

## **Dynamique structurelle de la végétation en zone semi-aride : cas de la forêt de Fénoouane (monts de Saïda, Algérie occidentale)**

**Amine Habib BORSALI<sup>1,3\*</sup>, Kheloufi BENABDELI<sup>2</sup> et Raphaël GROS<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Université « Dr Moulay Tahar », 20 000 Saïda et Université « Aboubeker Belkaid », 13000 Tlemcen, Algérie

<sup>2</sup> Laboratoire géo-environnement et développement des espaces, Faculté des sciences et de la vie, Université de Mascara, Algérie

<sup>3</sup> Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie, UMR CNRS IRD 7263, Équipe vulnérabilité des systèmes microbiens, Service 452, Faculté des sciences et techniques de Saint-Jérôme, Aix-Marseille Université, 13397 Marseille cedex 20, France

\* Correspondance, courriel : [rhizobiologie@yahoo.fr](mailto:rhizobiologie@yahoo.fr)

### **Résumé**

Le milieu forestier subit d'énormes pertes aussi bien sur le plan floristique que faunistique. La forêt algérienne, actuellement fragile, a besoin d'être protégée car la déforestation ne cesse de s'accroître en raison des incendies de forêts répétés. Au cours des deux dernières décennies (1985-2010), les incendies de forêts ont dévasté l'équivalent de 779 872,11 ha pour un nombre total de 32 354 foyers. Eu égard à cette situation, l'Algérie figure au premier rang des pays qui devraient bénéficier impérativement de strictes mesures de protection puisqu'elle présente de nombreux atouts en rapport avec sa grande diversité biologique et son impact sur l'équilibre socioéconomique du pays. Nous avons essayé dans ce travail de voir l'impact des feux de forêt sur l'évolution des strates après un incendie. Pour cela on a utilisé 25 parcelles dans la forêt de Fénoouane, le long d'une chronoséquence de 2, 4, 8, 13 et 20 ans après le dernier feu (5 modalités de temps depuis le dernier feu répliquées 5 fois). La méthode des tableaux selon Braun-blanquet a été utilisée pour la description de la végétation. Des relevés floristiques ont été réalisés selon la méthode sigmatiste en fonction du dernier feu. Les résultats nous ont montré que des fréquences de feux trop importantes étaient irréversibles pour l'évolution de la structure verticale de cette forêt du semi-aride.

**Mots-clés :** feu de forêt, résistance, strates, semi-aride, végétal.

### **Abstract**

**Structural dynamics of the vegetation in dry semi zone: case of the forest of Fénoouane (mounts of Saïda, western Algeria)**

The forest environment undergoes enormous losses as well on the floral plan that faunistique. The Algerian, at present fragile forest, at need to be protected because the deforestation does not stop becoming more marked because of the repeated forest fires. During the last two decades (1985-2010), forest fires destroyed him amounting of 779 872,11 ha for a total number of 32 354 foyers.

In consideration of this situation, Algeria represents in the front row countries which should benefit necessarily from strict protective measures because it presents numerous assets in touch with its big biological diversity and its impact on the socioeconomic balance of the country. We tried in this works to see the impact of forest fires on the evolution of strata after a fire. For it we used 25 plots of land in the forest of Fénouane, along a chronoséquence of 2, 4, 8, 13 and 20 years after the last fire ( 5 modalities of time since the last fire answered 5 times). The method of paintings according to Braun-blanchet in summer used for the description of the vegetation. Floral statements were realized according to the sigmatiste method according to the last fire. The results showed us that too important frequencies of fires were irreversible for evolution of the vertical structure of this forest of semi dry.

**Keywords :** *wildfires, resistance, strata, semi dry, vegetable.*

## 1. Introduction

Au rythme actuel de destruction du patrimoine végétal par les incendies, dans un siècle au plus la couverture végétale forestière sera anéantie. Annuellement les feux de forêts détruisent en moyenne près de 2 % de la surface forestière nationale alors que les reboisements ne sont que de l'ordre de 1% soit une perte de l'ordre de 15.000 hectares par an, en supposant que tous les reboisements réussissent mais ce n'est malheureusement pas le cas. Parmi les agressions que subit la forêt, l'incendie est le plus grave non seulement il peut entraîner la destruction totale de la végétation mais il altère le sol, enlaidit le paysage et compromet souvent la reconstitution végétale. Le feu risque de mettre en cause l'existence même de la forêt lorsqu'il est provoqué avec des objectifs d'extension de terrains agricoles, de zones urbanisables, de terrains de parcours ou tout simplement pour créer des postes de travail temporaires pour les riverains de la formation détruite. L'intensité et la fréquence des feux sont si redoutées que l'on parle dans la région de « la part du feu » pour accepter l'ampleur des dégâts que commet ce fléau. M .MARC [1] cite : " Parmi toutes les causes de destruction qui menacent la propriété forestière algérienne, il n'en est certes, pas de plus grave que l'incendie.

Etant donné les conditions climatiques du pays, la constitution des boisements, la mentalité et les habitudes des populations indigènes qui vivent à leur contact ". Peu de travaux se sont intéressés à l'effet du feu sur la végétation et beaucoup reste à faire dans cette thématique. Ce travail a pour objectif d'évaluer l'impact de la répétition des feux de forêt sur la végétation en termes de dégradation générale de la structure verticale et des conséquences qui en découlent sur la biodiversité de cette forêt. Pour répondre à cet objectif, 25 stations forestières réparties dans la forêt de Fénouane (monts de Saida, en Algérie) ont été sélectionnées sur la base de dates précises d'incendies. Ces stations géo-référencées permettent d'étudier, dans des conditions climatiques, forestières et géologiques homogènes et connues, la végétation d'une chrono-séquence de 2, 4, 8, 13 et 20 ans après le dernier feu.

## 2. Matériel et Méthodes

### 2-1. Présentation de la Zone d'étude

#### 2-1-1. Situation géographique

La zone d'étude est localisée dans la forêt de Fénouane ( $34^{\circ} 45' 11,38''$  N  $0^{\circ} 02' 54,16''$  O) (figure 1) ; Cette forêt des piémonts méridionaux de l'atlas tellien se trouve à une altitude moyenne de 850 m avec une superficie de 2 537 ha. Elle est située dans la commune de Sidi M'barek à une trentaine de kilomètre de la

wilaya de Saida qui est localisée au nord-ouest de l'Algérie et est limitée au nord par la wilaya de Mascara, au sud par celle d'El Bayadh, à l'est par la wilaya de Tiaret et à l'ouest par la wilaya de Sidi bel Abbés.[2]

### **2-1-2. Climat**

Le climat est du type méditerranéen appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride à variante fraîche. La zone est caractérisée par des précipitations moyennes annuelles de 348 mm avec un régime pluviométrique saisonnier de type HPAE (précipitations hivernales > printanières > automnales > estivales) ; les températures moyennes annuelles sont de 16,5°C avec un «m» de 3 °C et «M» de 32 °C induisant une amplitude thermique importante de 29 °C pour l'année de 2009 . [3]

### **2-1-3. Géologie**

Notre site d'étude repose sur des grès massifs du Franchetti et des calcaires du jurassique avec intercalation carbonatée et argiles sableuses sur toute sa partie centrale et sud. [4]

## **2-2. Choix de la chronoséquence post incendie**

### **2-2-1. Histoire d'incendie**

Une enquête réalisée auprès des services forestiers régionaux et locaux a permis de déterminer avec exactitude les dates des feux dans la forêt de Fénouane sur une période de 20 ans soit entre 1990 à 2009. Dans ce massif forestier, 25 parcelles de 400 m<sup>2</sup> chacune ont été sélectionnées en fonction de la date du dernier incendie connu pour étudier, dans des conditions climatiques, orographiques et géo-pédologiques assez homogènes, le devenir des communautés végétales après le passage du feu d'une chronoséquence de 2, 4, 8, 13 et 20 ans après le dernier feu (**Figure 1**). A partir de ces données, nous avons défini 5 modalités qualitatives de régime d'incendie ; Pour des raisons statistiques (représentativité et traitement des données), cinq placettes par modalité de feu ont été considérées.

1 – Modalité **I. 2009** regroupant 5 parcelles (S1, S2, S3, S4, S5) indépendantes brûlées en 2009.

2 – Modalité **II. 2007** regroupant 5 parcelles (S6, S7, S8, S9, S10) indépendantes ayant subi un feu en 2007.

3 – Modalité **III. 2003** regroupant 5 parcelles (S16, S17, S18, S19, S20) indépendantes ayant subi un feu en 2003.

4 – Modalité **IV. 1998** regroupant 5 parcelles (S11, S12, S13, S14, S15) indépendantes ayant subi un feu en 1998.

5 – Modalité **T. Témoin** regroupant 5 parcelles (S21, S22, S23, S24, S25) indépendantes n'ayant subi aucun feu depuis au moins 1990.

### **2-2-2. Caractéristiques générales des placettes**

Afin d'éviter l'influence d'autres facteurs que celle du régime de feux sur la variabilité entre les sites, les placettes sélectionnées présentent des caractéristiques très homogènes sur le plan climatique, orographiques et géo-pédologiques :

- Une zone d'étude réduite et une gamme d'altitudes peu étendue (800–950m) pour bénéficier de conditions climatiques homogènes ;
- Un seul type de sol (brun calcaire selon la CPCS, calcosol selon le RP) ;
- Des sites exposés très majoritairement à l'Est ou à l'Ouest (bilan radiatif neutre) ;
- Des situations de pentes moyennes représentatives de ce type de relief (10-25%).

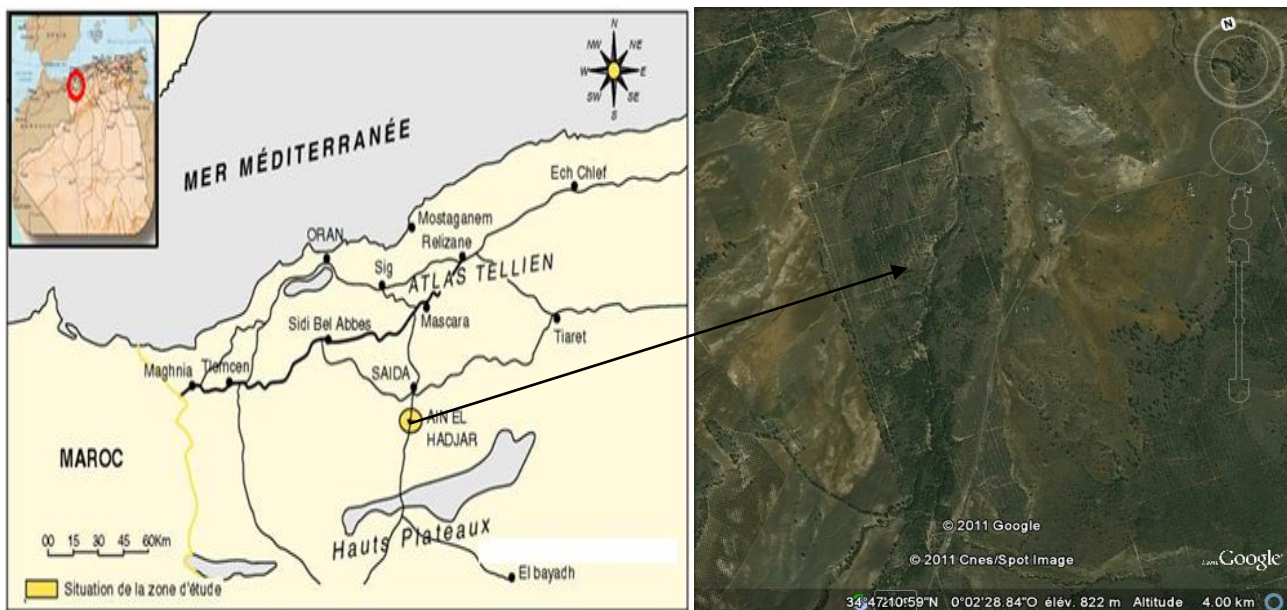


Figure 1 : Localisation des parcelles d'étude dans la forêt de Fénouane

## 2-3. Méthode d'étude de la végétation

### 2-3-1. Echantillonnage

Pour l'étude envisagée, le choix a porté sur l'échantillonnage aléatoire stratifié car la stratification s'avère nécessaire quand la population à étudier est variable dans l'espace.

### 2-3-2. Relevés de végétation

Les relevés floristiques ont été effectués selon la méthode de [5] qui consiste à attribuer aux espèces végétales rencontrées selon les strates, des indices d'abondance-dominance, mis à part le coefficient de sociabilité qui n'a pas été pris en compte dans notre étude car il possède, toutefois, une valeur informative moindre que le coefficient de recouvrement, c'est pourquoi on l'utilise de moins en moins [6], [7]. A partir de cette échelle, plusieurs auteurs ont établi une transformation des coefficients d'abondance-dominance (AD) à des valeurs quantitatives, correspondant aux recouvrements (R%) moyens, à la médiane des classes en général et notre choix c'est porté sur celle proposé par [8]. Pour la stratification, la proposition donnée par [9] et commenté par [10], où on peut distinguer les strates suivantes a été adoptée :

- Strate Arboré : Supérieur à 4 m de hauteur
- Strate Arbustive : 2 à 4 m de hauteur
- Strate Sous-Arbustive : 1 à 2 m de hauteur
- Strate herbacé : 0 à 0,5 m de hauteur

Les relevés ont été faits selon un échantillonnage subjectif, sur le terrain le choix des emplacements de ses relèves est fait selon deux niveaux de perception :

- Un premier niveau selon la superficie incendié en respectant l'air minimal (400 m<sup>2</sup>) pour que toutes les espèces soient représentées dans chaque station.
- Un deuxième niveau selon l'homogénéité écologique de chaque station en termes d'exposition, de lumière et de topographie.

Sur chaque relève sont portées les espèces de chaque strate présente dans chaque modalité de feu affecté par les coefficients d'abondance-dominance.

## 2-4. Traitements de données et analyses statistiques

Les modifications dans la structure de la végétation au cours de la chronoséquence post-incendie ont été analysées par une mesure de la richesse spécifique ( $S$ ) qui correspond au nombre total de taxons présents au cours de l'inventaire, de chaque modalité de temps depuis le dernier feu et par les calculs des indices de diversité de Shannon- Wiener 1949 ( $H'$ ) :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i \quad (1)$$

$H'$  : indice de biodiversité de Shannon

$S$  = nombre total d'espèces;

$i$  : une espèce du milieu d'étude

$P_i$  : Proportion d'une espèce  $i$  par rapport au nombre total d'espèces ( $S$ ) dans le milieu d'étude (ou richesse spécifique du milieu, ou abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce), qui se calcule de la façon suivante :

$$p(i) = n_i / N \quad (2)$$

où est le nombre d'individus pour l'espèce  $i$  et  $N$  est l'effectif total (les individus de toutes les espèces).

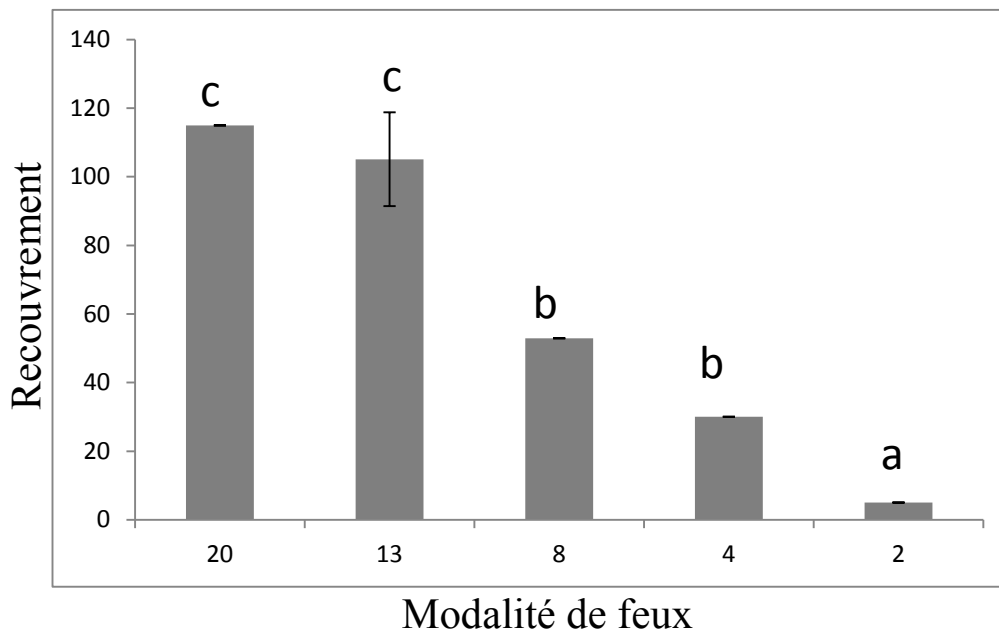
## 3. Résultats et discussion

### 3-1. Dynamique des strates post incendies

Une analyse verticale présente les profils structuraux, permettant de visualiser l'architecture des strates. Ces profils dénotent les états de développement, et surtout la dynamique de succession perçue à travers la représentation schématique d'une chaîne de végétation ou «caténa de végétation». D'autre part, cette analyse verticale fait ressortir la structure des hauteurs répartissant les espèces en nombre de tige par classe de hauteurs [11]. Sur les 25 placettes, la végétation a été mesurée en pourcentage de recouvrement, par modalité de feu pour les 4 strates de hauteur délimitées par les valeurs en mètres : > à 4, 2- 4, 1 - 2, 0 -0,5.

#### 3-1-1. Strate arborescente : supérieur à 4 m

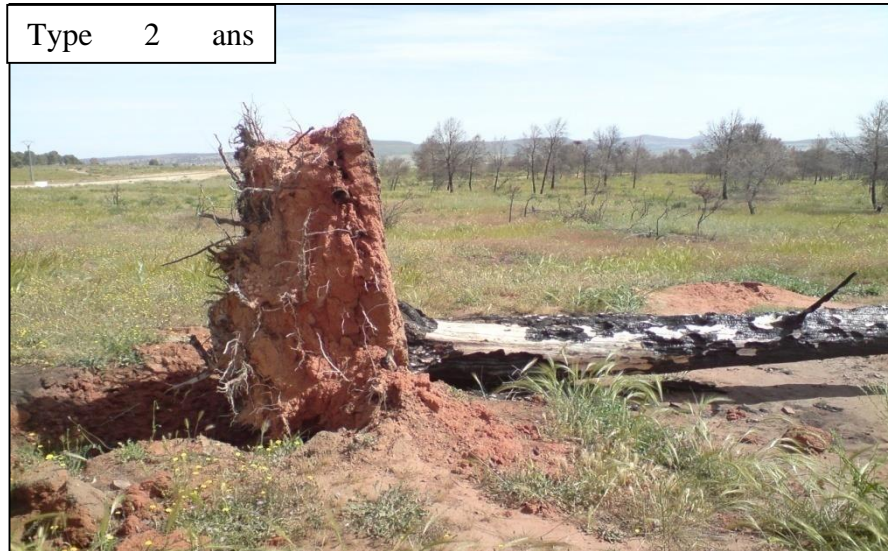
D'une manière générale, la strate arborée joue un rôle important dans la détermination des paysages et de la physionomie générale de la végétation méditerranéenne [12]. Le recouvrement de la végétation de la strate arborescente toutes espèces confondues, pour chaque modalité de feu indique que les maximums de densité de végétation gagnent en hauteur avec le temps comme l'a démontré [13] dans leur étude sur l'impact d'incendies de forêt répétés sur la biodiversité et sur les sols de la région des Maures. La **Figure 2** montre qu'il y a des différences significatives ( $H = 22,71$   $p < 0,001$ ) entre les modalités (20 ans, 13 ans) les modalités les plus anciennes, (8 ans, 4 ans) les types intermédiaire et le type de 2 ans qui est le plus récent.



**Figure 2 :** Evolution du recouvrement post-incendie de la strate Arborescente des différentes modalités de Feu ( $H= 22,71$   $p < 0,001$ ). Les lettres minuscules identiques indiquent l'absence de différence significative entre les moyennes ( $\pm$  écarts-types)

Dans la zone d'étude cette strate est surtout occupée par les espèces : *Pinus halepensis* Mill., *Quercus rotundifolia*. L. Ce sont des espèces qui s'installent dans le temps sur le type non brûlé depuis au moins depuis 8 ans. La stabilisation du recouvrement de cette strate après 13 ans sans feux, montre un retour à l'état de son recouvrement initial. En effet les pinèdes mettent plus de temps pour retrouver leur état d'avant le feu du fait de la reprise de l'essence forestière par la seule voie de semis mais elles sont résistantes aux feux et le Pin d'Alep occupe la majorité de l'espace. Comme le montre les travaux de [14] dans l'arboretum de Meurdja (Algérie) la régénération de ce pin d'Alep est importante après le passage du feu. Les pins, connus comme "pyrophytes actifs" sont, selon [15], des plantes dont la propagation, la multiplication ou la reproduction sont stimulées par le feu. [16] admet comme "véritables pyrophytes", les plantes qui sont à la fois résistantes au feu et favorisées par lui. Plusieurs auteurs s'accordent aussi à reconnaître une rapide recolonisation des pineraies brûlées par une abondante régénération du Pin d'Alep. L'impact du passage d'un feu sur un peuplement se traduit généralement sur la strate arborescente par un roussissement foliaire plus ou moins marqué, une carbonisation du tronc et éventuellement la mort des individus. Les mécanismes en jeu sont de nature physique (transferts thermiques) et biologiques (mortalité cellulaire) et sont maintenant mieux connus.

Le passage du feu induit généralement la destruction de la strate arborée avec une mortalité variable selon la gravité des dommages et la résistance de l'espèce. Les dommages à l'origine de la mortalité concernent le houppier, le cambium et le système racinaire. L'action du feu sur les végétaux ligneux est très grave puisqu'elle les mutile d'une façon désordonnée au point d'entraîner souvent leur dépérissement et leur mort [17]. À titre d'exemple, un pin d'Alep de 25 cm de diamètre (d130, mesuré à 1,30 de haut) a une épaisseur d'écorce voisine de 2 cm et peut donc survivre à un temps de séjour du feu de plus de 10 minutes. Un tel arbre risque moins de mourir de dégâts au cambium (les temps de séjour excèdent rarement quelques minutes) que d'éventuels dégâts dans son houppier. (Photo 3.) Dans certains cas, la combustion de l'arbre peut être totale et se poursuivre jusque dans les racines ; après incendie, il ne reste alors plus qu'un trou dans le sol à l'emplacement de l'arbre [18].



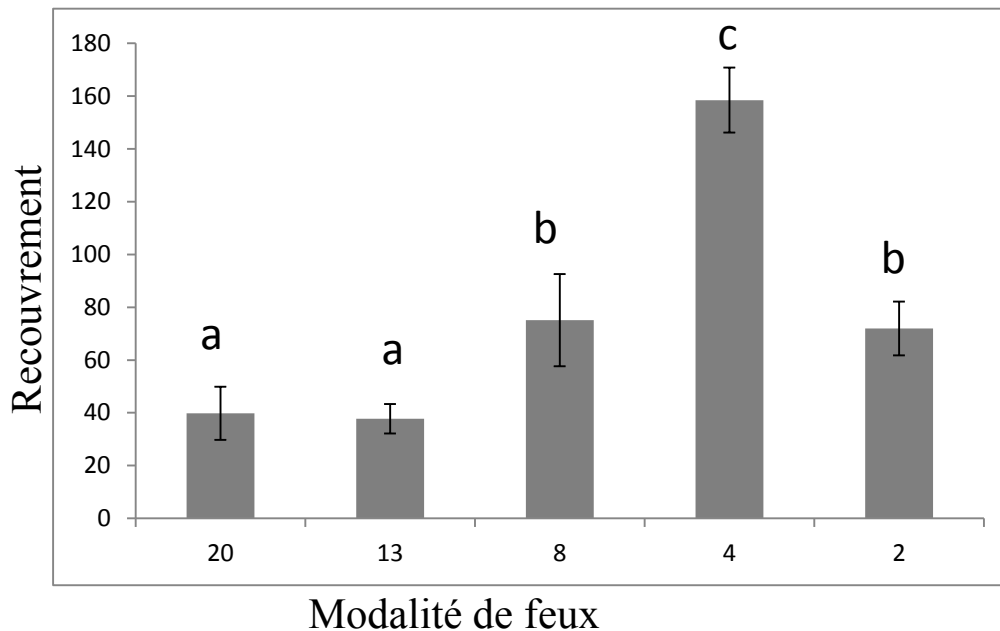
**Figure 3** : *Dégâts causés aux arbres par un incendie d'intensité modérée d'un peuplement de Pin d'Alep dans la forêt de Fénouane*

D'une façon générale, on remarque dans ces zones du semi aride et en particulier dans la forêt de fénouane une régression importante de la strate arborée, il existe dans cette forêt des trous béants au milieu des petits groupes d'arbre qui résistent encore dans cette forêt. Plusieurs travaux de reboisements ont été réalisés dans cette forêts mais malheureusement ceux d'arbres réussissent à atteindre un stade acceptable. Cela est dû probablement à la fréquence des incendies très courte qui ne laisse aucune chance aux jeunes arbustes de grandir et les changements climatiques qui induisent plus d'aridité des sols qui se traduit par une perte des nutriments essentiels. Dans un passé proche ces forêts faisait la fierté de la wilaya de Saida par le nombre important d'arbre qu'elle compter et constituer principalement par le Pin d'Alep et le thuya de Berbérie (*Tetraclinis articulata*). Les agressions permanentes (coupes, dégradation, parcours et surtout incendies) qu'on subies ces essences forestière utile dans des zones marginales, sont à l'origine de leur déclin. Aujourd'hui, ces forêts du semi aride constituent un vrai problème pour les gestionnaires car si cette strate disparaissait c'est toute la biodiversité végétale et faunistique qui se retrouvera en péril et les conséquences seront désastreuses pour cette région qui déjà ne compte pas une grande diversité et richesse floristique.

### **3-1-2. Strate Arbustive : 2 à 4 m de hauteur**

Les espèces de la strate arbustive ont une écologie particulière car ils subissent l'effet de l'ombre projetée par la strate arborée [19,20] et répondent d'une manière différente à celle-ci et aux variables physiques communes (par exemple la disponibilité des eaux et la fertilité des sols). Les arbustes tiennent un rôle positif important dans le processus de régénération des strates sous arbustive et herbacé, notamment par la création d'un abri qui protège les jeunes pousses d'un excès de lumière et de chaleur, du piétinement et de l'herbivorie [21]. La strate arbustive peut aussi augmenter la disponibilité en eau, notamment par le phénomène d'ascenseur hydraulique et de certains nutriments [22]. Le test statistique révèle un effet significatif du temps depuis le dernier feu sur le taux de recouvrement de la strate arbustive ( $H = 20,92$   $p < 0,001$ ).

On observe le taux le plus important dans le type de 4 ans, résultat de la reprise des espèces végétales comme *Pistacia lentiscus*, *Quercus coccifera* .L , *Juniperus oxycedrus*.L , *Phillyrea angustifolia* avec près de 37,5 % suivie des types 2 ans et 8 ans et enfin le type 13 ans et 20 ans qui enregistrent le plus bas recouvrement ; ce model diffère du précédent celui de la strate arboré qui gagne en hauteur avec le temps.



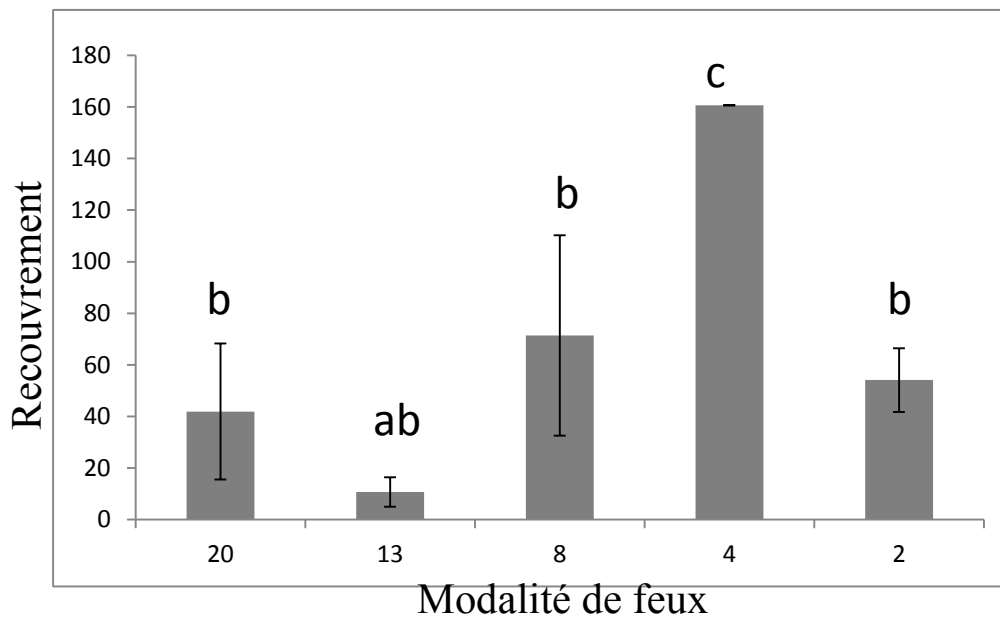
**Figure 4 :** Evolution du recouvrement post-incendie de la strate arbustive des différents types de feu ( $H=20,92$   $p < 0,001$ ). Les lettres minuscules identiques indiquent l'absence de différence significative entre les moyennes ( $\pm$  écarts-types)

Les arbustes occupent très peu l'espace durant les deux premières années suivant le feu comme l'a montré Bekdouche dans ses travaux en 2010 ; ensuite la strate arbustive atteint un recouvrement important à 4 ans après feux ce qui rejoint aussi les résultats de Bekdouche qui note un taux de recouvrement post-incendie maximal de cette strate entre 5 et 9 ans. Dans ces placettes une très grande prolifération de ces espèces composées essentiellement de la filaire, le lentisque et le chêne kermès est observée. Elle est causée par les ouvertures du milieu par l'incendie et par des espèces qui rejettent vigoureusement de souches. Ensuite le taux de recouvrement à tendance à régressé dans les types 13 ans et 20 ans et tend vers une stabilisation dans la station témoin sans pour autant refermer le milieu comme le montre certains auteurs.

Cet état peut être expliqué par le fait qu'il n'y a pas une grande diversité floristique dans cette strate représentée initialement par six espèces et en plus par l'aridité climatique et édaphique qui empêche l'épanouissement de ce type de végétation caractéristique des formations ouvertes [23] dans ces travaux sur la subéraie de Kabylie montrent qu'elle se renferme totalement et devient difficilement pénétrable au bout de cinq à sept ans. Les arbustes échappent normalement assez bien aux flammes car leur couvert bas et la concurrence exercée par leurs racines réduisent la puissance déjà faible de la strate herbacée, à leur approche. Le regroupement fréquent des animaux broutant leurs jeunes pousses ou cherchant un abri contre le soleil dénude souvent le pourtour de leur pied. Le feu qui pourrait les atteindre est donc rare et peu violent, ne posant donc guère de problème, en temps normale [24].



**3-1-3. Strate Sous- Arbustive : 1 à 2 m de hauteur**

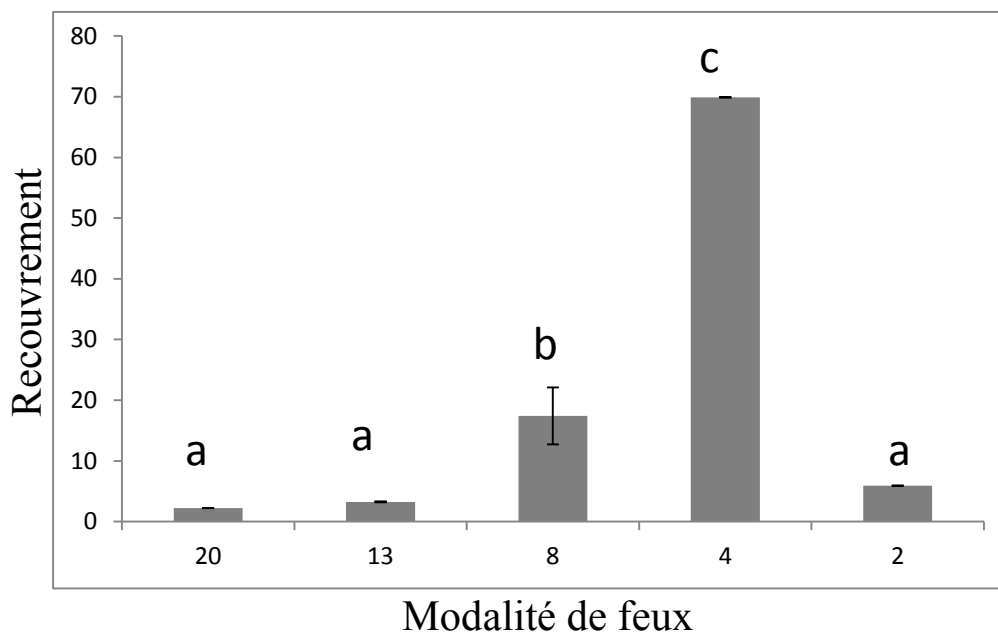


**Figure 5 :** *Evolution du recouvrement post-incendie de la strate sous-arbustive des différents types de feu ( $H= 17,64$   $p < 0,001$ ). Les lettres minuscules identiques indiquent l'absence de différence significative entre les moyennes ( $\pm$  écarts-types)*

On retrouve ici presque les mêmes résultats que ceux de la strate arbustive sauf pour le type 13 ans qui régresse. Les résultats de cette occupation sont essentiellement dictés par la présence du ciste qui est une espèce héliophile avec un comportement colonisateur qui s'accommode à la sécheresse. Cette espèce se propage de façon remarquable après ouverture du milieu et se distingue par sa forte présence durant les premières années qui suivent un feu avec un pic pour la 4<sup>ème</sup> année post incendie. En effet, l'incendie provoque un fort développement des plantules de cistes, d'autant plus rapide que, la première année, les formations à ciste sont très sensibles à de forts bouleversements tels qu'un incendie. Les travaux [25] sur les effets du brûlage dirigé sur l'écosystème forestier réalisé au Muy (France), montrent que la dynamique des cistes est la suivante : très forte germination sur toute la surface parcourue par le feu (800 semis par ha) durant les premières années qui suivent un feu, puis diminution lente et régulière de la densité moyenne. Cependant, après 2 ou 3 ans, la densité reste beaucoup plus forte que dans la cistaie adulte.

La germination est favorisée par le feu (3 à 5 fois plus qu'avant incendie) et pour une durée d'au moins 12 saisons. Les fortes densités de cistes observées après brûlage confirment les exemples déjà cités dans la littérature traitant de l'effet stimulant du feu sur la germination de leurs graines. Le feu interviendrait plus par scarification du tégument imperméable de la graine que stimulation physiologique. Les cistes s'étendent par la présence de leurs graines qui bénéficient de l'ouverture et de la scarification générées par le feu. Cette banque de semences peut rester en dormance pendant de très longue période dans le sol en attendant des conditions meilleures [25]. La présence du calycotome dans les premières années qui suivent l'incendie caractérise une certaine dégradation de la forêt, généralement abondant dans les matorrals et les zones soumises aux défrichements [26].

### 3-1-4. Strate Herbacé : 0 à 0,5 m de hauteur



**Figure 6 :** Evolution du recouvrement post-incendie de la strate herbacé des différentes types de feu ( $H= 23,81$   $p < 0,001$ ). Les lettres minuscules identiques indiquent l'absence de différence significative entre les moyennes ( $\pm$  écarts-types)

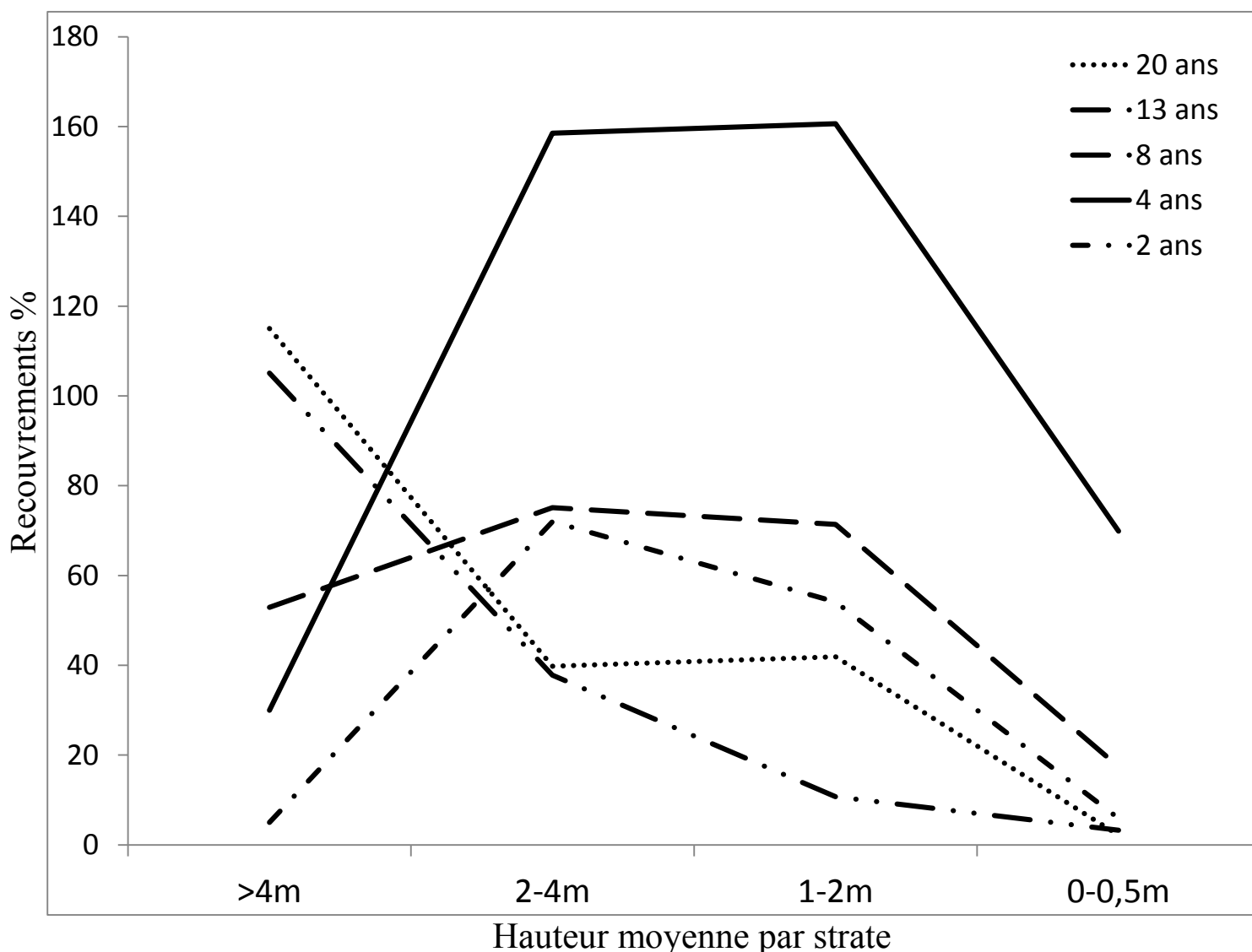
Le test paramétrique nous révèle qu'il y'a une différence significatif ( $H= 23,81$   $p < 0,001$ ) entre les types d'incendie 2 ans, 13 ans, 20 ans, 8 ans et 4 ans. Le feu influence fortement le recouvrement de la strate herbacé de la modalité 4 ans ce qui rejoint les résultats de [27] qui signale que la végétation recouvre très vite les parcelles brûlées occupant tous l'espace dénudé avant de croître trois ans après le feu . Par contre on retrouve le même recouvrement à 13 ans et 20 ans qu'à deux ans après un feu. La strate herbacée ne présente pas un recouvrement important dans toutes les placettes mis à part dans le type 4 ans avec un recouvrement moyen de presque 70 %. [27] observe un recouvrement de la strate herbacée de 95 % de la surface du sol trois ans après un feu et similaire avec [28] pour les landes britanniques. [23] dans son travail sur l'évolution après feu de la subéraie en Kabylie note que la strate herbacée est caractérisée par un recouvrement faible tout au long de ses observations.

Les résultats obtenus concordent avec ceux de [29] qui avait mis en évidence l'augmentation des herbacées, principalement annuelles dans les premières années suivant l'incendie. Celles-ci proviennent en grande partie de la banque de graines [30-31] et profitent de l'espace libéré par le feu ; ce sont des espèces définies comme fugaces [32]. Elles ne restent pas présentes dans la végétation exprimée par la suite. [33-34] indiquent que les banques de graines en région méditerranéenne sont essentiellement constituées de taxons persistants correspondant à des espèces herbacées. Ces taxons herbacés profitent des perturbations pour s'exprimer et recréer leur stock semencier. Les pics observés correspondent bien au schéma général décrit habituellement après incendie [35-36] d'autres travaux de [37-38] confirment que la strate herbacée gagne en recouvrement juste après le feu à la faveur de l'ouverture de la végétation et dès que le recouvrement des ligneux se referme, celui des herbacées diminue en raison d'une certaine compétition. Une strate herbacée bien implantée limite ou retarde la réinstallation d'une strate arbustive et arborescente.

Dans la forêt de Fenouane le pin d'Alep, le chêne vert et kermès et le lentisque présentent un bon recouvrement dans les placettes qui ont brûlées depuis 13 ans et 20 ans et donc empêchent la strate herbacée de s'épanouir. Par contre profitant d'une bonne ouverture 4 ans après l'incendie, les espèces herbacées s'installent avec une prédominance des hélianthèmes, des résédas blanc, des asphodèles et de quelques graminées.

**3-1-5. Evolution de toutes les structures verticales après un incendie**

Les observations faites sur la **Figure 7** montre une différence de l'évolution du recouvrement entre les différentes strates tout type d'espèces confondus, on remarque que les modalités (20 ans et 13 ans évoluent dans le même sens, ainsi que les modalités 2 ans et 8 ans, par contre la modalité qui diffère des autres est celle de 4 ans.



**Figure 7 :** Recouvrement de la végétation par strate toutes espèces confondues pour chaque type de feu

Après incendie toute la végétation est détruite et ce n'est qu'à la quatrième année que la strate buissonnante commence à se développer avec un taux de recouvrement avoisinant les 70% où dominent les cistes qui envahissent le terrain abondamment avec *Cistus ladaniferus* qui occupe le plus le terrain avec

37,5 % que *Cistus libanotis* et *Cistus salviaefolius* L avec 15 % et le *Cistus villosus* qui n'apparaît que timidement avec 2,5 % de recouvrement dans cette modalité. D'autres espèces comme le romarin (*Rosmarinus tourneforti* 37,5%), la Globulaire, l'Alfa et le Diss (*Globularia alypum*, *Stipa tenacissima* et *Ampelodesma mauritanica*) occupent faiblement l'espace avec 0,2 % . Les cistes ont tendance à diminuer voire disparaître pour certaines espèces comme (*Cistus ladaniferus* et *Cistus libanotis*) 13 et 20 ans après incendie dans ces modalités on remarque une diminution des *Cistus salviaefolius* et *Cistus villosus* qui occupent respectivement un taux de recouvrement de 15% et 2,5 % à la modalité 4 ans et de 0,2 % aux types 13 et 20 ans , en effet les *Cistaceae* perdent de leur dominance au profit des espèces dominantes de l'état d'avant le feu, reconstituant par conséquent les faciès détruits [23]. [39] note que c'est à la deuxième année que la strate arbustive commence à se développer avec un taux de recouvrement avoisinant les 20% où dominent les cistes. [13] montrent qu'un couvert plus dense permet une disparition plus rapide après incendie des espèces héliophiles et notamment des cistes. [40] montre dans une étude comparative des stratégies de régénération après incendie chez deux espèces de cistes qu'il y a une absence de germination dans les zones non brûlées.

Les cistes et calycotome sont remplacés progressivement par des semis de chêne vert, chêne kermès et des arbousiers. L'incendie favorise toutes les espèces feuillues rejetant de souche telle que le chêne kermès, le lentisque, la filaire en plus des espèces se multipliant rapidement par semis après le passage du feu comme le romarin, la globulaire, le genêt, le calycotome et les cistes. Les genêts occupent les vides et les clairières; l'alfa, grâce à sa faculté de rejeter de souche s'impose également sous forme de petites touffes dispersées. Les Hélianthes, (*Helianthemum helianthemoides* (Desf.) et *Helianthemum pilosum* L) qui font partie aussi de la famille des *Cistaceae* et Réséda blanc sont les espèces qui occupent le plus la strate herbacée dans le type 4 ans avec un pourcentage de recouvrement dans cette modalité de l'ordre de 15% pour diminuer dans les types les plus anciens à 0,2% à cause de la fermeture du milieu et l'absence de lumière due à la strate arborée qui est essentiellement occupée par les espèces suivantes: *Pinus halepensis* Mill, *Quercus rotundifolia* Lam, *Tetraclinis articulata* (Vahl) . [41] note que dans un peuplement très serré, la compétition s'établit entre les espèces et celles qui présentent la croissance la plus rapide et la plus vigoureuse, comme les pins par exemple, éliminent les autres.

*Tetraclinis articulata* (Vahl) n'est pas présent dans les premiers types de feu (2 ans et 4 ans) on le retrouve qu'à partir de la 8<sup>ème</sup> année après feu avec un faible taux de recouvrement de 0,2 % et ce n'est qu'à partir de 13 ans après le feu qu'on trouve un recouvrement appréciable de l'ordre de 15% . [42] dans son étude sur la dynamique phytoécologique du thuya de Berbérie montre que cinq ans après l'incendie, la régénération de la végétation est remarquable, mais le *Tetraclinis articulata*, qui se régénère naturellement, ne domine cependant pas, car ses accroissements en hauteur restent faibles face à l'incendie comparés aux autres espèces le thuya se caractérise par une lenteur dans l'occupation de l'espace, il arrive avec le temps à recoloniser son aire. Après incendie, le thuya arrive à se développer et reconstituer son groupement végétal, quelles que soient les conditions climatiques et les pressions anthropozoogènes qui s'y exercent.

#### 4. Conclusion

Des forêts jadis denses et riches ont progressivement disparu ou laissé place à des peuplements clairsemés, des maquis ou des garrigues. Aujourd'hui, notre patrimoine forestier est constitué, dans le meilleur des cas, de 65% de massifs dégradés. Le cycle d'évolution régressive en cours est dû essentiellement aux incendies et les changements climatiques. Nous avons supposé que les écosystèmes

méditerranéens étaient en équilibre avec le feu jusqu'à une certaine limite qui dépendrait de la fréquence des incendies. Une fréquence trop élevée pourrait en effet affecter la végétation en terme de diversité et richesse et jusqu'à un point où la résilience des forêts pourrait être compromise. Au-delà d'un certain seuil critique, la structure initiale de ces forêts est donc supposée être impactée de manière durable. Ce travail nous a permis de voir l'impact des feux sur la structure verticale de la végétation dans une forêt du semi aride à savoir la forêt de Fénouane et confirme l'effet néfaste de ces incendies sur la biodiversité de ces massifs en particulier en ce qui concerne la strate arboré et arbustive qui jadis étaient très luxuriante dans ces zones. Cela montre combien le feu a un effet sur la répartition verticale de la végétation.

Au cours de la reconstitution du couvert, la nouvelle stratification tendrait vers un état métastable voisin de l'initial, en effet la végétation évolue généralement en direction d'un type de formation semblable à celui qui préexistait dans des conditions normales, mais dans cette forêt à cause de l'aridité climatique et édaphique on remarque beaucoup plus une régression notable de la végétation surtout arboré et avec le temps on assistera à la transformation de ces forêts en maquis ou matorral. Ces résultats synthétiques ont des implications pratiques pour les gestionnaires. Pour une gestion durable de ces écosystèmes, en effet il semble important de protéger prioritairement: les zones déjà très souvent brûlées, et dont la végétation et le sol sont dégradés, où un feu supplémentaire peut dépasser les capacités de résistance et de résilience de l'écosystème, d'un point de vue structurel et fonctionnel.

### Références

- [1] - M. MARC, " *Les forêts d'Algérie* ", Ed. Jourdan, Alger (1916).
- [2] - BNEF, " *Etude d'aménagement des forêts domaniales de Oum Graf et Ain Zeddim, phase II, Etude du milieu* ", Blida, Algérie (1990).
- [3] - ONM, Office national de la météorologie. *Recueil des données climatiques de la wilaya de Saïda*. Feuilles de relevés quotidiennes de la période (1990-2009).
- [4] - B.N.E.D.E.R, " *Étude du développement agricole de la wilaya de Saïda. Rapport final et annexes* ". Bureau national d'études et du développement rural, Alger, (1982).
- [5] - J. BRAUN-BLANQUET, *Pflanzensoziologie*. 3. ed. Wien: Springer, (1964).
- [6] - J.M. GEHU & S. RIVAS-MARTINEZ, " *Notion fondamentales de phytosociologie* ". In : H. Dierschke (ed.), Ber. Der Intern. Symp. Der Intern. Verein. fur Vegetationsk, *Syntaxonomie*, Rinteln (1981).
- [7] - P. OZENDA, " *Les végétaux de la biosphère* ". Ed. Doin. (1982).
- [8] - M. DUFRENE, " *Méthodes d'analyse des données écologiques et biogéographiques* ". Version du 11.05.2003. Adresse : <http://biodiversité.Wallonie.be/outils/methodo/home.htm> (2003).
- [9] - M.GODRON, " *Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu* ". C.N.R.S (1968).
- [10] - G. LONG, " *Diagnostic phytoécologique et aménagement du territoire* ". Tome 1 : *Principes généraux et méthodes*. Collection d'écologie. Masson, Paris (1974).
- [11] - F.N.RAMANANTSAR, " *Etude de la trajectoire de la succession végétale naturelle d'Ambatovy en vue de mettre en place un plan de restauration forestière* ", Mémoire de fin d'études, Département des Eaux et Forêts, ESSA, (2008).
- [12] - R. AJBILOU, T. MARAÑÓN & J. ARROYO, " *Ecological and biogeographical analyses of Mediterranean forest of northern Morocco* ". *Acta Oecologica* 29 (2006).
- [13] - M.VENNETIER M. & 38 collaborateurs, " *Étude de l'impact d'incendies de forêts répétés sur la biodiversité et sur les sols. Recherche d'indicateurs* ". Rapport final IRISE (Impact de la répétition des incendies sur l'environnement), projet Forest focus Convention NoFF 2005-9 (2008).

- [14] - R. MEDDOUR, Régénération naturelle de *Cedrus atlantica* Man. et de divers pins après incendie dans l'arboretum de Meurdja (Algérie). *Forêt méditerranéenne*, 13(4) (1992) 275-287.
- [15] - G. KUHNHOLTZ-LORDAT, "La terre incendiée. Essai d'agronomie comparée". Ed. Maison carrée. Nimes (1938).
- [16] - L. TRABAUD, Quelques valeurs et observations sur la phyto-dynamique des surfaces incendiées dans le Bas-Languedoc. (Premiers résultats). *Naturalia Monspeliensia, Sér. Bot. Fasc. 21* : 213-242 (1970).
- [17] - A. AUBREVILLE, "Flore forestière soudano-guinéenne: AOF – Cameroun – AEF Société" d'Editions Géographiques, Maritimes, et Coloniales, Paris (1950).
- [18] - O.N.T.F, Projet d'aménagement, plan de gestion des forêts du massif forestier de Télagh. (Algérie) (1979).
- [19] - R.L.SPECHT & A. SPECHT, Species richness of sclerophyll (heathy) plant community in Australia – the influence of overstory cover. *Australian Journal of Botany* 37 (1989) 337-350.
- [20] - R.L. SPECHT, R. GRUNDY & A. SPECHT, Species richness of plant communities: relationship with community growth and structure, *Israel Journal of Botany* 39: 465-480 (1990).
- [21] - F. PULIDO, F.GARCÍA, E.OBRADOR, ET G. MORENO, G, Multiple pathways for tree regeneration in anthropogenic savannas: incorporating biotic and abiotic drivers into management schemes. *Journal of Applied Ecology* 47, pp. 1271 à 1281 (2010).
- [22] - G. MORENO, Evaluación de los efectos ecológicos y productivos de un nuevo modelo de gestión en mosaico de las dehesas, informe de seguimiento anual. Ministerio De Educación Y Ciencia, Dirección General De Investigación (2012).
- [23] - F. BEKDOUCHE, *Evolution après feu de l'écosystème subéaride de Kabylie (Nord Algérien)*. Thèse de Doctorat en sciences agronomiques. Université Mouloud Mammerie de Tizi Ouzou. Algerie (2010)
- [24] - FAO, *Global forest resources assessment 2010*, Main report, FAO Forestry Paper 163.Rome (2010).
- [25] - ORAZIO, "Etude bibliographique sur les effets du brulage dirigé sur l'écosystème forestier". Synthèse bibliographique le Muy. w3.pierroton.inra.fr. (1999)
- [26] - B. KADIK, *Contribution à l'étude du pin d'Alep (Pinus halepensis Mill.) en Algérie : écologie, dendrométrie et morphologie*. O.P.U. éd., Alger,(1983).
- [27] - L. TRABAUD, "Evolution après incendie de la structure de quelques phytocénoses méditerranéennes du Bas-Languedoc (sud de la France)". *Ann.Sct.For.*, 40 (2) : 177-196 (1983).
- [28] - F. FORGEARD, Development, growth and species richness on Brittany heathlands after fire. *Acta Oecol.*, 11 ( 2) : 191- 213 (1990).
- [29] - L. TRABAUD, Réponses des végétaux ligneux méditerranéens à l'action du feu. *Pirineos*, 140 : 89-107 (1992).
- [30] - L. TRABAUD, J.J. MARTINEZ-SANCHEZ, P. FERRANDIS, A.I. GONZALEZ-OCHOA & J.M. HERRANZ, Végétation épigée et banque de semences du sol : leur contribution à la stabilité cyclique des pinèdes mixtes de *Pinus halepensis* et *Pinus pinaster*. *Canadian Journal Botany*, 75(6): 1012-1021 (1997).
- [31] - M. DE LILLIS, G. FANELLI, B. BEDOGNI, G.J.HODGSON, Ecological study of the seed banks of a Mediterranean grassland. *Journal of Mediterranean Ecology*, 1 (2) : 109-116 (1999).
- [32] - L. TRABAUD & J. LEPART, Diversity and stability in garrigue ecosystems after fire. *Vegetatio*, 43: 49-57 (1980).
- [33] - M.A LECK, V.T PARKER & R.L SIMPSON, R.L, *Ecology of Soil Seed Bank*, Academic Press (1989).
- [34] - K.THOMPSON, J.BAKKER & R.BEKKER, *The soils seed banks of North West Europe: methodology, density and longevity*. Cambridge, Cambridge University Press (1997).

- [35] - L. TRABAUD, Post-fire plant community dynamics in the Mediterranean basin. *The Role of Fire in Mediterranean-Type Ecosystems*, J.M. Moreno, W.C. Oechel. Springer-Verlag, New-York : 1-15 (1994).
- [36] - J.F O'LEARY, Post-fire diversity patterns in two subassociations of Californian coastal sage scrub. *Journal of Vegetation Science*, 1: 173-180 (1990).
- [37] - E.F DEBAZAC, "La végétation forestière de la Kroumirie". Ann. Ec. Nat. Eaux et For., 14 (2), Nancy. 131 p (1959).
- [38] - H.N Le HOUEROU, L'impact de l'homme et de ses animaux sur la forêt méditerranéenne (1<sup>ère</sup> partie). *Rev.For.médit.*, II (1) : 31-44 (1980).
- [39] - K. BENABDELI, Impacts socio-économiques et écologiques de la privatisation des terres sur la gestion des espaces et la conduite des troupeaux : cas de la commune de Télagh (Sidi Bel Abbes-Algérie). *Revue Options méditerranéennes* n°32: 185-194 (1996).
- [40] - L. TRABAUD et J. OUSTRIC, Comparaison des stratégies de régénération après incendie chez deux espèces de cistes. *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, 44 : 3-13 (1989).
- [41] - P. OZENDA, Les végétaux de la biosphère. Ed. Doin. 431p (1982).
- [42] - M. TERRAS, Dynamique phytoécologique du Thuya de Berberie face à l'incendie. *Revue forêt méditerranéenne t. XXIX, n° 1 mars 2008. p33 (2008).*