

STRUCTURE ET COMPOSITION FLORISTIQUES DE LA FORET DE SIDI R'GHIES (OUM EL BOUAGHI)

Malika RACHED-KANOUNI¹, Sonia HABBI¹, Menal BOUAFENE¹, Karima KARA², Labeled ABABSA¹

¹ Département des Sciences de la Nature et de la Vie, Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Larbi Ben M'Hidi Oum El Bouaghi

² Département de Biologie et Ecologie Végétale, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Université des Frères Mentouri Constantine 1

E-mail de l'auteur principal : kmalikbio@yahoo.fr

Résumé: L'objectif général de cette étude est la gestion rationnelle des écosystèmes forestiers en vue d'une conservation durable de la biodiversité floristique. Deux types d'analyses sont réalisés : l'analyse structurale et l'analyse des principales essences. Au total, 3675 individus sont réparties dans 5 familles, départagées entre 7 espèces ont été recensés. Les espèces ligneuses dominantes sont *Pinus halepensis* et *Juniperus oxycedrus*. Les Pinaceae et les Cupressaceae constituent les familles les plus représentées. Les valeurs moyennes de la richesse spécifique, de l'indice de diversité de Shannon sont de $3\pm 1,2$ et $0,71\pm 0,30$ espèces/parcelle respectivement. La densité moyenne des ligneux au niveau de la forêt de Sidi R'Ghies est de 735 ± 368 pieds/ha avec une surface terrière moyenne de $23,01\pm 5,04\text{m}^2/\text{ha}$. La structure des hauteurs montre que les arbres dans les classes de hauteur comprises entre 2 et 4m ont une densité très élevée, preuve d'une régénération naturelle. La structure totale indique que les arbres de petites dimensions sont plus abondants que ceux de grandes dimensions ($17,5 < d \leq 27,5\text{cm}$). En effet, ce travail constitue une base de données pour la forêt mais il ne représente qu'une des facettes à prendre en considération en vue de la protéger et de la restaurer.

MOTS-CLÉS : Inventaire forestier, Structure, Diversité floristique, dégradation et Sidi R'Ghies

Abstract: The objective of this study is the rational management of forest ecosystems for the sustainable conservation of plant biodiversity. Two types of analysis are carried out: the structural analysis and the analysis of the main species. In total, 3675 individuals are distributed in 5 families, separated between 7 species were identified. The dominant woody and grassy plant species are *Pinus halepensis* and *Juniperus oxycedrus*. Pinaceae and Cupressaceae are the most represented families. Mean values of species richness, Shannon diversity index are $3\pm 1,2$ and $0,71\pm 0,30$ species / plot respectively. The average density of woody trees in the Sidi R'Ghies forest is 735 ± 368 plants / ha with an average basal area of $23,01 \pm 5,04\text{m}^2 / \text{ha}$. The structure of the heights shows that the trees in the height classes between 2 and 4m have a very high density, proof of a natural regeneration. The total structure indicates that smaller trees are more abundant than larger ones ($17,5 < d \leq 27,5\text{cm}$). Indeed, this work is a database for the forest but it is only one of the facets to be considered in order to protect and restore it.

KEYWORDS: Forest inventory, Structure, Floristic diversity, degradation and Sidi R'Ghies

Introduction

Le souci de conservation de la biodiversité, avec la prise en compte des besoins et aspirations des populations locales, est devenu réel depuis le Sommet de la Terre en 1992. Il s'en est suivi un besoin urgent de comprendre les effets directs et indirects des activités humaines sur la biodiversité

qui sont des questions sujettes à de nombreux débats scientifiques [1]. Malgré cette prise de conscience collective, l'érosion de la biodiversité se poursuit [2 ; 3] et constitue une menace pour l'humanité. La biodiversité algérienne globale (naturelle et agricole) compte

environ 16000 espèces dont seulement 1% de ce total est utilisé dans l'économie.

La richesse de la biodiversité nationale est le reflet de la diversité écosystémique. Les massifs montagneux d'Algérie recèlent une diversité biologique importante. Parmi les espèces de flore, l'Algérie compte un grand nombre d'arbres et d'arbustes. Sur les 70 taxons arborés de la flore spontanée algérienne [4], 52 espèces se rencontrent dans les zones montagneuses.

La richesse forestière de la forêt de Sidi R'Ghies (Oum El Bouaghi) est constituée d'un patrimoine qui se compose de pin d'Alep, de chêne vert, de genévrier, de cyprès et d'autres arbres de différentes espèces. Mais, cette richesse est soumise à des dégradations latentes pouvant à long terme entraîner des conséquences néfastes tant sur le plan écologique que socio-économique.

Pour mieux appréhender la dégradation des écosystèmes qui est d'ordres naturel et anthropique, l'étude de la végétation paraît très indiquée. En effet, la flore et la végétation d'une région sont le résultat d'un long processus de sélection naturelle sous l'action du climat, des conditions édaphiques et topographiques, sans oublier les activités anthropiques [5; 6 ; 7].

Une connaissance précise des ressources forestières existantes, ainsi que leur évolution devrait porter essentiellement sur la composition floristique, sur la structure

et sur la régénération des essences à valeur, d'où la nécessité de réaliser un inventaire forestier qui fait l'objet du présent travail.

L'objectif de ce travail est d'obtenir des informations sur les caractéristiques des ressources ligneuses (hauteur, diamètre, surface terrière, volume,...) et sur les rapports quantitatifs entre eux. Ceci aidera à prendre soin de cette formation forestière en considérant tous les écosystèmes qui lui sont reliés et en étudiant diverses alternatives de développement et de conservation de toutes les essences forestières qui se trouvent dans la forêt de Sidi R'Ghies, ce qui contribuerait à la protection de cette dernière.

Matériel et méthodes

1. Zone d'étude

La forêt de Djebel Sidi R'Ghies est située dans la partie nord de la ville d'Oum El Bouaghi, entre la ligne de latitude 33°52'5 au Sud et 35°57' au Nord et entre les lignes de longitude 07°06' à l'Ouest et 07°10' à l'Est du méridien de Greenwich (Fig. 1). Son altitude est de l'ordre de 1635m. La superficie de la forêt de Djebel Sidi R'Ghies est estimée à 3106 ha avec un périmètre de 28.66 km [8]. Les caractéristiques écologiques de la forêt de Sidi R'Ghies se résument dans le tableau 1.

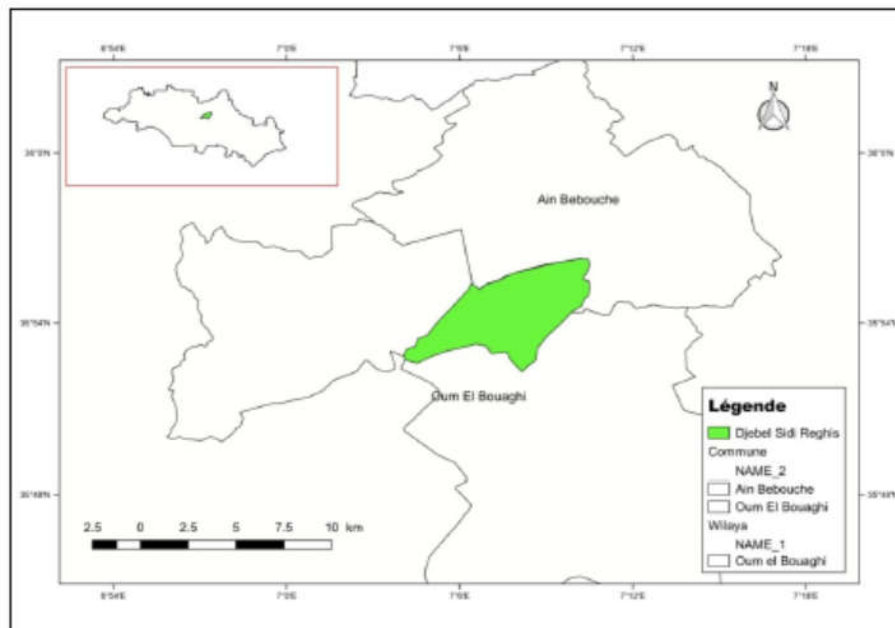


Figure 1.- Situation géographique de la zone d'étude [9]

Tableau 1.- Caractéristiques écologiques de la forêt de Sidi R'Ghies

Unité géologique	Climat	Sol
<ul style="list-style-type: none"> - Aptien supérieur : Calcaires à Miliolidés - Albien : Marneux - Barrémien supérieur - Glacis polygénique nappant les reliefs, parfois encroûté 	<ul style="list-style-type: none"> Etages bioclimatiques : semi-aride à hiver frais - Climat : été chaud et sec, et un hiver frais. - Pluviométrie annuelle : 377,9 mm 	<ul style="list-style-type: none"> - Calcaire et dolomie durs - Alluvions et sable durs

2. Données dendrométriques

Cinq parcelles avec une superficie équivalente de 400m² ont été délimitées (Fig. 2), afin d'obtenir un échantillonnage représentatif de l'ensemble du massif forestier. Dans chaque parcelle, un comptage exhaustif de tous les individus de chaque espèce a été réalisé. Pour chaque individu, les mesures ont porté sur la hauteur pour établir la structure de la

population, le diamètre des ligneux de dbh>2,5cm est mesuré à 1,30m au dessus du sol pour estimer la surface terrière. Pour mesurer la hauteur des individus, nous avons utilisé un bloom Leiss.

Lors de notre expérimentation, les arbres qui sont à l'intérieur des parcelles sont pris en considération. L'observation se fait à partir du premier arbre dans le sens d'aiguilles d'une montre.



Figure 2.- Délimitation des parcelles

3. Analyses des données

Nous avons utilisé pour cette étude deux sortes d'analyses, quantitative et les indices de biodiversité (Tab. 2).

3.1. Analyse diamétrique et structurale :

Le diamètre relevé sur les arbres a permis de calculer la surface terrière (G) des peuplements étudiés et d'établir la distribution des tiges en classes de diamètre de 10 cm [10 ; 11]. La G s'exprime en mètre-carré par hectare (m^2/ha).

3.2. Étude quantitative

La détermination quantitative des données se traduit par leur nature structurale qui n'est qu'un ensemble des paramètres ; notamment la distribution spatiale, la densité des espèces et les relations qui s'interfèrent entre ces dernières [12 ; 13].

-Abondance ou densité relative d'une espèce et d'une famille : est la densité relative d'une espèce ou d'une famille correspondant au nombre total d'individus d'espèce ou d'une famille dans l'échantillon multiplié par 100 [13].

- Dominance relative d'une espèce ou d'une famille : la dominance relative est le rapport de la surface terrière occupée par une espèce ou une famille à la surface terrière totale multipliée par 100 [10]. Elle s'exprime en pourcentage (%) [13].

3.3. Indices de diversité

Une multitude d'indices sont développés et ceux utilisés dans cet article sont les indices de Shannon, Pielou et Simpson [14 et 15].

- Indice de diversité de Shannon (H) (1949) repris par Grall et Hily [16] indique la richesse en espèces au sein d'un écosystème local. H varie en générale de 0 à 5, voire un peu plus de 5 bits. Un indice de diversité de Shannon élevé correspond à des conditions du milieu favorables à l'installation de nombreuses espèces [17] ; c'est le signe d'une grande stabilité du milieu.

- Indice de Simpson : cet indice a été proposé par Simpson en 1965 [18]. Il mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce. L'indice est inversement proportionnel à la diversité. De ce fait, une

autre formulation a été proposée afin d'établir un indice directement représentatif de l'hétérogénéité en retranchant l'indice de Simpson à sa valeur maximale : 1 [19 ; 20].

- **L'équitabilité de Pielou (E)** : est le rapport de la diversité d'un peuplement ou d'un échantillon et le nombre N d'espèces présentes. Il exprime la régularité, la répartition équitable des individus au sein des placettes [21 ; 22]. E varie de 0 à 1. L'équitabilité de Pielou élevée est le signe d'un peuplement équilibré [17]. Par contre les valeurs faibles correspondent à la présence d'un nombre élevé d'espèces rares ou d'un petit nombre d'espèces dominantes.

- **Indice de Hill** : L'indice de Hill est une mesure de l'abondance proportionnelle, qui permet d'associer les indices de Shannon et Simpson [23].

En utilisant la sensibilité de l'indice de Shannon aux effectifs des espèces rares, et

la sensibilité de l'indice de Simpson aux effectifs des espèces abondantes, l'indice de Hill semble le plus synthétique. Plusieurs auteurs recommandent d'ailleurs leur utilisation [24 ; 25].

Toutefois, l'utilisation de ces trois indices, Shannon Wiener, Simpson et Hill de manière concomitante permet une étude plus complète des informations concernant la structure des communautés.

3.4. Valeur d'importance d'une espèce (IVI) a été estimée par $IVI = (Fr+Dr+Gr)$ [26] où Fr est la fréquence relative de l'espèce, Dr est la densité relative (nombre d'individu/ha) de l'espèce et Gr sa dominance relative se rapportant ici à la surface terrière des espèces. IVI est un indice quantitatif permettant d'identifier les espèces écologiquement importantes dans une communauté végétale [26]. Il varie de 0 (absence de dominance) à 300 (mono-dominance).

Tableau 2. - Mesures de la diversité

Nom	Formule	Mesure de la diversité
Richessespécifique	$RS = \sum_{i=1}^K Si$	Horizontale
Indicede Shannon	$H = \sum_{i=1}^K Pi \times \ln Pi$	Horizontale
Indice de Simpson	$D = 1 - \sum_{i=1}^s Pi^2$	Horizontale
Indice de Hill	$Hill = (1/D)/e^H$	Horizontale
Indice de Pielou	$E = \frac{H}{\ln S}$	Distribution Spatiale
Densité relative	$Dr = \frac{Ni}{N} * 100$	Distribution Spatiale
Dominance relative	$Dr = \frac{Gi}{G} * 100$	Distribution Spatiale

Résultats et discussions

La densité moyenne des ligneux au niveau de la forêt de Sidi R'Ghies est de 735 ± 368 individus/ha avec une surface terrière moyenne de 23,01±5,04m²/ha et un volume moyen de 75,68±5,04m³/ha (Tab. 3). Pour les parcelles (P5, P4, P2 et P1), le diamètre moyen est compris entre 11,70 et 27,1cm ; ces peuplements présentent des caractéristiques plus développées au stade de perchis (bas et haut). Le diamètre moyen maximum observé est de 48,47cm, appartenant aux espèces de la parcelle 3 et qui atteint le stade de la futaie adulte avec des diamètres plus au moins importants arrivant jusqu'à 82cm chez le genévrier comparé à ceux de la forêt de Mandraka (Madagascar) qui ont atteint des diamètres de 87cm [27].

Le coefficient d'élanement donne une idée sur la stabilité écologique de la strate des arbres [28]. En considérant le rapport H/D, les parcelles 4 et 5 possèdent les

valeurs les moins favorables (44,41 et 48,92%). Par conséquent ils subissent une compétition trop importante et ne devraient pas bien résister au vent. Ils ont une hauteur bien trop élevée par rapport à leur diamètre. Cette vitesse de croissance s'explique par leur fort pouvoir compétiteur [29]. Les coefficients d'élanements moyens des parcelles 1 et 2 ayant un diamètre moyen compris entre 27,10 cm et 23,86 cm, présentent des coefficients d'élanement avoisinant 21, et donc inférieur à 100, cela signifie que ces peuplements sont stables et réguliers. Le *P. atlantica* (P1) avec un coefficient d'élanement avoisinant le 6% (diamètre = 69,75cm) représente le peuplement le plus stable, le plus résistant au vent, à la neige et aux chablis [30]. Cette constatation permet de supposer que le coefficient d'élanement est fonction du diamètre moyen donc de l'âge du peuplement.

Tableau 3.- Caractéristiques dendrométriques de cinq parcelles étudiées

	N	D _(1,3) (cm)	min-max	H (m)	min-max	G (m ² ha ⁻¹)	H/D (%)	V (m ³ /ha)
Parcelle 1								
<i>O. europaea</i>	225	9,84	3,18-24,84	2,93	1,5-4,6	2,48	29,78	3,85
<i>J. oxycedrus</i>	425	11,07	5,73-22,29	2,95	1,9-3,8	5,19	26,65	8,11
<i>P. atlantica</i>	50	69,75	62,80-76,70	4,25	3-5,5	10,25	6,09	23,09
<i>Q. ilex</i>	75	17,73	13,38-24,52	4,40	3,2-5	1,99	24,82	4,64
Live trees	775	27,10	3,18-69,75	3,63	1,5-5,5	19,91	21,83	39,69
Parcelle 2								
<i>J. oxycedrus</i>	50	7,01	7,01-7,62	1,25	1-1,50	0,19	17,83	0,13
<i>P. halepensis</i>	375	26,18	5,33-45,54	6,27	0,9-11	23,64	23,95	78,56
Live trees	425	23,86	23,99	5,58	0,9-11	23,83	20,89	78,68
Parcelle 3								
<i>J. oxycedrus</i>	75	54,14	25,48-82,80	5,75	3-8,70	13,50	11	41,14
<i>P. halepensis</i>	50	44,64	24,84-64,01	6,57	3,5-8	14,50	15	50,49
Live trees	125	48,47	24,84-82,80	6,24	3,5-8,70	28,00	13	91,63
Parcelle 4								
<i>P. halepensis</i>	625	19,84	13,06-30,25	8,70	5,8-13,4	19,94	43,85	91,94
<i>O. europaea</i>	50	13,63	11,78-	5,00	4,8-5,2	0,75	36,68	1,99

			15,81					
<i>P. atlantica</i>	50	13,38	13,38-14,33	5,60	5,4-5,8	1,33	41,85	3,95
<i>Q. ilex</i>	575	11,78	8,60-13,68	3,40	2,9-3,7	6,45	28,86	11,62
<i>A. numidica</i>	50	16,88	9,55-24,20	11,95	11,9-12	1,33	70,79	8,42
Live trees	1350	15,58	8,60-30,25	6,93	2,9-13,4	29,80	44,41	117,92
Parcelle 5								
<i>P. halepensis</i>	100	16,88	3,8-25,80	4,95	3,5-6,2	2,90	29,32	7,61
<i>C. sempervirens</i>	900	11,12	3,18-29,62	7,62	3-11,7	10,61	76,07	42,85
Live trees	1000	11,70	3,18-29,62	7,36	3-11,7	13,51	48,92	50,46

La répartition des individus par classe de diamètre a été ajustée à une fonction polynomiale (Fig. 3). Cette figure montre une forte proportion des individus de dbh compris entre 7,5 et 27,5cm. Cela traduit en réalité l'hétérogénéité des forêts sèches par rapport aux diamètres des ligneux. Mais il a été observé des forêts sèches dont les individus à petit diamètre sont nombreux et des forêts sèches avec très peu d'individus à gros diamètre. La distribution verticale est donnée par la distribution du nombre de tiges de toutes les parcelles ramené à l'hectare pour chaque classe de hauteur, elle nous renseigne sur la stratification verticale du peuplement [31]. Une grande proportion d'arbres possède une hauteur comprise entre 2 à 4m (stade fourré à gaulis) ; cette classe comporte un nombre d'individus important à cause de la régénération qui reste assez moyenne (Fig. 4). La classe de

4 à 8m (gaulis) comprend un nombre d'individus moins important et la classe de 10 à 14m (bas perchis) qui est la plus faible.

La composition floristique permet de ressortir la liste des espèces présentes dans la zone d'étude [5]. Les relevés effectués au niveau de la forêt de Sidi R'Ghies ont permis de déterminer 7 espèces ligneuses (pistachier de l'Atlas, genévrier oxycèdre, oléastre, chêne vert, pin d'Alep, sapin de Numidie, cyprès vert) réparties en 5 familles (*Anacardiaceae*, *Cupressaceae*, *Oleaceae*, *Fagaceae*, *Pinaceae*). La parcelle 3 se caractérise par la plus faible densité (125 pieds/ha). La densité de la parcelle 4 est la plus importante avec 1325 pieds/ha, suivie des parcelles 5 et 1 avec 1000 et 750 pieds/ha successivement. L'âge de ces formations artificielles est compris entre 20 à 60 ans.

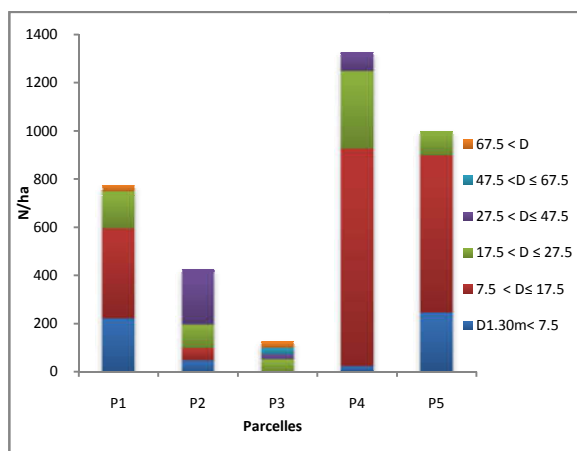


Fig.3- Densité par classe de diamètre

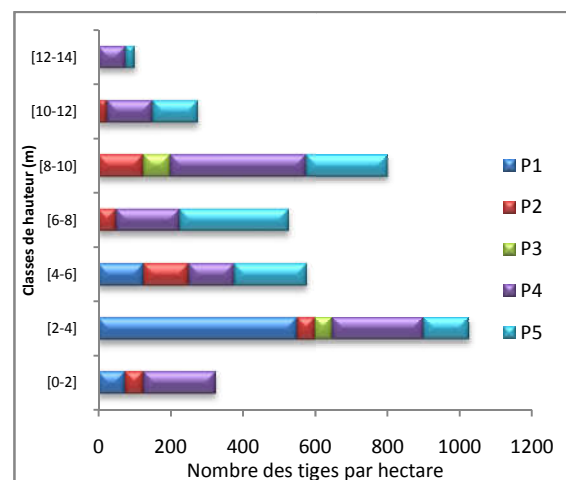


Fig.4- Densité par classe de diamètre

Les coefficients de mélange varient de 0,002 à 0,016 pour les cinq parcelles ; ces coefficients traduisent la tendance vers l'homogénéité des différents peuplements. Les valeurs des indices de Shannon et Simpson sont peu significatives et indiquent une faible diversité floristique (Tab. 4). L'indice de Shannon est souvent accompagné par l'indice d'équitabilité de Pielou. L'indice d'équitabilité permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces, indépendamment de la richesse spécifique. Sa valeur varie de 0 (dominance d'une des espèces) à 1 (équirépartition des individus dans les espèces). Ces deux indices restent dépendants de la taille des échantillons et dépendant du type d'habitat. Il reste ainsi difficile d'en faire un descripteur de l'état d'un milieu à moins de déterminer au

préalable des valeurs seuil pour chaque type d'habitat et pour une surface échantillonnée donnée, ainsi que l'ont proposé [32]. L'indice de Hill est compris entre 0,84 et 0,99. Plus l'indice de Hill s'approche de la valeur 1, et plus la diversité est faible. Afin de faciliter l'interprétation, il est alors possible d'utiliser l'indice 1-Hill, où la diversité maximale sera représentée par la valeur 1, et la diversité minimale par la valeur 0. C'est l'indice de Hill qui semble le plus pertinent dans la mesure où il intègre les deux autres indices et permet ainsi des comparaisons de peuplements différents. Toutefois, il peut être utile d'utiliser les trois indices conjointement afin d'en extraire un maximum d'informations et de mieux comprendre la structure des communautés.

Tableau 4.- Les valeurs de différents indices de diversité

Plots	H'	H'max	D	CM	E	HI
P1	1,09	1,39	0,40	0,005	0,79	0,84
P2	0,36	0,69	0,79	0,005	0,52	0,88
P3	0,67	0,60	0,52	0,016	0,97	0,99
P4	1,09	1,61	0,40	0,004	0,67	0,84
P5	0,33	0,69	0,82	0,002	0,47	0,88

L'indice (IVI) donne la valeur d'importance aux espèces ligneuses des groupements végétaux caractéristiques (P1, P2, P3, P4 et P5) de la forêt Sidi R'Ghies. Les espèces ayant les plus forts IVI sont : *Pinus halepensis* (110,96%),

Juniperus oxycedrus (51,38%), *Cupressus sempervirens* (40,38%) et *Quercus ilex* (38,36%). Les espèces qui présentent les faibles valeurs sont : *Pistacia atlantica*, *Olea europaea*, et *Abies numidica* (Tab. 5).

Tableau 4.- Indice de valeurs d'importance des espèces étudiées

Espèce	Ar	Dr	Cr	IVI
<i>O. europaea</i>	7,48	2,81	13,33	23,62
<i>J. oxycedrus</i>	14,97	16,41	20,00	51,38
<i>P. atlantica</i>	2,72	10,07	13,33	26,12
<i>Q. ilex</i>	17,69	7,34	13,33	38,36
<i>P. halepensis</i>	31,29	53,00	26,67	110,96
<i>C. sempervirens</i>	24,49	9,22	6,67	40,38
<i>A. numidica</i>	1,36	1,16	6,67	9,18
Total	100,00	100,00	100,00	300,00

Conclusion

L'étude structurale et de la composition floristique de la forêt a permis de connaître la diversité des groupements végétaux de cet écosystème. La forêt de Sidi R'ghies fonctionne aujourd'hui comme un écosystème isolé subissant des pressions à sa périphérie et justifie la nécessité de conserver cet écosystème. L'évaluation de la diversité spécifique par l'indice de Shannon et l'équitabilité montre une

certaine relation avec la perturbation du milieu. Malgré une densité des ligneux relativement moyenne, la flore ligneuse du massif forestier présente des espèces à fort usage socioéconomique prioritaire pour la revalorisation. Ces atouts militent en faveur du renforcement des stratégies d'aménagement et de gestion durable du massif forestier.

Références bibliographiques

- [1] Larrere C. & Larrere R., 1997. Du bon usage de la nature. Pour une philosophie de l'environnement. Aubier, Paris, 355 p.
- [2] Sinsin B. & Kampmann D. (eds), 2010. Atlas de la biodiversité de l'Afrique de l'ouest, Tome I : Bénin. Cotonou et Frankfurt/Main. BIOTA, 676 p.
- [3] Picard N. & Gourlet-F S : 2008. Analyse des données de pré inventaire de Yoko. « Dynamique des forêts naturelles », Libreville, Gabon, pp 2.
- [4] Quezel P., 1976. Les forêts du pourtour méditerranéen. Forêts et maquis méditerranéens: écologie, conservation et aménagement. Note technique MAB, 2, 9-33.
- [5] Adedire M. O., 2002. Environmental implications of tropical deforestation. J. sustain. Dev. World Ecol., 9: 33-40.
- [6] Orthmann B., 2005. Vegetation ecology of a woodland savanna mosaic in central Benin (West Africa): Ecosystem analysis with a focus on the impact of selective logging. Dissertation, University of Rostock, 148 p.
- [7] Parmentier I., Stevart T. & Hardy O. J., 2005. The inselberg flora of Atlantic Central Africa. Determinants of species assemblages. Journal of biogeography, 32: 685 – 696.
- [8] Mosbah B., 2007. Etude comparative de la dynamique de la flore lichénique corticole sur *Quercus ilex* L., et *Pistacia atlantica* Desf au niveau du Djebel Sidi R'ghies-Oum El Bouaghi-Mémoire d'ingénieur. Centre Universitaire Larbi Ben M'hidi Oum El-Bouaghi (Algérie), 102p.
- [9] Rebbah A. C., 2019. Inventaire des oiseaux forestiers de Djebel Sidi Reghis (Oum El Bouaghi). Thèse doctorat, université larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi, 132p.
- [10] Lejoly J., 1993. Méthodologie pour les inventaires forestiers (partie flore et végétation). Projet Ecofac (Conservation et utilisation rationnelle des écosystèmes forestiers en Afrique Centrale) Agreco-CTFT, Bruxelles/Belgique, 53 p.
- [11] Hardy O., 2009. BiodivR 1.1. A program to compute indices of species diversity within sample and species similarity between samples using rarefaction principles to reduce sampling bias.
<http://www.ulb.ac.be/sciences/ecoevol/biodivr.html>
- [12] He F., Legendre P. & LaFrankie J.V., 1997. Distribution patterns of tree species in a Malaysian tropical rain forest. Journal of Vegetation Science 8: 105-114.
- [13] Nshimba M., 2008. Étude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiye à Kisangani (R.D.C) Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 271 p.

- [14] Krebs C.J., 1994. Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. Harper Collins: NY.
- [15] Magurran A. E., 2005. Measuring Biological Diversity. Blackwell Publishing, UK, 256
- [16] Grall J. & Hily C., 2003. Traitement des données stationnelles (faune). Fichetechnique, 12 p. (<http://www.ifremer.fr/rebent/>).
- [17] Dajoz R., 1985. Précis d'écologie. Bordas, Paris, France, 504 p.
- [18] Gray J. S., Aschan M., Carr M. R., Clarke K. R., Pearson R. H. G. H., Rosenberg R., & Warwick R. M., 1988. Analysis of community attributes of the benthic macrofauna of Frierfjord/Langesundfjord and in a mesocosm experiment. *Marine Ecology Progress Series*, 46, 151-165.
- [19] Pielou E. C., 1969. An introduction to Mathematical Ecology (Witley-Interscience ed.). New York: Witley-Interscience.
- [20] Pearson T. H. & Rosenberg R., 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanographic Marine Biology Annual Review*, 16, 230-306.
- [21] Routledge R. D., 1979. Diversity indices: Which ones are admissible? *Journal of Theoretical Biology*, 76(4), 503-515.
- [22] Simboura N. & Zenetos A., 2002. Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new biotic index. *Mediterranean Marine Science*, 3(2), 77-111.
- [23] Hill M. O., 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54, 427-432.
- [24] Peet R. K., 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5, 285-307.
- [25] Routledge R. D., 1979. Diversity indices: Which ones are admissible? *Journal of Theoretical Biology*, 76(4), 503-515.
- [26] Adomou C.A., Mama A., Missikpode R. & Sinsin B., 2009. Cartographie et caractérisation floristique de la forêt marécageuse de Lokoli (Bénin). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 3(3): 492-503.
- [27] Andriamahazo M., 2003. Contribution à la relance et à la conduite sylvicole de *Cupressus lusitanica* (Cas de la station forestière de Manjakatempo). Mémoire de fin d'étude. Département des Eaux et Forêts. Ecole supérieure des sciences agronomiques. Université d'Antananarivo, 120p.
- [28] 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
- [29] Massenet J., 2011. Hauteur des arbres. Lycée forestier – Château de Mesnières, p 25.
- [30] Mugnossa G., Scarascia H., Piussi P. & Radaglou K., 2000. Forests of the Mediterranean region: Gaps in Knowledge and research needs. *For. Ecol. Manag.*
- [31] Lantovololona F., 2010. Inventaire floristique et caractérisation des usages des ressources végétales dans la zone d'extension de la réserve spéciale de Beza Mahafaly. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention de Diplôme d'ingénieur en sciences agronomiques, option eau et forêts, Université d'Antananarivo, école supérieure des sciences agronomiques, département des eaux et forêts, 93p.
- [32] Ramalanjoana M., 2013. Etude de la régénération de la sénescence de *Tamarindus indica* et ses impacts et implications écologiques dans la réserve de Beza Mahafaly. Mémoire d'ingénieur en sciences agronomiques. Université d'Antananarivo, p 33-46