

Study of the viability of some hardwood species in the arboretum of Draanaga (Constantine, Algeria)

Etude de la viabilité de quelques espèces feuillues de l'arboretum de Draa naga (Constantine, Algérie)



H. ALATOU¹, M. RACHED-KANOUNI¹, D. ALATOU¹

¹Laboratoire de Développement et Valorisation des Ressources Phytogénétiques, université des frères Mentouri Constantine 1, route Ain El Bey, 25000-Constantine-Algérie
Tel: +213 31 81 88 52

*Corresponding author: hanalatou@yahoo.fr

Abstract – The arboretum of Draa Naga is for forestry, educational and ecotourism purposes. Managed by the Forest Conservation of Constantine, this site is made up of 77 plots where are planted several silvicultural species (hardwoods and conifers) of various origins spanning an area of 30 ha. Following a decision by the Forest Conservation of Constantine for the conservation and restoration of the Draa Naga Forest Station, where no study has evaluated its viability since its establishment. The objective of this study is to estimate this viability by continuously monitoring the current state of the arboretum, including biodiversity and pressures. The collection of related data used a forest inventory (foot per foot) and an inventory of pressures. The condition was evaluated by analyzing these components.

The various analyzes conducted in this study on a few hardwood species revealed that the arboretum is subject to biotic and abiotic pressures and average viability. This is induced by fairly good stand quality (PHF = 223), average stability (FE = 42.48), high mortality (over 33%), and average future potential (low regeneration rate = 47%) . Grazing, fire and illegal logging are the most important pressures.

Despite these pressures, the arboretum is classified as a viable ecosystem. But these potentialities are insufficient: we must reduce pressure and rebuild the arboretum for better conservation of the ecosystem. To this end, the present study suggests management first by silvicultural interventions favoring the regeneration of different species and to include a permanent ecological monitoring system. The latter allows to frame all interventions.

Keywords: Hardwood, viability, arboretum (Draa Naga), pressures, ecological monitoring.

Résumé - L'arboretum de Draa Naga est à vocation forestière, pédagogique et écotouristique. Géré par la Conservation des Forêts de Constantine, ce site est formé de 77 parcelles où sont plantées plusieurs espèces sylvicoles (feuillues et résineuses) de diverses provenances s'étalant sur une superficie de 30 ha.

Suite à une décision prise par la Conservation des forêts de Constantine pour la conservation et la restauration de la station forestière de Draa Naga, où aucune étude n'a évalué sa viabilité depuis sa création. Cette étude a comme objectif l'estimation de cette viabilité par le suivi permanent de l'état actuel de l'arboretum comprenant la biodiversité et les pressions. La collecte de données y afférentes a eu recours à un inventaire forestier (pied par pied) et un inventaire des pressions. L'état a été évalué par l'analyse de ces composants.

Les diverses analyses menées lors de cette étude sur quelques espèces feuillues ont révélé que l'arboretum est soumis à des pressions biotiques et abiotiques et une viabilité moyenne. Cela est induit

par une qualité de peuplement assez bonne (PHF= 223), une stabilité moyenne (FE= 42.48), une mortalité élevée (plus de 33%) et un potentiel d'avenir moyen (taux de régénération faible= 47%). Le pâturage, les incendies et les coupes illicites constituent les pressions les plus importantes.

Malgré ces pressions, l'arboretum est classé comme un écosystème viable. Mais ces potentialités sont insuffisantes : il faut réduire les pressions et reconstituer l'arboretum pour une meilleure conservation de l'écosystème. A cet effet, la présente étude suggère l'aménagement en premier lieu par des interventions sylvicoles favorisant les régénérations des différentes espèces et d'inclure un système de suivi écologique permanent. Ce dernier permet de cadrer toutes les interventions.

Mots clés : Feuillus, viabilité, arboretum (Draa Naga), pressions, suivi écologique.

1. Introduction

La forêt algérienne avec une surface primitive qui s'élève à 7 318 000 ha contre 2 910 000 ha actuellement. Le taux de boisement est donc passé de 27.17% à 11%, malgré son exploitation elle ne s'est jamais prétendue être une forêt de haute production sylvicole.

En considérant les critères bioclimatiques, l'Algérie présente tous les bioclimats méditerranéens allant de l'humide au saharien. Les zones semi-arides présentent des aspects bien particuliers tant par les espèces qui la constitue, conifères essentiellement, présents également en dehors de ces zones, mais aussi par la structure des formations végétales qu'elles déterminent et qui sont en fait presque toujours des formations arborées, souvent claires, à sous-bois de type matorral répondant plutôt à des structures pré-forestières, voire prés-steppiques (Djallil 1994).

La richesse forestière de la région constantinoise est constituée d'un patrimoine qui se compose de 5173 hectares de pin d'Alep, 2258 ha de chêne vert, 1249 ha d'eucalyptus, 1226 ha de pins pignon, 785 ha de cyprès et de 427 ha d'autres arbres de différentes essences (Djouadi et al. 2000).

Dans un souci de la viabilité, notre étude porte sur l'arboretum de Draa Naga de la réserve biologique de Djebel El Ouahch, située au Nord-Est de Constantine qui s'étend sur une superficie de 4554 ha renfermant de nombreuses essences forestières, où la majorité est introduite. Il est géré par la Conservation des Forêts de Constantine dont la superficie est d'environ 30 ha, formé de 77 parcelles, où sont plantées plusieurs espèces sylvicoles (feuillues et résineuses) venant de plusieurs pays. Cette station forestière est un site écotouristique et pédagogique, elle possède ainsi une fonction scientifique, éducative, culturelle et récréative, et ses valeurs génétiques et esthétiques ne sont pas à omettre.

Depuis sa création en 1954, aucun système n'a été mis en place pour suivre de façon permanente l'état de viabilité de l'arboretum. Or, les activités de suivi sont incontestablement importantes pour un peuplement forestier (Rached-Kanouni et al. 2014).

Les résultats de suivi permettent aux forestiers de cadrer les interventions sylvicoles nécessaires. Ils permettent une analyse essentielle pour connaître les contextes et les facteurs conduisant au succès ou à l'échec. Le suivi de la viabilité est capital pour rendre crédible, valider et valoriser les options mises en œuvre, et mérite d'être pris en compte très tôt, lors des réflexions préliminaires. Pour y parvenir, des indicateurs fiables sont à mettre au point. Aussi, il faudra définir un état de référence (état zéro) pour pouvoir constituer ces indicateurs.

2. Matériel et méthodes

2.1. Présentation de la zone d'étude

Gérée par la Conservation des Forêts de Constantine, la station forestière « Draa Naga » appartenant administrativement à la wilaya de Constantine 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 disposition des forestiers une gamme d'espèces leur permettant d'orienter la reconstitution de la forêt. Il occupe une superficie totale de 30 ha, sur le territoire de la commune d'El-khroub (figure 1).

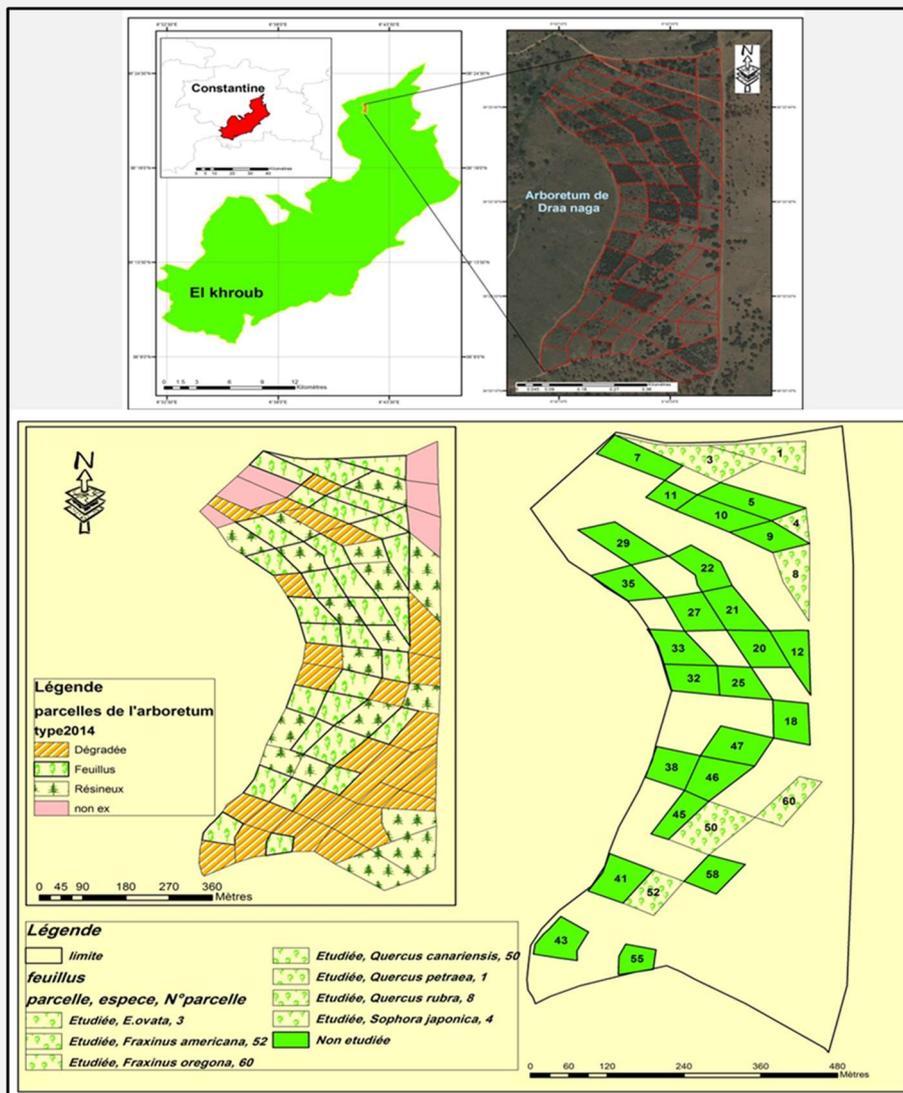


Figure 1. Localisation de parcelles feuillues étudiées de l'arboretum de Draa Naga

2.2. Caractéristiques écologiques de la zone d'étude

La présente étude s'est effectuée spécifiquement sur 7 parcelles d'espèces feuillues dont 31 sont présentes au sein de l'arboretum. Les caractéristiques écologiques de l'arboretum de Draa Naga se résument comme suit (Tableau1) :

Tableau 1. Caractéristiques écologiques de l'arboretum de Draa Naga (Rached-Kanouni et al. 2014).

Situation géographique	Relief hydrographie	Climat	Sol
<p>- Longitude X₁ : 6° 42' 5"'' X₂ : 6° 42' 30"''</p> <p>- Latitude Y₁ : 36° 20' 45"'' Y₂ : 36° 22' 15"''</p> <p>Altitude : 950m</p>	<p>- Le relief se caractérise par une faible pente (3 à 12%).</p> <p>- Le réseau hydrographique est constitué par quelques ravins encaissés à d'écoulement temporaire.</p>	<p>- Etages bioclimatiques: semi-aride et subhumide.</p> <p>- Climat : été chaud et sec, et un hiver froid et humide.</p> <p>- Pluviométrie annuelle : 700mm.</p>	<p>Le type du sol de la station forestière de Draa Naga est silico-argileux.</p>

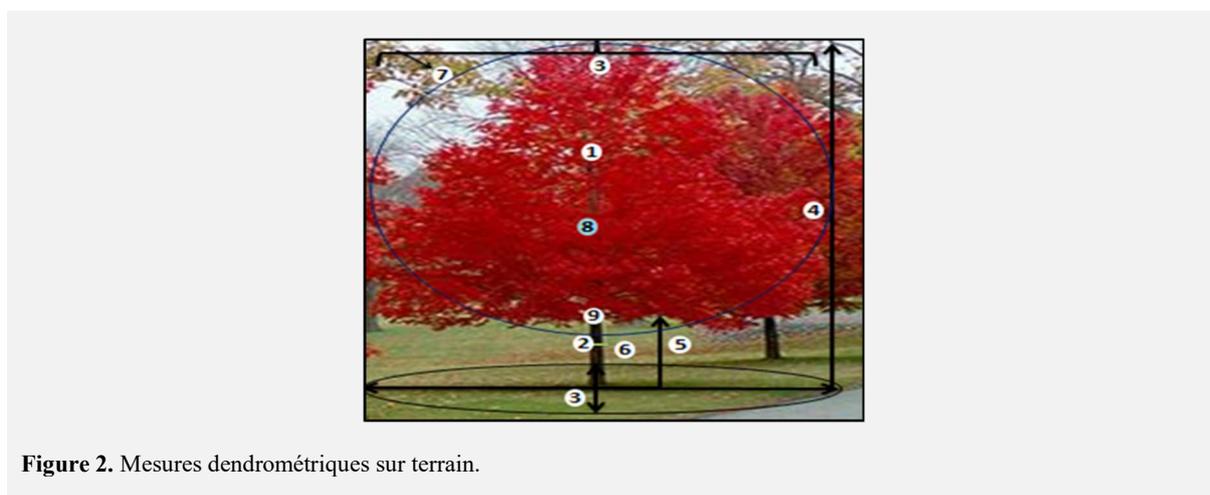
2.3. Mesures dendrométriques

Les analyses de variance (ANOVA, test de Fisher) ont été faites à l'aide du logiciel IBM SPSS Statistics 19. Le test Student a été utilisé avec un seuil de signification de 5 % pour comparer les valeurs moyennes des propriétés physico-chimiques et des caractéristiques des substances humiques du sol au début de l'essai avec celles obtenues après culture.

Etant donné que l'étude est focalisée sur les parcelles des feuillus, un inventaire « pied par pied » a été réalisé. Le relevé des paramètres dendrométriques est précédé d'une description du peuplement et des parcelles.

Pour chaque arbre, les informations suivantes ont été récoltées (figure 2) :

- Les noms vernaculaires des essences donnés par le ou les guides locaux (1);
- Le diamètre et la circonférence à 1.30m du sol (2);
- Le diamètre du houppier ainsi que le recouvrement total de l'arbre (X et Y) (3);
- La hauteur totale (Ht) définie par la longueur de la ligne droite joignant le pied de l'arbre (niveau du sol) à l'extrémité du bourgeon terminal de la tige (4);
- La hauteur du fût (Hf) définie par la longueur de la ligne droite joignant le pied de l'arbre à la première grosse branche (5);
- Les coordonnées géographiques (longitude et latitude) de chaque parcelle et de chaque arbre (6) ;
- Index PHF (Position du houppier : 7, forme du houppier : 8, forme du fût : 9).



2.4. Traitement et analyses des données

2.4.1. Stabilité

La stabilité d'un peuplement est donnée par la valeur du coefficient d'élanement (CE) se traduisant par le rapport hauteur-diamètre (Robisoa et al.2008).

$$CE = H/D$$

2.4.2. Potentiel exploitable

Le biovolume, ou potentiel en bois, est le volume de bois fourni par la végétation dans une surface donnée. Il est donné par la formule de (Dawkins 1959) :

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

Ou V : potentiel en bois ou biovolume (m³/ha)

0.53 : coefficient de forme si DHP > 35, par contre 0.51 si DHP < 35

G_i : surface terrière de chaque individu i (m²/ha)

H_i : hauteur totale de l'arbre en mètre

2.4.3. Analyse de la viabilité

2.4.3.1. La taille

La taille d'un peuplement est donnée par la notion d'abondance et de dominance. L'abondance des arbres est donnée par le nombre de tiges par hectare (Robisoaet al. 2008) :

$$N = (n * 10000) / S$$

N : est le nombre de tiges inventoriées

S : est la superficie en hectare

La dominance est révélée par la surface terrière G en m²/ha et est 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 mètre

2.4.3.2. Les conditions

2.4.3.2.1. Régénération

Le taux de régénération (Tr) est donné selon l'échelle de (Rothe 1969) indiquant le rapport entre le nombre d'individus régénérés (n) et le nombre d'individus semenciers (N) (Robisoaet al. 2008) : Tr

$$(\%) = (n/N) * 100$$

2.4.3.2.2. Mortalité

Le taux de mortalité (Tm) 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 (Massenet 2001).

$$Tm (\%) = (m/M) * 100$$

m : nombre d'arbres morts ou chablis,

M : nombre total des arbres).

2.4.3.3. Le contexte spatial

2.4.3.3.1. Degré de couverture

Il permet de dire si la formation végétale est très fermée, fermée ou ouverte (Kemadjou 2011). Degré

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

n : nombre de houppiers

S_h : surface couverte par houppier

S_p : surface de la parcelle

2.4.3.3.2. Espacement moyen des arbres

Le facteur d'espacement (S%) est un indice 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_d) du peuplement.

Selon Hart-Becking, le facteur d'espacement peut être calculé avec la formule suivante :

$$S\% = (a / H_d) * 100$$

2.4.3.4. Inventaire des pressions

Un inventaire des pressions a également été effectué dans l'ensemble de l'arboretum plus précisément sur les parcelles d'espèces feuillues étudiées, en prélevant toutes les menaces qui règnent sur chaque parcelle.

2.4.4. Ecologie numérique

Dans notre étude seule les paramètres quantitatifs ont été analysés. Les données enregistrées ont été d'abord soumises à une analyse descriptive. Les valeurs moyennes, minimales, maximales, l'écart-type de la moyenne et le coefficient de variation ont été déterminés pour l'ensemble des 15 variables quantitatives étudiées (Hm, Dm, coefficient d'élanement, PHF, abondance, dominance, contenance (Vtot et Vexp), surface terrière, surface terrière moyenne, surface terrière de l'arbre moyen, régénération, mortalité, degré de couverture et espacement moyen). Elles ont été ensuite soumises à une analyse en composantes principales (ACP) puis à une classification ascendante hiérarchique (CAH). Le logiciel Excel-Stat (2015) a été utilisé pour conduire ces analyses.

3. Résultats et Discussion

L'arboretum de Draa Naga est un site principalement à fonction forestière, secondairement à vocation pédagogique et écotouristique. D'autre part, son état écologique, plus précisément sa viabilité, est demeurée peu connue jusqu'ici. Et dans l'objectif de perpétuer les fonctions de l'arboretum, l'amélioration de son état de viabilité est essentielle à travers un suivi écologique permanent des peuplements artificiels qui sont les cibles de conservation. Pour cela, la connaissance de sa situation écologique actuelle est indispensable ; elle permettrait de disposer des données nouvelles suite à l'analyse sylvicole pour une appréciation du niveau de viabilité actuel de l'arboretum.

L'analyse de la viabilité est faite à partir des paramètres dendrométriques (analyse sylvicole) récoltés sur 7 parcelles des feuillus d'une part et l'observation des pressions d'autre part.

3.1. Qualité des peuplements

3.1.1. Abondance et dominance

Le tableau 2 montre que le diamètre moyen minimum obtenu est de 7cm pour la parcelle 52 (*F. americana*) et de 8cm pour la parcelle 4 (*S. japonica*), cela signifie que ces deux peuplements sont encore au stade de fourré à gaulis et qu'ils n'ont pas encore atteint un bon stade de développement. Pour les peuplements de *F. oregona* (P60), *Q. canariensis* (P50), *Q. petraea* (P1) et *Quercus rubra* (P8), le diamètre moyen est compris entre 18 et 28cm, ces peuplements présentent des caractéristiques plus développées au stade de perchis à la jeune futaie. Le diamètre moyen maximum observé est de 39cm, appartenant à l'*E. ovata* qui a atteint le stade de la futaie adulte avec des diamètres plus au moins important arrivant jusqu'à 78cm comparé à ceux de l'arboretum de Mandraka (Madagascar) qui ont atteint des diamètres de 87cm (Andriamahazo 2003).

Tableau 2. Densité et surface terrière totales en ordre croissant d'état de développement de peuplement.

Parcelle	D 1.30m	H/D	(g-gh) (cm ²)	N /ha (m ²)	G (m ² /h)
P52	7	64.29	-0.19	22	0.05
P4	8	36.25	0.33	107	0.91
P60	18	43.89	0.31	87	0.23
P50	23	43.91	-2.17	56	2.59
P1	25	32.40	0.32	195	10.53
P8	28	40.71	-4.89	5	0.06
P3	39	35.89	2.32	85	12.31

La figure 3 montre la structure de chaque peuplement des 7 parcelles au point de vue abondance réparties par classe de diamètre. Au premier regard, trois (3) groupes de peuplements se distinguent :

- Le premier groupe renferme les parcelles 1,8 et 50 qui sont successivement caractérisées par les espèces *Q. petraea*, *Q. rubra* et *Q. canariensis* qui représentent un très grand nombre de tiges variant de 20 à 95 pieds/ha dans la classe $[17.5 < D < 27.5 \text{cm}]$ [c'est-à-dire le petit bois et un nombre de 9 à 46 pieds/ha pour

le bois moyen de la classe $[27.5 < D < 47.5 \text{cm}]$ [ce sont les deux classes les plus représentatives pour ces chênes dont le bois riche en tanin est recherché pour sa bonne qualité (Paoliniet al.2014).

- Le deuxième groupe regroupe les parcelles 4, 52 et 60 (*S. japonica*, *F. americana* et *F. oregona*) représentées surtout par la classe $[D < 7.5 \text{cm}]$ [des petites perches et de la classe $[7.5 < 17.5 \text{cm}]$ [des perches, ce qui prouve que ces trois espèces sont au même stade de développement qui est le gaulis. Le nombre de pieds le plus abondants pour la classe de diamètre $[1.3 < 7.5 \text{cm}]$ [et de la classe $[7.5 < 17.5 \text{cm}]$ [est attribué à la parcelle 4 (*S. japonica*), ce sont les petites perches et les perches. Ceci est expliqué par la croissance très lente de cette espèce car elle ne commence à fleurir et bien se développer que vers 40 ou 50 ans et avec une forte chaleur estivale (Anonyme 2015), c'est ce qui fait sa particularité.

-Le troisième groupe est représenté par la parcelle 3 de l'*E. ovata* dont le nombre pieds est presque semblable pour toutes les classes (9 à 11 pieds/ha), cependant c'est le seule groupe qui a pu atteindre un très grand diamètre de 78cm appartenant à la dernière classe $[D < 7.5 \text{cm}]$ [du très gros bois, cette espèce est recherchée surtout pour son utilisation en industrie pour la fabrication de miel de haute qualité (Bernard 2003).

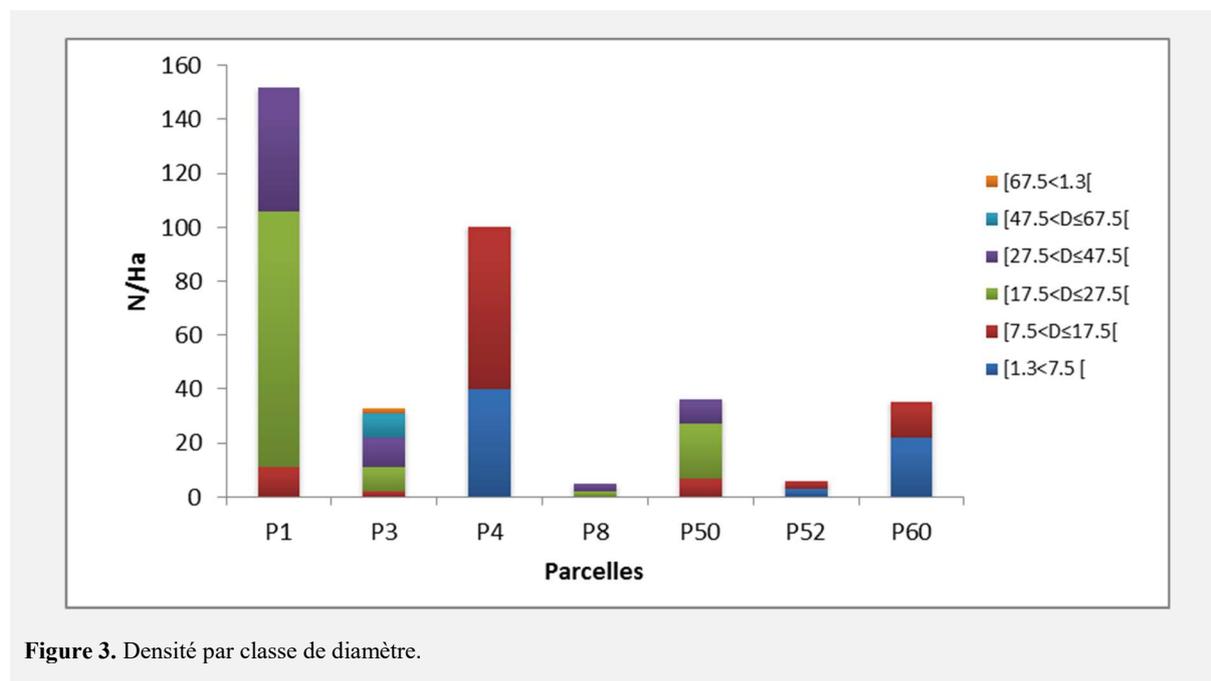


Figure 3. Densité par classe de diamètre.

3.1.2. Coefficient d'élancement

Le coefficient d'élancement donne une idée sur la stabilité écologique de la strate des feuillus. Pour une meilleure stabilité, la valeur du coefficient doit avoisiner les 100 (Robisoa et al. 2008).

La figure 4 montre les coefficients d'élancements moyens des peuplements des 7 parcelles étudiées.

- Les 4 premières parcelles (1, 3, 4 et 8) et les deux dernières (parcelle 52 et 60) ayant un diamètre moyen compris entre 7cm et 39cm, présentent des coefficients d'élancement compris entre 32 et 41 et donc inférieur à 100, cela signifie que ces peuplements sont stables et réguliers (Erlbeck 2002). Le Q. petraea avec un coefficient d'élancement avoisinant le 32 représente le peuplement le plus stable, le plus résistant au vent, à la neige et aux chablis avec un fort pouvoir compétiteur (Massenet 2010). Contrairement à la parcelle 50 où le Q. canariensis avec un diamètre moyen très faible (7cm) représente le coefficient d'élancement le plus élevé (64), cela permet de dire que ce peuplement est moins stable que les précédents.

Cette constatation permet de supposer que le coefficient d'élancement est fonction du diamètre moyen donc de l'âge du peuplement. La figure 4 montre le coefficient d'élancement en fonction du diamètre moyen du peuplement suivi de la courbe de tendance polynomiale de la fonction (figure 4).

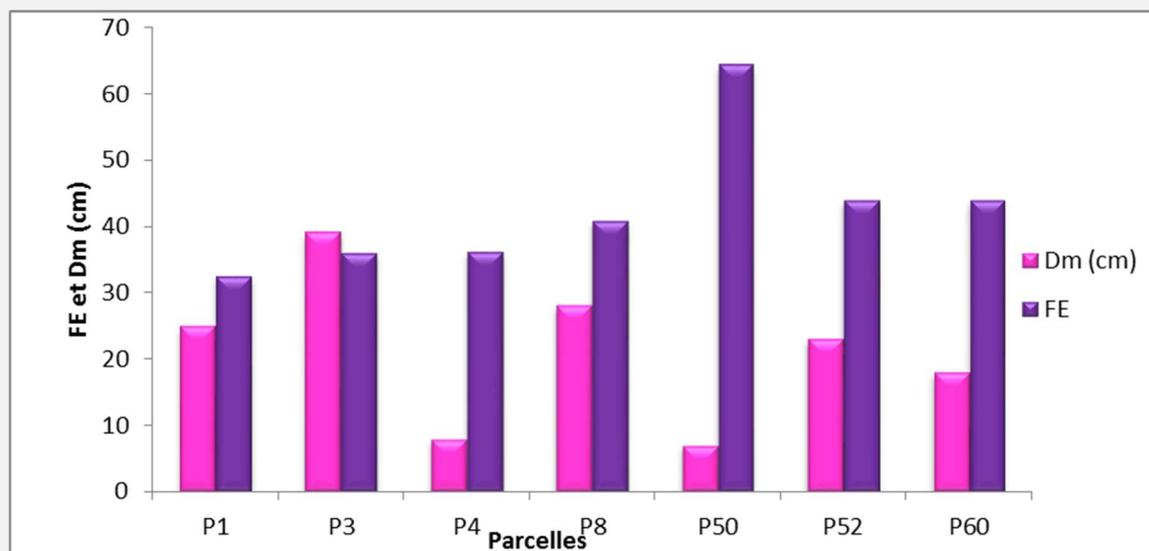


Figure 4. Coefficient d'élongement par parcelle.

3.1.3. Index PHF

La qualité des peuplements peut être donnée par l'index PHF, un index de trois chiffres qui donne un jugement de la position de l'arbre (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, et de la forme des fûts (Robisoaet al.2008), Il permet de faire une interprétation sylvicole plus détaillée pour prévoir l'avenir du peuplement (Blaser, 1984) et en déduire à la fin la viabilité des peuplements (Rajoelisonet al. 2008).

3.1.3.1. Position du houppier (Index P)

L'index P est exprimé par les valeurs 100, 200, 300, 400 et 500 (Rasatatsihoarana 2009). Il donne une idée sur la position du houppier de l'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 1984).

D'après la figure 5, nous constatons que :

- 86 pieds/ha de *Q. petraea* (P1), 19 pieds/ha d'*E. ovata* (P3), 100 pieds/ha de *S. japonica* (P4), 5 pieds/ha de *Q. rubra* (P8), 26 pieds/ha de *Q. canariensis* (P50), 6 pieds/ha de *F. americana* (P52) et 38 pieds/ha de *F. oregona* (P60) ont un houppier en pleine lumière, complètement libre d'en haut et latéralement, ce sont surtout des arbres dominants ou de petits arbres dans des trouées.
- 41 pieds/ha de *Q. petraea* (P1), 13 pieds/ha d'*E. ovata* (P3), 50 pieds/ha de *Q. canariensis* (P50) et 6 pieds/ha de *F. americana* (P52) ont un houppier en pleine lumière d'en haut mais couvert latéralement.
- 11 pieds/ha de *Q. petraea* (P1), 2 pieds/ha d'*E. ovata* (P3) et 3 pieds/ha de *F. americana* (P52) ont un houppier partiellement libre et en pleine lumière d'en haut, ce sont surtout les arbres de l'étage intermédiaire ou du sous-étage couvert.
- Seulement 9 pieds/ha de *Q. petraea* (P1) ont un houppier couvert, sans lumière d'en haut et partiellement éclairé latéralement, ce sont les arbres d'étage dominé ou de petits arbres en périphérie d'une trouée.
- 5 pieds/ha de *Q. petraea* (P1) ont un houppier en entièrement couvert, sans lumière directe, ce sont surtout les arbres du sous-bois (Shalufa et al 2014).

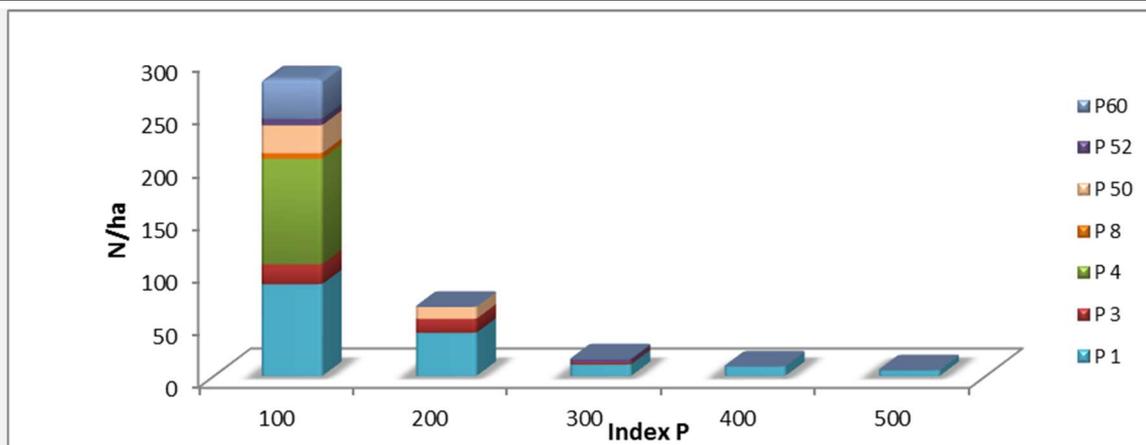


Figure 5. Proportion du nombre de tiges selon l'Index P.

3.1.3.2. Forme du houppier (Index 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. L'index H varie de 10 à 50 (Blaser 1984).

La figure 6, montre que :

- 19 pieds/ha de *Q. petraea* (P1), 9 pieds/ha d'*E. ovata* (P3), 5 pieds/ha de *Q. rubra* (P8), 35 pieds/ha de *Q. canariensis* (P50), 3 pieds/ha de *F. americana* (P52) et 16 pieds/ha de *F. oregona* (P60) ont un houppier parfait, circulaire en plan symétrique, dense et étendu.
- 66 pieds/ha de *Q. petraea* (P1), 11 pieds/ha d'*E. ovata* (P3), 3 pieds/ha de *Q. canariensis* (P50), 3 pieds/ha de *F. americana* (P52) et 19 pieds/ha de *F. oregona* (P60) ont un houppier plus ou moins circulaire en plan avec quelques déficiences de symétrie ou avec quelques branches mortes.
- 43 pieds/ha de *Q. petraea* (P1), 6 pieds/ha d'*E. ovata* (P3), 3 pieds/ha de *F. americana* (P52) et 3 pieds/ha de *F. oregona* (P60) ont un houppier tolérable, partiellement asymétrique et ouvert. Ce type de houppier est susceptible de réagir positivement à une intervention.
- 14 pieds/ha de *Q. petraea* (P1), 2 pieds/ha d'*E. ovata* (P3) et 100 pieds/ha de *S. japonica* ont un houppier fortement asymétrique avec seulement quelques branches vertes et denses, mais ayant encore l'apparence d'un arbre pouvant survivre.
- Seulement 11 pieds/ha de *Q. petraea* (P1) et 6 pieds/ha d'*E. ovata* (P3) ont un houppier dégradé, qui se porte très mal avec quelques branches vivantes. En apparence, ces arbres paraissent condamnés.

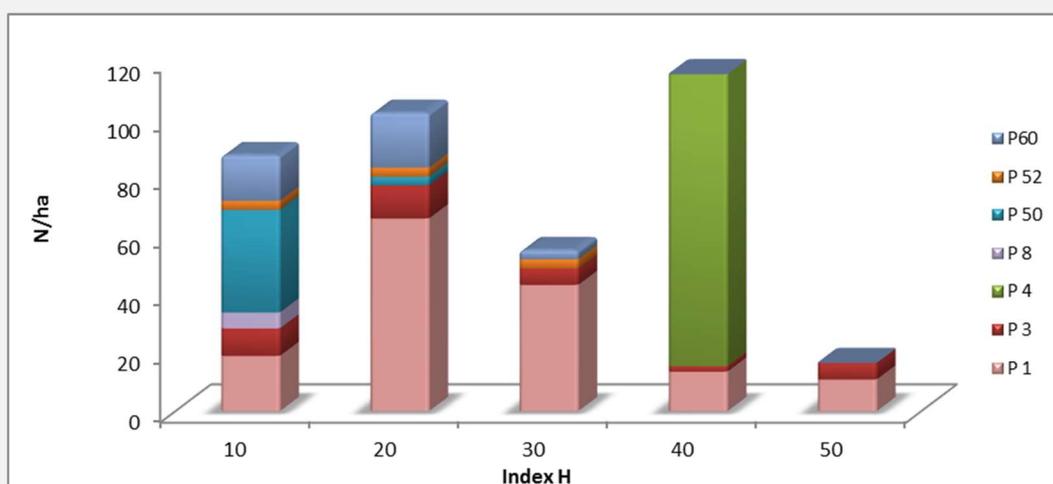


Figure 6. Proportion du nombre de tiges selon l'Index H.

3.1.3.3. Forme du fût (Index F)

La forme du fût est un index de la qualité du bois. La forme du fût n'est pas liée à l'accroissement, mais elle influence certainement les futures pratiques sylvicoles (Blaser 1984). Elle varie de 1 à 6 (Rajoelison 1997). Il ressort de la figure 7 en dessous que :

- 49 pieds/ha de *Q. petraea* (P1), 8 pieds/ha d'*E. ovata* (P3), 5 pieds/ha de *Q. rubra* (P8), 31 pieds/ha de *Q. canariensis* (P50) et 3 pieds/ha de *F. oregona* (P60) ont un fût droit, rond et plein ; cylindrique, sans défaut et sans embranchements. Les gros fûts peuvent fournir du bois de placage et les tiges minces de petits diamètres sont utilisées comme bois de poteaux (Blaser 1990).
- 25 pieds/ha de *Q. petraea* (P1), 11 pieds/ha d'*E. ovata* (P3), 7 pieds/ha de *Q. canariensis* (P50) et 9 pieds/ha de *F. oregona* (P60) ont un fût droit, cylindrique, légèrement bombé, plein pour une division en sections, sans défauts et sans embranchements. Ce type de fût fournit en partie du bois de placage (Ramalanjoana 2013).
- 16 pieds/ha de *Q. petraea* (P1), 8 pieds/ha d'*E. ovata* (P3), 3 pieds/ha de *F. americana* (P52) et 6 pieds/ha de *F. oregona* (P60) ont un fût partiellement droit, bombé jusqu'à 2 mètres de haut, en partie cylindrique, généralement conique et sans défauts. C'est un bon bois de sciage (Blaser 1984).
- 35 pieds/ha de *Q. petraea* (P1), 6 pieds/ha d'*E. ovata* (P3), 20 pieds/ha de *S. japonica* (P4), 3 pieds/ha de *F. americana* (P52) et 9 pieds/ha de *F. oregona* (P60) ont un fût droit sur quelques mètres, bombé de haut, conique et sans défauts sérieux. Il est utilisé comme bois de sciage ou comme bois d'énergie (bois de feu ou de charbon) (Blaser 1984).
- 19 pieds/ha de *Q. petraea* (P1), 2 pieds/ha d'*E. ovata* (P3), 33 pieds/ha de *S. japonica* (P4) et 9 pieds/ha de *F. oregona* (P60) ont un fût irrégulier, tortueux, fortement conique, avec des fourches, en partie défectueux. Il peut être utilisé comme bois de construction (Kouka 2006).
- Seulement 8 pieds/ha de *Q. petraea* (P1), 47 pieds/ha de *S. japonica* (P4) et 3 pieds/ha de *F. americana* (P52) et ont un fût très irrégulier, très fourchu et tortueux, conique, avec des défauts nettement visibles. Il est surtout utilisé comme bois d'énergie (Kouka 2006).

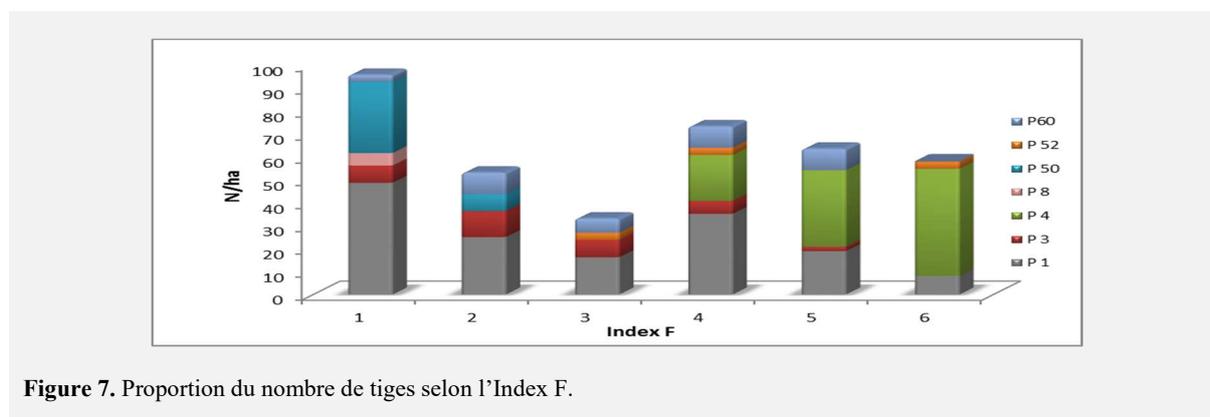


Figure 7. Proportion du nombre de tiges selon l'Index F.

3.2. Analyse statistique

L'analyse en composantes principales (ACP) a été appliquée à la matrice des corrélations obtenues à partir des 15 variables centrées réduites, mesurées sur les 7 parcelles des feuillus étudiées (*Q. petraea*, *E. ovata*, *S. japonica*, *Q. rubra*, *Q. canariensis*, *F. americana* et *F. oregona*).

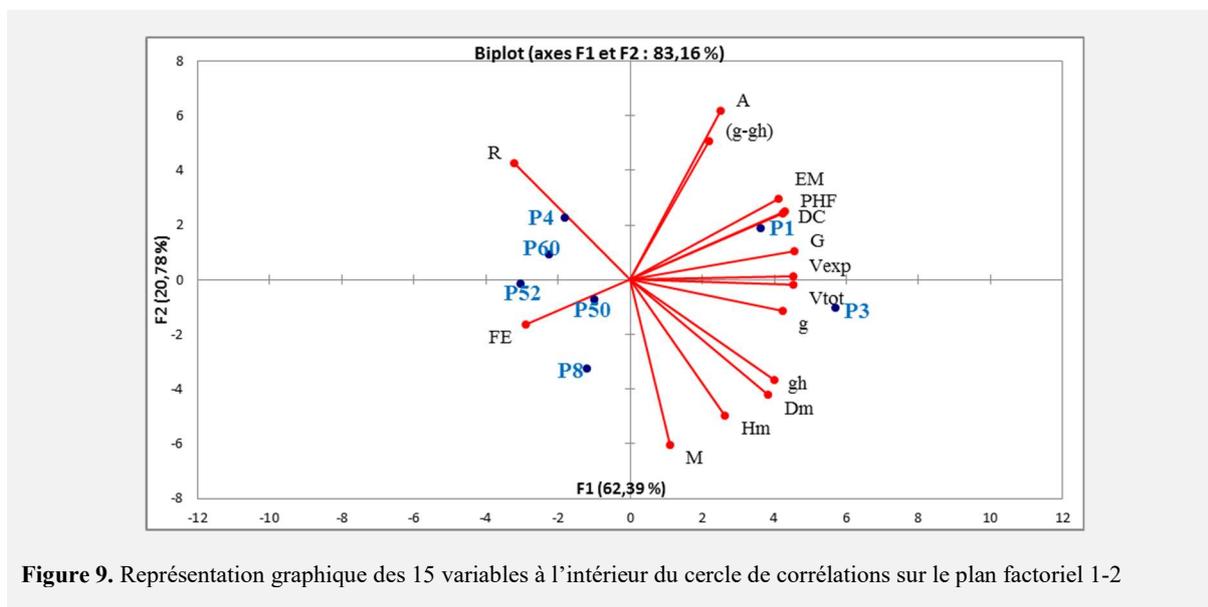
La représentation graphique des 15 variables à l'intérieur du cercle de corrélation sur le plan factoriel 1-2 montre dans la figure 8 que :

L'axe 1 est représenté par les paramètres sylvicoles PHF, Vtot, Vexp, gh, g, G, DC, EM et Dm qui sont corrélés positivement, dans la mesure où ces derniers présentent les plus fortes contributions dans un intervalle de (+ 0.822 à + 0.982). À l'opposé de cet axe, la plus faible contribution est représentée par les paramètres sylvicoles FE et R qui sont respectivement (-0.627 et - 0.6931).

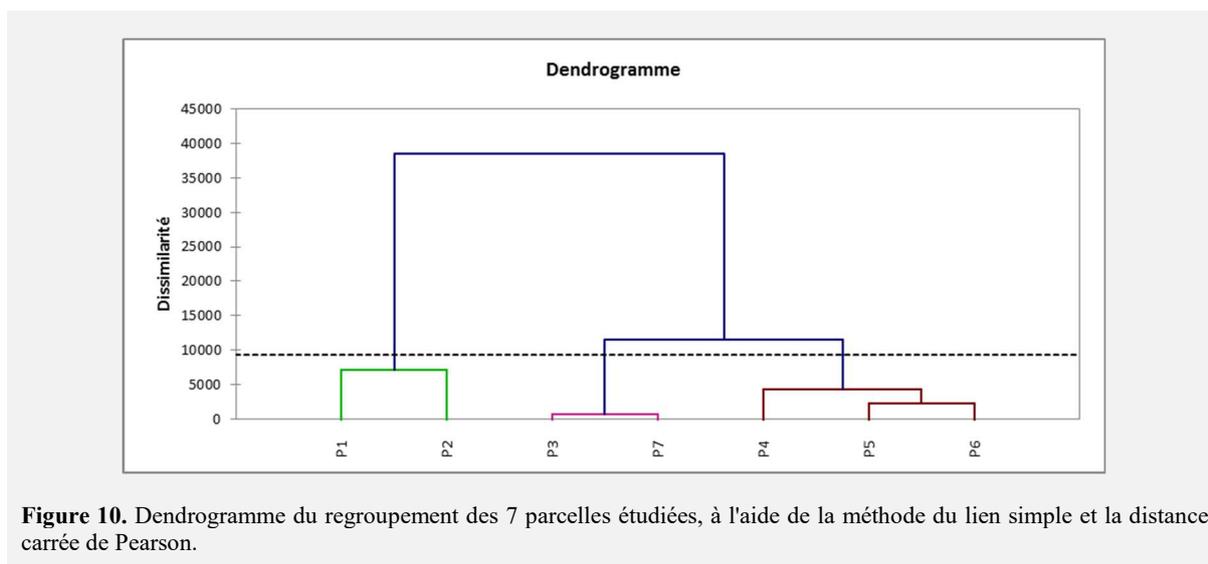
L'axe 2 est représenté par les paramètres sylvicoles A et (g-gh), y présentant les contributions les plus élevées qui sont respectivement (+ 0.770 et + 0.633). Sur le côté négatif de ce même axe, la mortalité (M) et la hauteur moyenne (Hm) sont caractérisées respectivement par les plus faibles contributions (- 0.753 et 0.618).

L'affinité des différents paramètres avec les 7 essences étudiées est confirmée par l'analyse en composantes principales (ACP), ce qui met en évidence l'influence des paramètres sylvicoles étudiés

sur la viabilité des espèces. En effet, trois groupes homogènes sont dégagés par l'ACP. Le premier groupe (G1) situé sur le côté positif de l'axe 1 du cercle des corrélations présentant des affinités étroites des paramètres sylvicoles A, (g-gh), EM, PHF, DC, G, Vtot, Vexp, g, gh, Dm, Hm et M avec la parcelle 1 (*Q. petraea*) et la parcelle 3 (*Eucalyptus ovata*); le deuxième groupe (G2) est situé toujours sur le même axe du cercle des corrélations présentant une affinité entre le paramètre R et les parcelles (P4 et P60) de *S. japonica* et *F. oregona* respectivement et enfin le troisième groupe (G3) corrélé avec le paramètre FE regroupant les parcelles (P8, P50 et P52) de *Q. rubra*, *Q. canariensis* et *F. americana*.



Le regroupement des 7 parcelles a été effectué en fonction des moyennes des données de l'ensemble des 15 variables caractéristiques observées à la recherche des groupes homogènes. Ce regroupement qui est fait au moyen d'un dendrogramme, obtenu à l'aide de la méthode du lien simple et la distance carrée de *Paerson* permet de distinguer 3 groupes qui sont donnés par la figure 10.



3.3. Les pressions

La figure 11 présente les localisations de chaque pression de l'arboretum avec leur degré d'intensité. Les pressions sont d'origine anthropiques et biologiques mais aussi des pratiques irresponsables : incendies, coupes illicites, érosion, chablis, dépérissement, pâturage, ravageurs et maladies. Ces pressions ont modifié la structure floristique de l'arboretum et celle de la faune : les régénérations

naturelles sont moins abondantes, les arbres de diamètre supérieur à 40 cm sont rares, certaines essences risquent de disparaître. L'ensemble des parcelles comportent à la fois plusieurs types de pressions.

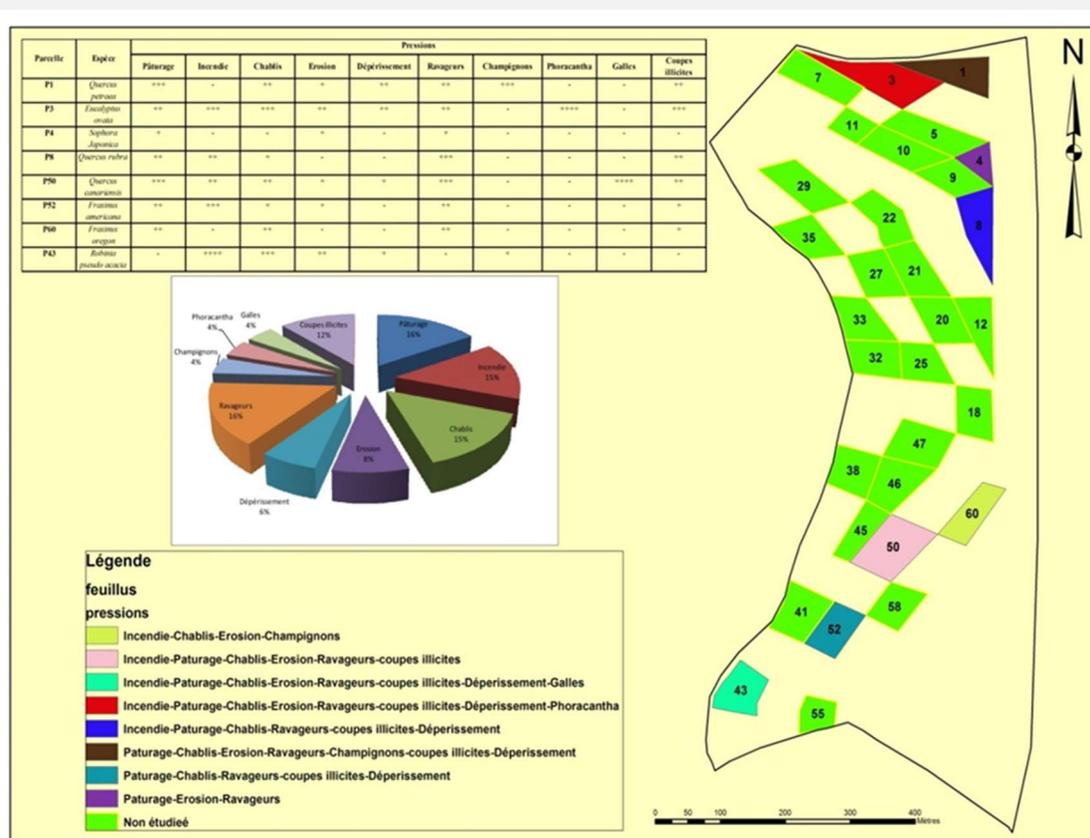


Figure 11. Inventaire des pressions des 7 parcelles étudiées.

3.4. Analyse de la viabilité

La viabilité de l'arboretum se traduit par la viabilité de l'ensemble des peuplements de feuillus étudiés. A partir du tableau 3, il en ressort que ces peuplements ont tous une viabilité moyenne mais avec des conditions de renouvellement faible dû au fait que ce sont des espèces issues de plantation et par conséquent sont assujettis à des exploitations. La contrainte principale qui nuit la viabilité de l'arboretum est l'absence de toute intervention sylvicole.

Tableau 3. Evaluation du niveau de viabilité des feuillus.

Catégories	Attributs	Indicateurs	Références	Etat actuel	Viabilité par attribut	Viabilité par catégorie
Taille	Abondance	Nombre de tiges d > 5cm (N/ha)	> 625 tiges	557 tiges/ha	Moyenne	Moyenne
	Dominance	Surface terrière (m ² /ha)	100 m ² /ha	26.68 m ² /ha	Faible	
Conditions	Régénération	Taux de régénérations (%)	TR ≥ 100% (Echelle de Rothe, 1964)	47.14 %	Faible	Moyenne

	Mortalité	Taux de Mortalité (%)	Indicateur seuil = 5%	33.31 %	Elevé	
Qualité	Stabilité	Coefficient d'élancement	FE ≥ 100 (bonne)	42.48	Moyenne	Moyenne
	Index PHF	Index PHF	111 (Parfait)	223	Bonne	
Contexte spatial	Densité des peuplements	Degré de couverture (%)	100%	113.63 %	Moyenne	Moyenne
	Espacement moyen des arbres	Espacement moyen à l'hectare	4m (bonne)	22.9m	Faible	
Niveau de viabilité						Moyen

4. Conclusion

L'arboretum de Draa Naga est d'une part à vocation forestière et pédagogique et secondairement écotouristique. Cette étude effectuée uniquement sur les peuplements feuillus a opéré différentes analyses: analyse sylvicole, analyse des pressions, analyse statistique et analyse de viabilité. Ainsi, l'analyse sylvicole a fourni des connaissances sur les peuplements artificiels, leur taille, leur dynamisme, leur état de développement, leur stabilité, leur qualité... etc. Ces résultats constituent l'état de référence pour les suivis à venir, ou état zéro. Les résultats obtenus à partir des paramètres d'analyse sylvicole, ont montré un niveau de viabilité moyen pour l'arboretum. Ce niveau de viabilité est généré par une qualité de peuplement stable, une mortalité élevée (plus de 23%), un potentiel d'avenir moyen (taux de régénération faible = 47%) et une qualité assez bonne (PHF=223). Ces analyses ont pu ressortir que diverses pressions pèsent sur l'arboretum. Par ordre de menaces, les feux, le pâturage et les coupes illicites sont les premières. Si les coupes illicites appauvrissent l'arboretum en essences de valeur comme le *Quercus rubra*, et créent des trouées dans les parcelles tels que la parcelle du *Fraxinus americana* et *Fraxinus oregona*. Les feux et le pâturage ont fait disparaître une superficie importante des parcelles d'*Eucalyptus* et de *Quercus canariensis*. Malgré la reconstitution de l'arboretum, son niveau de viabilité est moyen. L'évolution de ce niveau est variable en fonction du degré de pressions. Face à ces atouts et à ces faiblesses, l'arboretum devrait être aménagée en vue de réduire de manière palpable les pressions et d'assurer sa reconstitution. Des interventions au niveau de la végétation sont indispensables telles : l'enlèvement des espèces envahissantes, l'enrichissement des trouées, l'exploitation des individus de diamètre supérieur à 40 cm.

5. Références

- Andriamahazo M (2003)** Contribution à la relance et à la conduite sylvicole de *Cupressus lusitanica* (Cas de la station forestière de Manjakatomp). Mémoire de fin d'étude. Département des Eaux et Forêts. Ecole supérieure des sciences agronomiques. Université d'Antananarivo, 78 p.
- Anonyme (2015)** Le Jardin du Pic Vert. *Sophora japonica*. <http://www.jardindupicvert.com>
- Bernard M (2003)** Aménagement et gestion. L'*Eucalyptus*: Un arbre forestier stratégique, p 144-146
- Blaser J, Rajoelison L. G, Tsiza G, Rajemison M, Rabevohitra R, Randrianjafy H, Razafindrianilana N, Rakotovo G, Comlet S (1993)** Choix des essences pour la sylviculture à Madagascar, Akon'nyala n°12 et 13, 166 p.
- Blaser J (1984)** El paraméto Tendenciadelarboi. El CHASQUI (Turrialba, Costa Rica) 5/6: p 22-25
- Dawkins H.C (1959)** The management of naturel tropical high-forest with special reference to Uganda. Imp. For. Paper 34, Oxford, Angleterre, 55 p.
- Djallil L (1994)** Les forêts algériennes. Forêt Méditerranéennes. N° 1, janvier 1 994. p 59-60.
- Djouadi H et Khorief Nacereddine S (2000)** Diagnostic et Reconstitution de la réserve biologique (Djebel-Ouahch) dans la région de Constantine. Mémoire d'ingénieur d'état en Ecologie. Gestion des ressources forestières (systèmes forestiers). 99 p.
- Kemadjou M (2011)** Dynamique forestière post-exploitation industrielle: Cas de la forêt dense semi-décidue de Mbalmayo au sud Cameroun. Université de Yaoundé I, p10-13.

- http://www.memoireonline.com/02/13/6908/m_Dynamique-forestiere-post-exploitation-industrielle-Cas-de-la-fort-dense-semi-decidue-de-Mbalm13.html
- Kouka L (2006)** Etude floristique des forêts du Parc national d'Ozala (Congo- Brazzaville) Acta Bot. Gallica, p 49-81
- Mahamane A (2006)** Etudes floristique, phytosociologique et phytogéographique de la végétation du Parc régional du W du Niger, Acta Bot. Gallica, p 265-269
- Massenet J. (2011).** Hauteur des arbres. Lycée forestier – Château de Mesnières, p 25.
- Paolini V, Dorchies Ph, Hoste H (2014)** Effets des tanins condensés et des plantes à tanins sur les strongyloses gastro-intestinales chez le mouton et la chèvre. Unité Mixte Associée 1225 INRA/ENVT « Physiopathologie des Maladies infectieuses et Parasitaires des Ruminants ». Toulouse Cedex, p 1-3
- Rached-Kanouni M, Hadeff A, Matallah I, Amine Khoja A.E.M, Saighi K, Alatou D (2014)** Diagnostic of Draa Naga arboretum on the forest of Djebel El Ouahch (north-eastern Algeria). IJMSBR, 3(9), 35-41.
- Rajoelison G, Rabenilalana F, Rakoto H (2008)** Rapport final. Suivi écologique et analyse socio-économique d'un aménagement participatif de bassin versant dans la zone de Mandraka – Madagascar, p 70
- Ramalanjoana M (2013)** Etude de la régénération de la senescence de Tamarindus indica et ses impacts et implications écologiques dans la réserve de Bezà Mahafaly. Mémoire d'ingénieur en sciences agronomiques. Université d'Antananarivo, p 33-46
- Rasatatsihoarana H et Randriananjatoa T (2009)** Reconnaissance écologique des aires forestières dans le Menab Sud en vue d'une délimitation de nouvelles aires protégées. Rapport final. Madagascar Nationale parc, 76 p.
- Robisoa M, Rajoelison G, Rabenilalana M et Rakoto H (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. Centre for development and environment (cde). ESAPP-Eastern and Southern Africa Partnership Program, p 82.
- Sedjar A (2012)** Biodiversité et dynamique de la végétation dans un écosystème forestier- Cas de djebel Boutaleb-. Mémoire de Magister en Biodiversité et Gestion Des Ecosystèmes, 105p.
- Shalufa N, Robbrecht E, Katusi R, Nshimba H, Ntahobuka J, Habimana H et Mangambu J (2014)** Structure, dispersion spatiale et abondance de la population à *Guarea thompsonii* Sprague et Hutch. (Meliaceae) dans la forêt à *Scorodophloeus zenkeri* Harms (Fabaceae) dans la Réserve Forestière de la Yoko en R.D.Congo. Journal of Animal & Plant Sciences. Vol.23, 158p.