher la lumière.

Tableau 15. Valeurs des corrélations et corrélations carrées des variables initiales avec les 2 premières composantes principales, et information prise en compte par le premier plan factoriel représenté par les axes 1-2

variable	Axes principaux			
	CP1		CP2	
	Corr	Corr ² %	Corr	Corr ² %
D	-0,6190	0,3832	-0,7827	0,6125
H	-0,4266	0,1820	-0,6813	0,4642
H/D	0,4206	0,1769	0,3842	0,1476
G	-0,6821	0,4653	-0,7292	0,5317
gh	-0,6862	0,4708	-0,7100	0,5041
g-gh	-0,0502	0,0025	-0,2732	0,0746
N/ha	0,9592	0,9201	-0,2734	0,0747
G /ha	0,9232	0,8523	-0,3801	0,1445
PHF	0,9697	0,9403	-0,2365	0,0559
V	0,8905	0,7930	-0,4405	0,1940
S %	-0,7046	0,4965	0,5713	0,3264
Tr %	0,4820	0,2323	0,8735	0,7630
Tm %	0,7601	0,5778	-0,4736	0,2243
DC	0,8747	0,7650	-0,4100	0,1681
Plan factoriel 1-2				
	CP1		CP2	
P 2	0.5225		0.1835	
P 13	0.9338		0.0644	
P 49	0.3051		0.0794	
P 72	0.0008		0.9921	

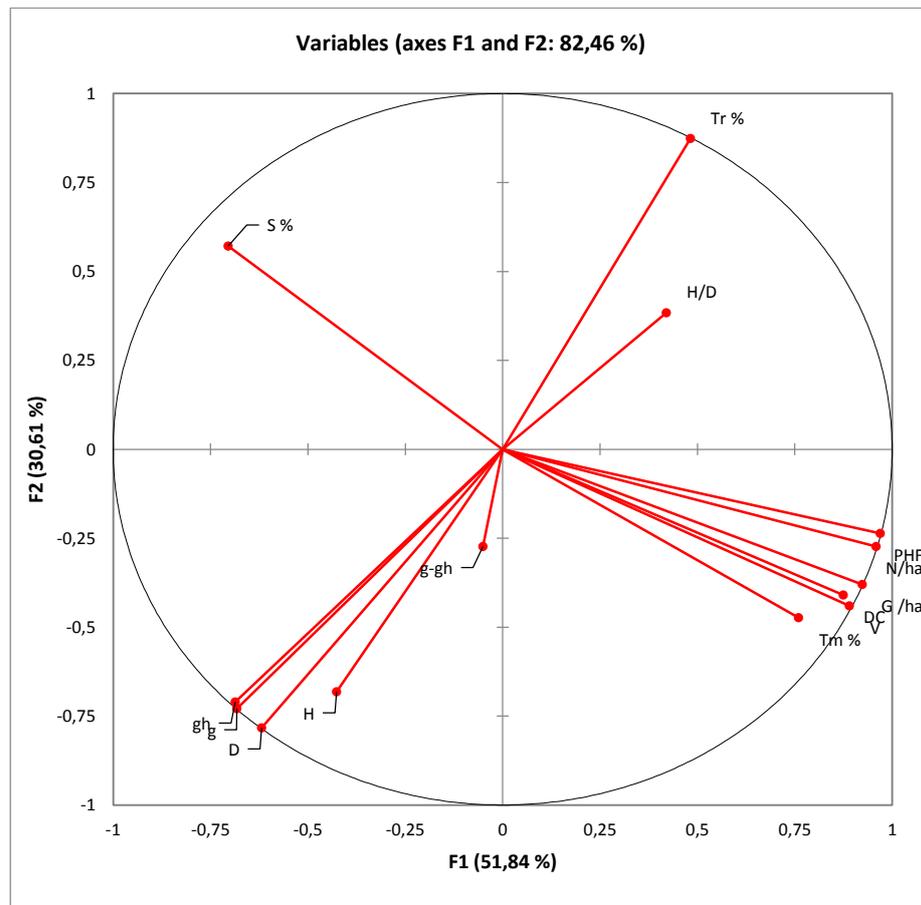


Figure 18 : Représentation graphique des 14 points variables à l'intérieur du cercle de corrélation du plan factoriel 1-2.

Les coordonnées des variables initiales sur l'axe 1 sont les corrélations de ces mêmes variables avec l'axe 1, et les coordonnées sur l'axe 2 sont les corrélations de ces variables avec l'axe 2 (Figure 18). Ces cercles de corrélations permettent parfois de donner une interprétation physique à certaines composantes principales.

II.2. Analyse hiérarchique

La recherche des groupes homogènes de variétés des peuplements pour les 4 parcelles étudiées en utilisant le lien simple, la distance carrée de Pearson et un niveau de similarité de 80% a permis d'observer 3 groupes (ou 3 Classes) des parcelles étudiées. Ces groupes ont été déterminés à partir des moyennes des données des 4 parcelles étudiées sur les 14 caractéristiques dendrologiques, et les différentes analyses que nous avons fait d'après nos études.

Les différentes classes obtenues sont donnés par la figure 19.

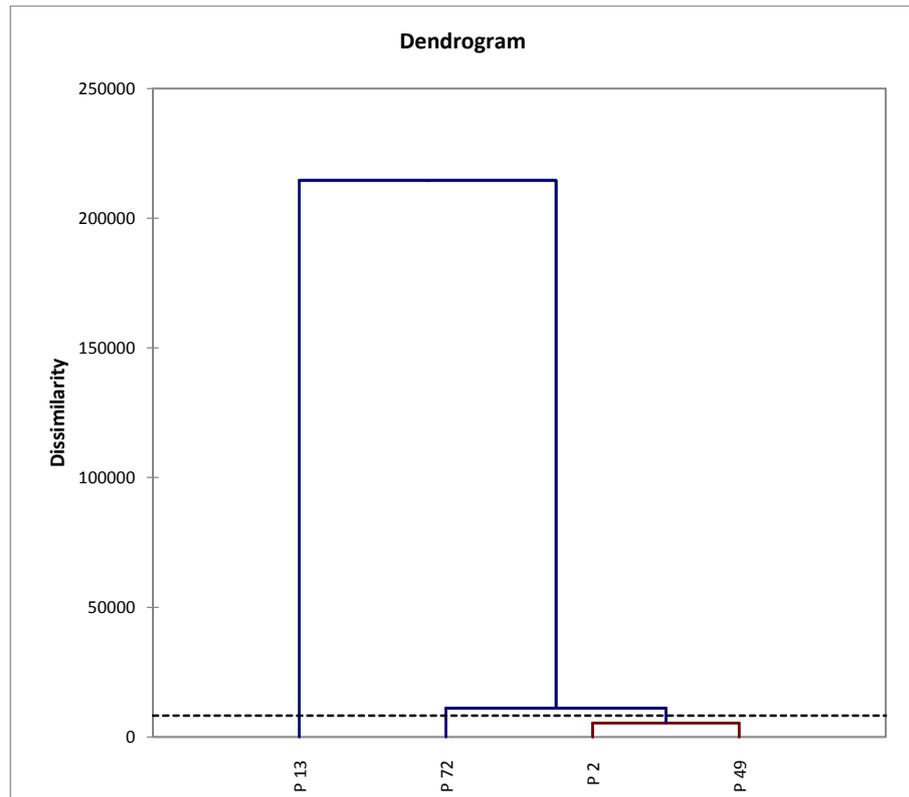


Figure 19 : Dendrogramme du regroupement des 4 parcelles

Conclusion

L'arboretum de Draa Naga, a été créé en 1960 par les autorités coloniales françaises, il s'étend sur 30 hectares dans la partie nord-Est de la forêt domaniale de Djebel el Ouahch, formé par 77 parcelles.

Pendant la réalisation de notre étude, toutes les données ont été collectées et traité sur les 4 parcelles étudiée (P2, P13, P49, P72). Diverses analyses ont été réalisées pour connaître l'état écologique actuel du site, plus précisément son niveau de viabilité (aucune étude n'a été faite sur l'état écologique de cet arboretum). Suite à des analyses sylvicoles qui peut fourni des connaissances sur la qualité des peuplements, leur état de développement, et leur stabilité, ainsi une analyse des pressions a été prise en compte, etc. Ces résultats constituent l'état de référence (état zéro) pour les suivis à venir.

L'analyse de la viabilité faite à partir des différents paramètres, a montré un niveau de viabilité moyenne pour l'arboretum. Ce niveau de viabilité est en relation avec la qualité des peuplements qui sont moyennement stable, un taux de mortalité élevé (11.67%), et le taux de régénération est de 11.78% qui est un taux faible, cela signifie que notre arboretum a un potentiel d'avenir faible, ainsi que l'index PHF qui est un index de qualité a montré que l'état des peuplements étudiée est assez bonne.

L'analyse des pressions a montré que le milieu est soumis à des actions anthropiques qui sont visibles dans le site (Pâturage, les coupes illicites des espèces), outre, les chablis et les morts sur pieds aussi participent à la perturbation du site surtout dans la parcelle 13 (visible a l'œil nu), ainsi que les autres pressions sont moins importantes (érosion, la chenille, incendie).

D'après cette étude on peut déduire que l'arboretum de Draa Naga est actuellement en état de dégradation. Par conséquent, des travaux de suivi et un plan d'aménagement sont nécessaires pour l'amélioration et la conservation de l'arboretum.

Recommandation et perspective

D'après l'étude qu'on a effectuée dans l'arboretum de Draa Naga, et les différentes analyses réalisées sur les 4 parcelles étudiées, ont à révéler une viabilité faible de l'arboretum, Cela signifie que l'arboretum nécessite une intervention immédiate, il y a un important risque de disparition des cibles de conservation.

Proposition d'un plan d'aménagement de l'arboretum

L'objectif d'un plan d'aménagement est d'améliorer la viabilité de l'arboretum, pour atteindre notre objectif, les activités d'aménagement doivent aboutir aux objectifs spécifiques suivants :

- Faire un suivi des différentes pressions qui existe dans le site, (réduire les pressions)
- Faire un suivi de l'état écologique de manière continue, pour connaître l'évolution des peuplements et les opérations qu'on doit réaliser dans le site,
- La nécessité d'un aménagement sylvicole ;

Certaines parcelles nécessitent un aménagement sylvicole :

Des éclaircies de mise en lumière sont conseillées pour la parcelle 13 du peuplement de *Cupressus arizonica*, qui est le peuplement le plus dense, cette opération favorise le bon développement du peuplement, et aussi favorise la régénération naturelle. et faire aussi des éclaircies sanitaires pour enlever les arbres morts et les arbres malades (sur tout dans la Parcelle 13)

Des coupes de nettoyage sont à réaliser dans certaines parcelles (P13, P72), il faudrait faire aussi des opérations d'élagage sylvicole (élimination des branches, afin d'optimiser les ressources et dépenses d'énergie de l'arbre).

Pour l'entretien de l'arboretum :

- Il faut éliminer tous les bois morts et les chablis.
- L'aménagement des layons de l'arboretum.
- Faire une clôture pour empêcher le pâturage dans l'arboretum
- Pour assurer un meilleur entretien de l'arboretum, il faut Augmenter le nombre de personnes pour une bonne gestion de l'arboretum.

Références bibliographiques

- Andriamahazo M. (2003).** Contribution à la relance et à la conduite sylvicole de *Cupressus lusitanica* (CAS DE LA STATION FORESTIERE DE MANJAKATOMPO), mémoire de fin d'études, département des eaux et forêts, Université d'Antananarivo -école supérieure des sciences agronomiques-, 110p.
- Anonyme. (2008).** Arboretum Canet en Roussillon. <http://arboretum-canet-en-roussillon.fr/>
- Anonyme. (2014).** description et orientations sylvicoles des peuplements forestiers. Centre Régional de la Propriété Forestière.CRPF. Consulté sur le site.www.crfp.fr/ifc.
- Anonyme. (2015).** Conservateur de l'arboretum de Roure Directeur du Jardin Exotique de Monaco B.P. 105 - Monte CarlonM.C. 98002 Monaco Cédex.
- Blaser J. (1990).** Sylviculture I. Cours Universitaire 2ème cycle. 3ème Année.1èreversion. Université d'Antananarivo. ESSA. Département des Eaux et Forêts. 84p.
- Bouchon J.** Pour la détermination rapide du facteur d'espacement de hart-becking, revue forestière française, pp 731-732
- 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.
- Bringer. (1998).** Les arboretums de la région Ile de France et de la région Centre, thèse de docteur en pharmacie, Septembre 1998.
- Champs. J. de. (1997).**mesures sylvicoles préventives, **R .F .F. XXXIX**, AFOCEL Région Centre-Ouest, Les Vaseix 87430 verneuil-sur-vienne, pp 313-321.
- Chauvet M et Delmas M. (1991).** Jardins botaniques et arboretums de France, novembre 1991 Lavoisier.
- Dawkings H. C. (1958).**the management of natural tropical high-foret with special reference to Uganda. Imp. For. Paper 34, Oxford, Angleterre, 55 p.
- FAO. (2003).** Mise à jour de l'évaluation des ressources forestières mondiales à 2005, Version préliminaire, Termes et définitions. 52p.
- Grieu S. (2004).** L'arboretum, Qu'est-ce qu'un « Arboretum », décembre 2004.

-Guinochet, M. (1973). Phytosociologie. Collection d'Ecologie 1. Masson & Cie, Editeurs. 120, Boulevard St Germain-Paris. 177p.

-H. Forster, B. Matar, B. Badmokréo (2001). Méthodologie et Instruction pour l'Exécution des Inventaires Forestiers Détaillés et Participatifs au Niveau des Marchés Ruraux, Projet Energie Domestique (PED). Agence pour l'Energie Domestique et l'Environnement.36p.

-Hachette. (1994).encyclopédie illustré édition n° 1 mcporléans.france.2065p.

-Lacaze JF. (1991). Recherche forestière et arboretums, Jardins botaniques et arboretums de demain, BRD, p 35-40.

-Mhirit O. (1982) :Etude écologique et forestière du Rif marocain. Essai sur une approche multidimensionnelle de la phytoécologie et de la productivité du cèdre. Ann. Rech. Forest. Maroc. Tome 22. p. 502.

-Pourtet J. (1979). Les arboretums du ministère de l'agriculture leur intérêt actuel, Vol XXXI - 3-1979, p 183-192.

-Rajoelison L.G. (1997). Etude d'un peuplement – Analyse sylvicole. Manuel à l'usage des techniciens du développement rural. Manuel forestier n°5. Université d'Antananarivo. ESSA. Département des Eaux et Forêts. 26p.

-Randrianjanahary M. (2004). Etude des effets de passage de cyclones (cyclone HUDAH en 2000 et cyclone IHARY en 2002) sur les formations forestières de la péninsule de Masoala. Mémoire de Diplôme d'Étude Approfondie, Option Ecologie Végétale, Faculté des Sciences, Département de Biologie et Ecologie Végétales, Université d'Antananarivo, 99 p.

-Rasatatsihoarana H. Thierry F. Randriananjatsoa Tsiry T. (2009), Reconnaissances écologiques des aires forestières dans le Menabe sud en vue d'une délimitation de nouvelles aires protégées, Rapport final, TRANS-MAD' DEVELOPPEMENT Association de solidarité internationale, Madagascar National Parks, 93p.

-Robisoa m. Rajoelison I. Rabenildana F. Racoto R. (2008).Définition d'un état zéro et mise en place d'un système de suivi écologique permanent de l'arboretum de la station forestière de mandraka. Université d'Antananarivo, 82 p.

-Rollet B. (1969). – La régénération naturelle en forêt dense sempervirente de plaine de la Guyane Vénézuélienne. Bois et forêts de Tropiques, 124 : 19-38.

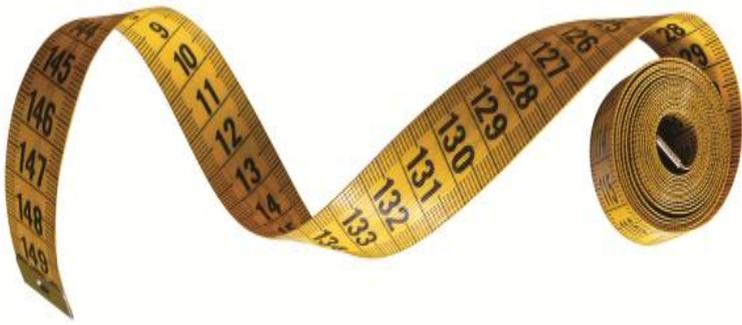
-Rothe P. L. (1964). Régénération naturelle en forêt tropicale : le *Dypterocarpus dyeri* (Dau) sur le versant Cambodgien du golfe du Siam, Bois et forêt des tropiques. 386 – 397p.

-Schütz, J.-P. (1997), Sylviculture 2 : la gestion des forêts irrégulières et mélangées, PPUR presses polytechniques.

-TNC, The Nature Conservancy, 2000, The Five-S Framework for Site Conservation, A Practitioner.s Handbook for Site Conservation Planning and Measuring Conservation Success, Volume I, Second Edition, Electronic version.

-verain.j. (2010).étude de faisabilité du réseau des arboretums du changement climatiques. INRA. Centre de nancy.88p.

Annexe 3

<p>Compas forestier</p>	 <p>Pour la mesure de diamètre à 1.30m</p>
<p>Mètre ruban</p>	 <p>Pour la mesure de la circonférence</p>
<p>Décamètre</p>	 <p>pour mesurée le degré de couverture</p>

Peinture



Pour le marquage des arbres

GPS



RESUME

Cette étude s'intéresse à l'arboretum de Draa Naga, elle vise à connaître l'état actuel du site , mesurer et suivre sa viabilité.

Les objectifs étant de collecter des données concernant l'état écologique actuel du site (des mesures dendrométrique, Index PHF...), d'identifier le niveau de viabilité du site et de faire une analyse des pressions et menaces les plus visible dans l'arboretum.

Les différentes analyses réalisées dans cette étude ont révélé une viabilité faible de l'arboretum de Draa Naga.la qualité des peuplements des résineux est moyennement stable, un taux de régénération moyen, et le taux de mortalité très fort, ce taux élevée de mortalité est due à l'action anthropique qui représente les pressions les plus importantes qui existe dans le site.

Ce niveau faible de viabilité de l'arboretum implique ainsi la proposition d'un plan d'aménagement pour l'améliorer ; le suivi est une activité primordiale, d'où la proposition d'un plan de suivi permanent pour l'arboretum.

Mots Clés : Arboretum - Draa naga- Etat écologique- index PHF- Pressions- Viabilité.

SUMMARY

The subject of our study is the arboretum of Draa Naga, it seeks to know the current status of the site, measuring and monitoring sustainability.

The objectives are to collect data on the current environmental status of the site (dendrometric measures ; PHF Index ...), to identify the level of viability of the site and make an analysis of the most visible pressure and threats in the arboretum .

The analyzes performed in this study showed low viability of the arboretum Draa Naga. la quality of coniferous is moderately stable, an average regeneration rate , very high levels of mortality rate ,and high death rate due to human action represents the most significant pressures that exist within the site.

This low level of viability of the arboretum and involves a proposed development plan for improvement; monitoring is an essential activity, hence the proposal for a permanent monitoring plan for the arboretum.

Keywords: Arboretum - Draa naga- Environmental situation - PHF- Pressions- Sustainability index.

الملخص

نتناول في هذه الدراسة حقل التجارب المتواجد على مستوى دراع الناقة، ونسعى من خلاله إلى معرفة الوضع الحالي للموقع، وقياس ورصد الاستدامة. تتمثل الأهداف في جمع البيانات عن الوضع البيئي الحالي للموقع (قياس الأبعاد المختلفة للأصناف النباتية المدروسة ومؤشر بي-آش-أف وهذا لتحديد مستوى سلامة الموقع وإجراء تحليل للمشاكل التي تهدد المشتل. وأظهرت التحاليل التي أجريت في هذه الدراسة جدوى منخفضة على مستوى حقل التجارب دراع الناقة. كما أظهرت ان الأصناف الصنوبرية مستقرة إلى حد ما، أي بمعدل تجدد متوسط ومعدل وفيات عال جدا، ويعود ارتفاع معدل الوفيات الى السبب البشري يمثل أهم الضغوط التي تهدد الموقع. ومن أجل استدامة هذا الموقع. تم انشاء خطة لتحسينه والرفع من كفاءته وهذا من خلال التصدي للنشاط الانساني الذي يهدد الموقع، ومن ثم اقتراح خطة رصد دائمة للمشتل.

كلمات البحث: المشتل – دراع الناقة – الحالة البيئية-مؤشر الاستدامة- الجدوى

Nom : BELKHODJA

Prénom : Aboubakeur

Mémoire de fin de cycle

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Écologie et environnement

Option : GESTION DURABLE DES ECOSYSTEMES ET PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Thème : Caractère de viabilité des résineux dans l'arboretum de Draa Naga

Résumé :

Cette étude s'intéresse à l'arboretum de Draa Naga, elle vise à connaître l'état actuel du site, mesurer et suivre sa viabilité.

Les objectifs étant de collecter des données concernant l'état écologique actuel du site (des mesures dendrométrique, Index PHF...), d'identifier le niveau de viabilité du site et de faire une analyse des pressions et menaces les plus visible dans l'arboretum.

Les différentes analyses réalisées dans cette étude ont révélé une viabilité faible de l'arboretum de Draa Naga. la qualité des peuplements des résineux est moyennement stable, un taux de régénération moyen, et le taux de mortalité très fort, ce taux élevée de mortalité est due à l'action anthropique qui représente les pressions les plus importantes qui existe dans le site.

Ce niveau faible de viabilité de l'arboretum implique ainsi la proposition d'un plan d'aménagement pour l'améliorer ; le suivi est une activité primordiale, d'où la proposition d'un plan de suivi permanent pour l'arboretum.

Mots clés : Arboretum - Draa naga- Etat écologique- index PHF- Pressions- Viabilité.

Encadreur : Mr. HADEF Azzedine.

M.A.A.- UFM Constantine

Soutenu à l'Université des Frères Mentouri Constantine.

Devant le jury :

président : Mr BAZRI Kamel-Eddine.

M.C.B.- UFM Constantine

Examinatrice : Mme KANOUNI Malika.

M.C.A.- UFM Constantine
