

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة فرحات عباس
Université Ferhat ABBAS de Sétif

THÈSE

Présentée à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie et d'Écologie Végétale

Pour l'obtention du diplôme de **Doctorat en sciences**

En Biologie
Option Écologie Végétale

Par

MADOUI Amar

Thème

**Les incendies de forêts en Algérie. Étude de l'évolution après feu des
peuplements de *Pinus halepensis* Mill. dans l'Est algérien. Cas de la forêt de
Bou-Taleb, du reboisement de Zenadia et du parc national d'el Kala.**

Soutenue publiquement le 28 février 2013

Devant le jury composé de

M. Hemana BOUZERZOUR	Professeur, Université Ferhat Abbas, Sétif	Président
M. Mohamed KAABECHE	Professeur, Université Ferhat Abbas, Sétif	Rapporteur
M. Jean-Marie GEHU	Professeur, C. R. P., France	Co-rapporteur
M. Abdellah BENTOUATI	Professeur, Université Hadj Lakdar, Batna	Examineur
M. Bachir OUDJEHIH	Professeur, Université Hadj Lakdar, Batna	Examineur

Remerciements

Cette thèse n'a pu voir le jour que grâce à des sacrifices et à l'aide et l'encouragement de plusieurs personnes qui je ne saurai jamais les remercier assez.

Je commence par ma mère et mon père (Allah yarahmou) qui m'ont tout donné et m'ont compris pour que je puisse terminer ce travail, combien l'ont-ils attendu !

Je tiens à remercier le professeur Mohammed Kaabeche qui a accepté avec sagesse de diriger un travail déjà initié et de me soutenir durant la phase la plus critique.

Je remercie également le professeur Hemana Bouzerzour pour avoir accepté de présider le jury de cette thèse.

Je tiens aussi à remercier le professeur Abdellah Bentouati et le professeur Bachir Oudjehih de l'Université de Batna, examinateurs externes, pour avoir accepté de juger ce travail et m'honorer par leur présence. Qu'ils trouvent ici toute ma gratitude.

Je tiens à exprimer ma gratitude au Professeur Jean-Marie Géhu fondateur et ex-directeur du Centre régional de Phytosociologie (CRP) de Bailleul pour sa confiance en acceptant avec beaucoup de modestie de publier avec moi. Aussi, je rends hommage au Dr. Louis Trabaud pour m'avoir accueilli dans son laboratoire au début des années 90 et m'a fait découvrir et aimé l'écologie du feu dans la région méditerranéenne.

Je désire émettre un remerciement tout spécial au Dr. Alain Leduc de l'UQAM, pour m'avoir accueilli dans son laboratoire, m'aidé et avoir mis à ma disposition tous les moyens nécessaires du CEF pour la rédaction de cette thèse. Je le suis très reconnaissant pour sa confiance. Que Dre Sylvie Gauthier du CFL trouve également ici toute ma gratitude et reconnaissance pour son aide et sa compréhension envers ma situation.

Merci également au professeur Francisco Castro Rego du Centre d'Écologie appliquée de Lisbonne pour son accueil chaleureux lors de mon séjour en 2004 et tout l'effort et le temps qu'il a consacré à chaque fois que je sollicite son aide. Je tiens également à remercier chaleureusement Filipe Catry du même centre, pour sa disponibilité et ses fructueux conseils et discussions concernant quelques résultats de la thèse. Qu'il trouve ici toute ma reconnaissance.

Je remercie aussi le professeur Mohamed Bouafia, de l'UFAS, Nicolas Mansuy et le Dr. Mustapha Kebiche de l'UQAM, amis de toujours pour leur soutien moral, combien utile !

Aussi, ceux qui ont contribué à la réalisation de cette étude, je tiens à remercier mes compagnons de terrain, qui sont nombreux, mais ils se reconnaîtront, que se soit des étudiants et étudiantes de fin de cycle, ou bien des forestiers de Sétif, d'Ain-Oulmène, du Parc national d'el Kala et de la conservation des forêts d'el Tarf.

Finalement, je garde une reconnaissance particulière à ma femme qui m'a supporté toutes ces années et m'a accordé son soutien et son perpétuel encouragement ainsi que mes enfants qui m'ont redonné le courage de terminer cette thèse.

Dédicaces

À la mémoire de mon père; Qu'Allah lui soit clément et miséricordieux,

À ma mère; Qu'Allah lui accorde la santé et le bonheur,

À mes sœurs et à mon frère,

À ma femme,

À mes enfants :

Selma, Amina Ouafa et Youcef-Anes.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Historique des feux de forêts et état actuel	5
1.1. Le feu de forêts au cours de la période historique	5
1.2. Le feu de forêts en Algérie depuis le début du siècle.....	6
1.3. Les feux de forêts de nos jours	8
1.3.1. Les causes des feux	12
Chapitre 2 : Evolution temporelle et spatiale des feux de forêts en Algérie	16
2.1. Évolution temporelle.....	17
2.2. Évolution spatiale	22
2.3. Conclusion.....	26
Chapitre 3. Les zones d'étude.....	28
3.1. Situation géographique et caractéristiques physiques.....	28
3.1.1. La forêt de Bou-Taleb	29
3.1.1.1. Les peuplements de pin d'Alep.....	30
3.1.1.2. Les feux de forêt dans la forêt de Bou-Taleb.....	32
3.1.1.2.1. Les causes des feux.....	34
3.1.1.2.1.2. Evolution des causes dans l'espace et dans le temps.....	35
3.1.1.3. Moments d'occurrence des feux de forêts	37
3.1.2. Le reboisement de Zenadia.....	39
3.1.2.1. Les feux de forêts à Sétif	41
3.1.3. La pinède d'el Mellah au PNEK.....	42
3.1.2.1. les feux de forêts dans le PNEK.....	44
Chapitre 4. Méthodologie	46
4.1. Les sites d'études	46
4.2. Types de données et méthodes d'analyse.....	46
4.2.1 La forêt de Bou-Taleb	49

4.2.2. Le reboisement de Zenadia.....	51
4.2.3. La pinède d'el Mellah du PNEK.....	53
Chapitre 5 : Résultats et discussion.....	55
5.1. La forêt de Bou-Taleb.....	55
5.1.1. Evolution de la richesse floristique.....	55
5.1.2. La similitude floristique entre les différents états après feu.....	59
5.1.3. Evolution de la composition floristique après feu	60
5.1.4. Conclusion.....	61
5.2. Le reboisement de Zenadia.....	63
5.2.1. Résultats	63
5.2.1.1. Végétation du reboisement avant l'incendie.....	63
5.2.1.2. Richesse floristique après incendie	63
5.2.1.3. Régénération naturelle du pin d'Alep après incendie	67
5.2.1.4. Évolution spatiale des plantules de pin d'Alep.....	68
5.2.1.5. Évolution des plantules de pin d'Alep au cours du temps.....	70
5.2.2. Discussion.....	72
5.2.2.1. Végétation du reboisement avant incendie.....	72
5.2.2.2. Richesse floristique après incendie	72
5.2.2.3. Régénération naturelle du pin d'Alep après incendie	74
5.2.2.4. Évolution spatiale des plantules de pin d'Alep.....	76
5.2.2.5. Évolution temporelle des plantules de pin d'Alep	77
5.2.3. Conclusion.....	78
5.3. La pinède d'el Mellah du PNEK	80
5.3.1. Résultats	80
5.3.1.1. La pinède avant le feu	80
5.3.1.2. Richesse floristique après incendie et son évolution.....	80
5.3.1.3. La similitude floristique entre les différents états après feu.....	82
5.3.1.4. Évolution après feu de la régénération du pin d'Alep.....	83

5.3.2. Discussion.....	85
5.3.2.1. Évolution des plantules de pin d'Alep au cours du temps.....	86
5.3.3. Conclusion.....	88
Conclusion générale	90
Références bibliographiques.....	95
Annexes.....	105

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Pollution à l'intérieur de la forêt de Bou-Taleb.....	10
Figure 2. Cas d'utilisation de la forêt par l'homme à Bou-Taleb.....	11
Figure 3. Relation entre le nombre de feu, la superficie brûlée (ha) et les précipitations moyennes annuelles à Sétif. Période de 1983 au 2000.....	13
Figure 4. Evolution du nombre de feux et des superficies brûlées	15
Figure 5. Évolution à long terme des feux de forêts en Algérie pour la période de 1863 – 2009.....	18
Figure 6. Évolution temporelle du cumul de la superficie totale brûlée, de la superficie moyenne brûlée en fonction de 4 périodes en Algérie de 1863 à 2009.	21
Figure 7. Relation entre la fréquence des feux et le taux de boisement selon.....	22
Figure 8. Relation entre le taux de brûlage et le taux de boisement par wilaya selon les régions du nord de l'Algérie. Période de 1985 au 2006.....	24
Figure 9. Situation générale des zones d'étude.	28
Figure 10. Le reboisement de Zenadia.	39
Figure 11. Diagramme ombro-thermique pour Sétif.....	40
Figure 12. La pinède d'El Mellah au Parc national d'El Kala.....	43
Figure 13. Carte de végétation du parc national d'El Kala.	44
Figure 14. Évolution du nombre de feux et de la superficie brûlée au cours du temps au parc national d'El kala (1985-2000).	45
Figure 15. Évolution après feu de la richesse floristique au cours du temps	56
Figure 16. Évolution après feu des types biologiques au cours du temps pour la totalité des espèces.....	58
Figure 17. Évolution après feu des types biologiques au cours du temps pour les espèces dont la fréquence est supérieure à 1.	58
Figure 18. Proportion (%) des différents types biologiques observés dans les états brûlés et non brûlés.....	64
Figure 19. Comparaison entre le nombre d'espèces suivant les différentes familles observées dans l'aire du feu et le reboisement témoin.....	65
Figure 20. Répartition spatiale de la régénération de pin d'Alep à Zenadia.	68

Figure 21. Analyse en composante principale de la densité des pins en fonction du pâturage et des facteurs physiques du milieu à Zenadia..	69
Figure 22. Évolution après feu de la densité de pins régénérés, au cours du temps.	71
Figure 23. Évolution après feu de la hauteur maximale et minimale des pins en fonction des précipitations au cours du temps.	71
Figure 24. Évolution post-incendie de la richesse floristique au cours du temps dans la pinède d'El Mellah, PNEK.	81
Figure 25. Évolution des formes biologiques après feu au cours du temps dans la pinède d'El MellahPNEK.	82
Figure 26. Évolution de la densité des pins régénérés après feu dans la pinède d'El Mellah, PNEK.	84
Figure 27. Évolution de la hauteur maximale des pins régénérés après feu dans la pinède d'El Mellah, PNEK.	84

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Le cycle du feu pour les trois régions du nord de l'Algérie.....	26
Tableau 2. Distribution des feux par canton dans la forêt de Bou-Taleb.....	33
Tableau 3. Comparaison des causes des feux (%) et les superficies brûlées durant les deux périodes d'observation 1907-1957 et 1977-1991.	36
Tableau 4. Distribution des feux par saison	37
Tableau 5. Nombre de relevés par états utilisés dans les peuplements de Bou-Taleb.....	50
Tableau 6. Types de données et l'année de récolte au niveau de la forêt de Zenadia	52
Tableau 7. Types de données et l'année de récolte au niveau du site d'el Mellah	54
Tableau 8. Évolution post-incendie des types biologiques au cours du temps	56
Tableau 9. Matrice des coefficients de similitude floristique de Sörenson calculés entre les différents états après feu.	59
Tableau 10. Comparaison entre la végétation du reboisement brûlé et celle du reboisement non brûlé	66
Tableau 11. Données comparatives de la densité des pins (nombre par hectare) régénérées après feu en fonction des régions.....	75
Tableau 12. Comparaison entre la végétation après feu et celle du témoin au niveau du site El Mellah.....	81
Tableau 13. Matrices des coefficients de similitude floristique de Sörensen calculés entre les différents états après feu	82
Tableau 14. Comparaison de la régénération naturelle du pin d'Alep avec les données des autres régions.....	87
Tableau 15. Tableau floristique des pinèdes de pin d'Alep de la forêt de Bou-Taleb. Comparaison entre les différents états après feu et le témoin.	105
Tableau 16. Tableau floristique de la pinède (reboisement) de Zenadia. Comparaison de la flore entre les états brûlés et les états non brûlés (témoins).	108
Tableau 17. Tableau floristique de la pinède d'El Mellah au PNEK. Comparaison entre les états brûlés et le témoin.....	111

Introduction générale

Introduction générale

Parmi les facteurs qui menacent les forêts dans le monde méditerranéen, le feu est le plus redoutable par les pertes et les conséquences qu'il entraîne, aussi bien sur l'environnement que sur l'économie du pays. Il a été reconnu, depuis longtemps, comme le plus spectaculaire et le plus grave facteur par son intensité et sa brutalité, par l'ampleur des surfaces parcourues dans le moindre temps et par l'importance des dommages causés (BOUDY, 1952). Cependant, ce feu a existé depuis des milliers d'années, bien avant l'apparition de la végétation sur terre et qu'il faut le considérer comme tout autre facteur écologique faisant partie intégrante du fonctionnement des écosystèmes forestiers. S'il provoque immédiatement la perte du matériel sur pied et amoindrissement de la production à court et moyen terme, il n'affecte en rien la permanence des boisements (BOUDY, 1955, MADOUÏ & GEHU, 1999, MADOUÏ *et al.* 2006). La végétation méditerranéenne l'a connue dans son histoire et s'en est bien adaptée par différents mécanismes (Espèces pyrophytes).

Les différentes études traitant la cicatrization post-incendie des différentes formations végétales dans le monde et particulièrement dans la région méditerranéenne ont montré que celles-ci ont tendance à retrouver aussi bien leur composition floristique initiale que leur structure (CLEMENT & TOUFFET, 1982; FORGEARD, 1985, 1987; MONNIER, 1968; METAILIE, 1978, 1984; TRABAUD, 1970, 1980; TRABAUD et LEPART, 1980; CALVO *et al.*, 1992; MORAVEC, 1990 ; MADOUÏ *et al.*, 2006, BEKDOUCHE *et al.*, 2008 *etc.*). L'idée de situer les forêts naturelles brûlées dans des stades régressives (BARRY, 1960 ; BRAUN-BLANQUET, 1936) a été remise en cause par les travaux de TRABAUD (1970-1980). Cependant, avec l'augmentation de sa fréquence au niveau national (MADOUÏ, 2002), ses conséquences sont devenues catastrophiques et ont provoqué, dans certaines situations, l'élimination de certains ligneux (TRABAUD, 1992), cas observés aussi ces dernières années dans la plupart des boisements algériens.

Les études relatives à l'effet du feu sur la végétation en région méditerranéenne ont été réalisées principalement dans les pays de la rive nord de la méditerranée. Avant, se sont des études d'ordre générale et (ou) descriptifs tels que les travaux de KUNHOLDTZ-LORDAT (1938, 1952), BARRY (1960) et LE HOUEROU (1973), etc. Selon ces études, issues d'approches synchroniques, les feux sont une cause de dégradation des forêts en situant les stades après feu dans une série régressive. Cependant, certains auteurs ont parlé de l'effet fugace du feu en forêt méditerranéenne en générale (KUNHOLDTZ-LORDAT, 1938, 1958) et algérienne en particulier (BOUDY, 1952; MARC, 1918). À l'occasion, des espèces résistantes au feu par leur adaptation à la survie après feu, nommées des pyrophytes ont été observés lors des premiers stades post incendie. Plus tard, et à partir des années 70, des études plus poussées en France, aussi bien sur terrain en mode diachronique, qu'au laboratoire (étude de la banque de graine) ont été initiés par TRABAUD (1970-1980). Il est reconnu comme un des pionniers de l'écologie des incendies (fire ecology) et a certainement joué un rôle moteur dans ce domaine pour le Bassin méditerranéen. Ses recherches ont pu répondre à deux questions fondamentales de l'écologie du feu: (i) quelles sont les conséquences des feux sur la dynamique des communautés végétales méditerranéennes et sur le fonctionnement des écosystèmes ?, (ii) par quels mécanismes les espèces végétales méditerranéennes arrivent-elles à survivre à un feu ?

Par la suite, des données dans d'autres régions méditerranéennes qui abondent dans le même sens que celles observées en France ont vu le jour (FORGEARD, 1987, 1990; BOULET & GEHU, 1988; CALVO *et al.*, 1992; ARIANOUTSOU, 1984; CAPITANIO & CARCAILLET, 2008, ...).

En Algérie, bien que des études d'ordre générale ont été publiées depuis l'occupation française sous forme de rapports traitant les causes des feux (MARC, 1916; BOUDY, 1952 entre autres) en raison de l'importance des forêts pour l'économie des colons à l'époque, l'écologie du feu en milieu forestier algérien est peu documenté. Les seules études récentes publiées sur le sujet sont celles de Moravec en 1990 à Sidi Bel Abbès et de Bekdouche *et al.* en 2008 à Bejaia. En outre, le développement et la disponibilité de l'information à référence spatiale ont permis de l'utiliser dans le cas des incendies de forêts. En effet, le Système d'information géographique (SIG) a été introduit dans la gestion et le suivi des forêts brûlées. Les premiers en Algérie ce sont les chercheurs de

l'Agence spatiale algérienne (ASAL) en collaboration avec la direction générale des forêts (DGF) coïncidant avec le lancement de satellite algérien Alsat 1 (MISSOUMI *et al.*, 2002), suivis plus tard par d'autres études qui utilisent la même méthode en l'appliquant dans d'autres forêts du territoire national (BENDERRADI *et al.*, 2004, BOUGHERARA, 2010, etc.). Un projet dans le même sens est initié par l'auteur est en cours dans la région de Sétif.

Toute fois, l'augmentation de la fréquence des feux en Algérie constaté durant les trois dernières décennies, a causé le brûlage même les forêts urbaines (reboisements) ce qui est devenu problématique pour les forestiers. D'une part à cause du risque sur la sécurité publique en raison de leur proximité des habitations (Interface forêt-habitat), et d'autre part, ils manquent d'informations sur la gestion de ce type de forêts artificielles perturbées naturellement par les feux.

C'est dans la continuité des idées que cette thèse a été initiée. D'abord, contribuer dans l'avancée des connaissances concernant l'effet des feux de forêts sur la végétation forestière de la rive sud de la méditerranée, essentiellement sur les peuplements de l'Est algérien qui sont les plus touchés par le feu (voir plus loin), en particulier le pin d'Alep; puis étudier si l'effet du feu est lié à la nature des peuplements et au type de climat. Cette étude est réalisée selon deux principaux objectifs :

- (i) Étudier si l'effet du feu sur les reboisements (peuplements artificiels) pourrait être similaire à celui constaté sur les boisements naturels,
- (ii) Étudier si l'effet du feu sur les peuplements de pin d'Alep est influencé par le type de climat (semi-aride versus subhumide).

La structure de cette thèse sera conduite en cinq chapitres :

- ✓ Historique des feux de forêts;
- ✓ Évolution temporelle et spatiale des feux de forêts au cours du temps en Algérie;

- ✓ Évolution de la composition floristique après feu dans les pinèdes de la forêt de Bou-Taleb;
- ✓ Régénération du pin d'Alep après feu dans les reboisements de pin d'Alep à Sétif;
- ✓ Évolution de la composition floristique et régénération du pin d'Alep après feu dans les pinèdes du parc national d'el Kala;
- ✓ Conclusion générale

*Historique des feux de forêts et état
actuel*

Chapitre 1 : Historique des feux de forêts et état actuel

1.1. Les feux de forêts au cours de la période historique

L'homme préhistorique a mis longtemps avant d'apprendre à allumer le feu. Jusqu'à ce qu'il en assure la maîtrise, il vécut en harmonie avec la nature, n'exerçant sur le milieu naturel qu'une action limitée. Il faisait partie intégrante des écosystèmes, prélevant par la cueillette et la chasse une part des revenus biologiques sans en altérer le capital (OZENDA, 1982). Mais, aussitôt que les hommes paléolithiques disposèrent du feu, « *il est devenu, dès lors, l'agent principal de destruction de la forêt* » (DE BEAUCOUDREY, 1938).

Au Maghreb, plus de dix millions d'hectares ont été défrichés depuis le début de la période historique jusqu'à la fin de la seconde guerre mondiale (BOUDY, 1948). LE HOUEROU (1980), l'estime à plus de quinze millions jusqu'à ce jour.

Depuis près de 4 000 ans, les pasteurs et les cultivateurs ont eu l'habitude d'incendier la forêt pour obtenir un pâturage meilleur et précoce ainsi que des terres de culture (LE HOUEROU, 1980). Ainsi, dans le passé, l'homme a allumé la plupart des feux pour les utiliser à des fins agricoles ou pastorales. Cependant, les faibles rendements agricoles obtenus l'ont obligé à conquérir sans cesse de nouvelles terres. Le feu était alors associé à l'essartage ou à l'écobuage (KUNHOLTZ-LORDAT, 1938, 1958). Les Algériens, pendant l'occupation française, ont eu recours à ces techniques. Pour pratiquer la culture dans les montagnes où ils étaient réfugiés ou bien pour renouveler et faciliter les pâturages à leurs troupeaux, ils mettaient le feu aux broussailles : technique considérée plus pratique et moins onéreuse que le débroussaillage ou l'essouchement (DE RIBBE, 1866). Il est fort probable qu'ils avaient hérité cette technique de leurs ancêtres. Celle-ci se pratique de nos jours en Kabylie pour enrichir les cultures et au parc national d'el Kala pour accroître leurs terrains agricoles. Les Africains l'utilisent aujourd'hui encore dans la chasse et mettent même le feu pour assainir contre les diverses graines qui collent aux corps et les hautes graminées qui dissimulent serpents et insectes dangereux pour l'homme et les animaux domestiques (MONNIER, 1981).

Par ailleurs, il ne faut pas oublier de noter que ce feu a été, en certaines occasions, utilisé comme arme de guerre (TRABAUD, 1980, 1982 ; GUILLERM et TRABAUD, 1980). Ce procédé a été utilisé en Algérie pendant la guerre de libération par l'armée française ; d'une part en mettant le feu aux cultures des populations locales, afin de les affamer, donc les punir ; et d'autre part, incendier les bois (forêts et maquis) pour empêcher la résistance de s'y réfugier. On estime que plus de 70% du bois du massif forestier de Bou-Taleb a été victime de cette opération uniquement à la fin des années cinquante (MADOU, 2000). VELEZ (1992) abonde dans le même sens pour toute l'Algérie et note que de vastes forêts de Pin d'Alep ont été incendiées pour qu'elles ne puissent servir de refuge aux insurgés pendant la guerre de l'indépendance de l'Algérie.

I.2. Les feux de forêts en Algérie depuis le début du siècle

En Algérie, les renseignements disponibles sur les feux de végétation et leurs causes datent seulement du début du siècle. Cependant, WARNIER (1865); RIBBE (1866); THIBAUT (1866) and CHITIER (1882) ont aussi parlé des feux de forêts en Algérie dans leurs rapports. Mais comme l'a dit DUVIGNEAUD (1984), *"ce qui était une nécessité est devenue une habitude"*, nous assumons que les buts d'allumer le feu n'ont pas, à notre sens, beaucoup changé et sont restés les mêmes du moins jusqu'à la fin des années 1960.

Ces feux ont été parmi d'autres facteurs qui ont contribué à la dégradation de la forêt algérienne. Chitier en 1882 a écrit *"Il est incontestable qu'il y a aujourd'hui moins de forêts qu'à l'époque ou l'armée française débarquait à sidi Fredj, et les incendies sont parmi les causes de ce déboisement. C'est là malheureusement une vérité que les Forestiers eux-mêmes sont forcés de reconnaître"*. Ce témoignage est suffisant pour avancer avec certitude la destruction de la forêt algérienne par les occupants français. Plus tard, MARC en 1916, mentionnait, *"après l'occupation française, les incendies étaient en Algérie des événements d'autant plus courants que les populations locales demandaient à la flamme le débroussaillage de leurs terres de culture et le renouvellement périodique de leurs parcours"*. De même, *"les Turcs pendant leur domination, n'en prenaient pas le moindre souci en vers le feu"*. Alors que DE RIBBE (1866) rapportait que *"... tous les vieillards algériens sont unanimes pour déclarer qu'avant l'occupation française, les*

chefs de tribus ne permettaient l'emploi du feu que dans les conditions de vent et de température nécessaires à son développement ; mais qu'ils le défendaient expressément, et sous les peines les plus sévères, quand l'incendie pouvait créer des dangers aux tribus voisines, ce qui étaient à peu près inévitable par les journées de sirocco". Ceci montre clairement que les Algériens, depuis plus de quatre siècles, étaient familiarisés avec l'utilisation du feu, mais se montraient aussi prudents quant à son utilisation pendant les moments de climat difficile de crainte de ne plus le contrôler.

En outre, les causes de mises à feu, en Algérie, sont tout à fait les mêmes que celles constatées en Europe méditerranéenne. La revue officielle de la situation des établissements français de l'Algérie pour la période 1853-54, attribue les causes d'allumer le feu par les arabes à leurs anciennes habitudes pastorales et agricoles (MARC, 1916). Elle se pratique de nos jours au Maghreb par les populations locales pour brûler les roseaux secs (cas des marais de Reghaïa et Lac Boughzoul en Algérie) (JACOB et al., 1975 ; JACOB et JACOB, 1980) ou pour acquérir de nouvelles terres agricoles comme le cas observés à el Kala. Cette ancienne habitude d'allumer le feu était favorisée par les conditions climatiques favorables à son déclenchement : température estivale très élevée, période sèche longue pouvant atteindre les cinq mois, vent chaud violent (sirocco) etc.

Selon MARC (1916), les boisements algériens furent au cours des longues saisons de chaleur et de sécheresse un champ tout préparé pour l'incendie. Il est allé même jusqu'à s'étonner *"pourquoi, par un soleil ardent, qui élève la température de l'air, à l'ombre à plus de 40°C, au milieu des fourrés de bruyères, de lentisque, de morts bois de toutes espèces qui caractérisent les forêts de chêne liège et de pins des régions granitiques, jusqu'on se croirait dans une fournaise, ces amas de matières combustibles ne prennent pas feu spontanément"*.

De même, l'enquêteur M. J. DEVELLE, cité par MARC (1916), dans son rapport sur les incendies de forêts, attribue les causes des feux à la nature du sol recouvert de bois morts, à la sécheresse ainsi qu'une température élevée, à la persistance de vents violents et enfin à la présence d'un sous étage en état de dessiccation permanente et fortement inflammable. A la lumière des ces témoignages, nous pouvons dire qu'en plus de l'habitude des algériens de mettre le feu aux cultures afin de gagner de nouvelles terres de

parcours avec une végétation plus tendre à leurs troupeaux, il faut faire intervenir l'état de prédisposition particulière dans lequel nos forêts se trouvent vis-à-vis du feu. Comme le signalait BOUDY (1955), la pineraie algérienne est la terre d'élection des incendies.

Par ailleurs, certaines commissions ont évoqué les causes volontaires. Elles sont allées même pour dire que les Algériens manifestaient par les brûlis leur mécontentement contre certains actes de l'autorité française, par esprit de vengeance, obéissant parfois à une entente préalable à des mots d'ordres ; mais ceci sans preuves certaines selon DE RIBBE, (1866) et MARC (1916).

L'accident ou l'imprudence restent dans l'ensemble les causes les plus fréquentes quant aux déclenchements des incendies. La commission d'enquête de 1902, constatait que sur les 138 incendies, dont elle a eu à s'occuper dans la région d'Annaba (Nord Est algérien), 15 avaient été allumés par les locomotives, et plusieurs autres par la foudre, cause naturelle très rarement mentionnées de nos jours. D'autres sont dus à la négligence de fumeurs, soit à l'imprudence de chasseurs ou des ouvriers travaillant en forêts (MARC, 1916). Cette région de l'Algérie la plus vulnérables aux incendies en raison de son taux de boisement important, selon LE HOUEROU (1980), perd chaque année jusqu'à 10 % de maquis et de garrigues.

Plus tard, BOUDY (1952) estimait en Algérie, que 40 à 45% des sinistres sont imputés à l'imprudence des fumeurs, chasseurs de miel etc. ou aux accidents, et 20 à 25% à des faits intentionnels provenant de l'intérêt ou de la malveillance pure, et 30 à 35% à des causes indéterminées.

1.3. Les feux de forêts de nos jours

Au cours du temps, bien que les causes de mises à feu aient changé, la forêt méditerranéenne continue toujours à brûler et parfois de manière catastrophique si on se réfère aux incendies de la dernière décennie. LE HOUEROU (1973, 1980) estimait que plus de 200 000 hectares de forêts brûlent en moyenne chaque année dans le bassin méditerranéen ; alors que, selon VELEZ (1990a), cinquante mille incendies ravagent annuellement de 700 000 à un million d'hectares de forêts méditerranéennes. Au niveau

mondial, les feux affectent 350 millions d'hectares d'espaces naturels (FAO, 2007), soit 9% des espaces forestiers et non forestières. Mais la superficie de forêts effectivement endommagée est inférieure à 5 pour cent par an. Récemment, DIMITRAKOPOULOS & MITSOPOULOS (2006) rapportent qu'environ 50 mille feux, consommant de 700 mille à 1 million d'hectares de forêts méditerranéenne et d'autres terres boisées chaque année en causant d'énormes dégâts économiques et écologiques ainsi que la perte des vies humaines.

De nos jours, la forêt méditerranéenne continue toujours à servir de parcours aux troupeaux, quoique moins nombreux qu'autrefois surtout dans la rive nord de la méditerranée. Pourtant, l'origine des incendies pourrait ne plus être de la responsabilité exclusive des pasteurs ; car il faut faire intervenir tous les usagers de la forêt (TRABAUD, 1980, 1982 ; GUILLERM et TRABAUD, 1980) tels que les touristes, les riverains, les charbonniers, les guérisseurs, les distillateurs, les récolteurs de fruits et graines, etc. Les citadins, fuyant le bruit des villes et la pollution atmosphérique à la recherche de calme et d'air pur, veulent "revenir à la nature". Ce nouveau mode de vie étroitement lié à la forêt n'est pas sans risque sur les boisements. L'afflux des vacanciers d'été (campeurs) et certains touristes, ou de simples promeneurs amène un grand nombre de personnes qui parcourent les différents milieux de végétation naturelle laissant apparaître un nouveau danger. Selon QUEZEL (1980), l'explosion du phénomène touristique a été catastrophique aux forêts méditerranéennes françaises et espagnoles et est en train de le devenir en Turquie.

Récemment en Algérie, avec l'ouverture des pistes forestières et leur aménagement dans le but de désenclaver les habitations rurales, la forêt est devenue plus accessible et soumise à tous les dangers que cette accessibilité puisse entraîner. D'ailleurs les premiers inconvénients de cette décision non réfléchie commence à montrer ses effets néfastes et dangereux aussi bien sur le boisement que sur l'environnement par une pollution jamais vue dans ce type de forêts (Fig. 1). Très récemment, on a observé durant nos dernières sorties sur terrains à Bou-Taleb, des bouteilles vides de boissons alcoolisées à plus de 1500 m. d'altitude. En basse altitude, des amas de déchets de vers de ces bouteilles polluent les cours d'eau; situation inimaginable avant les années 90. Ces déchets, ne polluent pas uniquement les milieux naturels, mais constituent une source d'allumage en été et pourraient provoquer de nouveau des feux de forêts dans des milieux

qui sont déjà fragilisés par la mise à feu volontaire qui ont eu cours ces dernières années.

Ce que nous l'avons crains depuis les années 2000 en Algérie (voir MADOU, 2002), on le vit actuellement avec un grand danger qui se dessine favorisé par l'ouverture des pistes et dont la solution ne peut voir le jour à cours terme. Ajouter à cette situation, les chantiers d'assainissement dans nos forêts sont octroyés à des entrepreneurs qui n'ont aucun lien avec la forêt ni ont une éducation environnementale. Ceci a eu comme conséquence que la forêt soit garnie de sacs de plastique et de divers déchets abandonnés sur place par les ouvriers qui polluent la forêt sans aucun soucis de la part du chef de chantier.



Figure 1. *Pollution à l'intérieur de la forêt de Bou-Taleb. (a) Ramassage des déchets lors de nos sorties. (b) Les bouteilles constituent en été un risque potentiel de déclenchement des feux. (Photos A. Madoui)*

Par ailleurs, il ne faut pas oublier aussi le cas d'une tranche importante de population riveraine qui, pauvre de nature et voyant ces revenus diminués à cause de la cherté de la vie et l'inégalité dans la distribution des richesses, sont revenus en force à la forêt en exploitant ses produits sans aucun soucis des répercussions sur sa pérennité qui est déjà fragilisée par le réchauffement climatique si on se réfère au cèdre de l'Atlas. Citons l'exemple de la récolte des plantes médicinales essentiellement les racines de certains arbres (le tanin), le romarin, les fruits sauvages comestibles comme les glands du chêne vert, du graine de pin d'Alep (Zekoukou) et celui de l'arbousier et qui sont vendus au marché etc., ainsi que l'extraction du charbon pour le barbecue (Fig. 2). Ceci a été

aggravé par les années de sécheresse qui ont sévi dans la région méditerranéenne particulièrement dans les pays du sud et accentué notamment en Algérie en raison de la conjoncture politique qu'elle a traversé.

Ajouter a cela, les délits de coupes sur le chêne vert pour le charbon et sur les bois précieux comme le cèdre ne sont pas négligeables. Le cas du Cèdre est déjà fragilisé par le phénomène de dépérissement (BENTOUATI et BARITEAU, 2006) qui risque de le faire disparaître durant les prochaines décennies sous l'influence des changements climatiques. Bien que le phénomène de dépérissement de cette espèce ait été soulevé depuis environ 20 ans (voir MADOU, 1995), aucune suite n'a été faite pour chercher les causes et anticiper des solutions.

Les coupes illicites ne sont pas propres à la forêt de Bou-Taleb, mais au nord, des cas ont été signalés dans la forêt des Babors (MADOU, 2003a) qui constitue l'une des rares forêts qui abrite une biodiversité unique en Algérie (GHARZOULI, 2010). D'autres cas aussi sont observés sur les gros sujets de pin d'Alep et le genévrier dans la forêt de Righa Dhahra. Le pin d'Alep est destinée à la fabrication des ustensiles de cuisine (Observation personnelle), et la distillation du *Juniperus oxycedrus* pour l'extraction de l'huile de Cade. Cette ancienne pratique est revenue en force de nos jours en raison de l'importance de la matière bois dans les ménages algériens.



Figure 2. Cas d'utilisation de la forêt par l'homme à Bou-Taleb. (a) Récolte du romarin, (b) Récolte des cônes de pins. (Photos A. Madoui)

Évoquer la relation de l'homme avec la forêt et les impacts de ses différentes activités sur les boisements à l'intérieur de cet écosystème est d'une grande importance.

Cette relation d'ordre socioéconomique va nous éclairer sur le lien qui a existé et existe encore entre l'Homme, la forêt et les causes des feux. Comme nous allons le voir en détail, la majorité des causes connues en Algérie sont d'origine humaine et plus de 70% des feux sont d'origine inconnue et qui sont à notre avis également d'origine humaine.

1.3.1. Les causes des feux

La répartition des causes d'incendies en Algérie pour la période 1979 au 1982 (Secrétariat d'Etat aux Forêts, in REBAI, 1986), montre l'importance des causes d'origine inconnue qui était de 58%, suivie par les causes volontaires (les incendiaires) avec 26% et enfin les causes involontaires (négligence) avec 16% pour l'année 1982. Nous pouvons déjà remarquer l'apparition des causes volontaires dont BOUDY ne mentionnaient pas en 1952. Peut-on avancer que le fait de brûler volontairement la forêt est un phénomène récent en Algérie? VELEZ (1990b) note bien l'accroissement, dans la région méditerranéenne, du nombre d'incendies allumés volontairement dans le simple but de détruire.

Un bilan détaillé dressé pour la forêt de Bou-Taleb (Monts du Hodna) (MADOU, 2000), montre que 7% des incendies se sont déclarés la nuit ce qui laisse penser à des actes criminels. La même situation a été constatée ces dernières années pour la forêt urbaine de Zenadia qui a été sujet à plusieurs actes de feux dans le but de s'accaparer des terres à des fins immobilières. L'étalement urbain en est une cause de ces actes (MADOU et KAABECHE, 2010). Cependant les deux dernières décennies a laissé apparaître en Algérie une tendance aux incendies volontaires justifiés par mesure de sécurité ou dans certains cas dans le but de s'approprier d'avantage des terrains, et la forêt algérienne est encore une fois soumise à la merci des feux, rappelant ainsi les années cinquante sous l'occupation française.

Un fait important à mentionner concerne la progression des causes d'origine inconnue qui sont passées de 29% en 1979 à 58% en 1982 et cette valeur est en augmentation. Elle était de 74% en 1995. Pour une durée plus longue allant de 1990 à 2003, les causes inconnues sont environ de 77% (ZOUAIDIA 2006). Les causes inconnues sont dues principalement au manque de moyens pour mieux surveiller nos forêts en périodes critiques et mener les bonnes investigations pour chercher les coupables, et de nos jours la situation sécuritaire

empêcherait les forestiers de s'aventurer en forêts pour faire leur investigation. Toute fois, nous assumons que depuis les années 2000, les mises à feu volontaires, sous prétexte de lutter contre l'insécurité, ont provoqué une destruction irréversible d'une majorité de la couverture forestière. Ceci a contribué à fragiliser encore nos écosystèmes forestiers et ont provoqué par conséquent une érosion des sols qui se manifeste après chaque averse estivale par des inondations, parfois catastrophiques en aval des montagnes.

Selon TRABAUD (1980), c'est en fonction des conditions météorologiques qui surviennent au cours de l'année que dépendent, entre autres, les superficies parcourues par les feux et leur nombre décroît de façon exponentielle en fonction de l'accroissement de la quantité des précipitations (TRABAUD, 1983, MADOU, 2002). À titre d'exemple, la figure 3, établie pour la région de Sétif (Est algérien), montre bien qu'il y a une relation claire entre la quantité de pluies tombée et les superficies brûlées, avec un coefficient de corrélation de $-0,66$. Plus les précipitations annuelles sont importantes, moins les superficies brûlées sont grandes. Toute fois, avec le réchauffement climatique prédit, les conséquences d'un déficit pluviométriques, essentiellement en zones semi-arides risqueraient d'être plus dramatique sur la forêt algérienne.

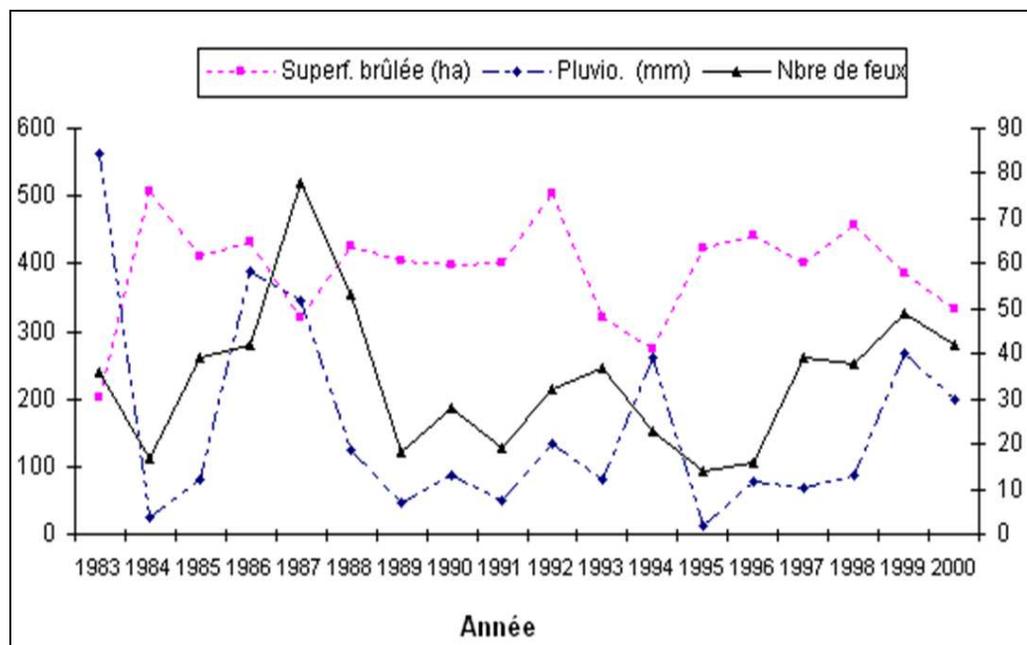


Figure 3. Relation entre le nombre de feu, la superficie brûlée (ha) et les précipitations moyenne annuelles à Sétif. Période de 1983 au 2000.

Annuellement, l'Algérie perd, en moyenne, de 37 000 à plus de 40 000 hectares de superficie boisée (forêts, maquis, broussailles et steppes). Cette superficie brûlée présente une certaine variabilité annuelle en fonction de plusieurs facteurs que se soit d'ordre météorologique (précipitation, température, vent) que biotique (type et structure du combustible). Or, MARC en 1916, parlait déjà, lors d'un bilan effectué sur une période de 40 ans (fig. 4), de la périodicité décennale des grands sinistres correspondant aux années 1881, 1892, 1902, et 1913. Ainsi, l'espérance moyenne de vie des boisements n'excédait pas dix ans surtout dans la région est du pays qui est la plus sensible.

Par contre, depuis les années 60, le bilan pour une période de 29 ans (ANONYME, 1993) complété depuis l'indépendance (Fig. 4) fait apparaître une périodicité beaucoup plus rapprochée des grands incendies correspondant aux années 1965, 1971, 1977, 1983, 1988, 1994 et 2000. Ceci suggère clairement que la fréquence des feux (Nombre de feux par unité de temps) a connu une augmentation au cours du temps.

À une échelle locale, un bilan des incendies effectué dans la forêt de Bou-Taleb (monts du Hodna) (MADOU, 2000) montre que le nombre de feux de forêts enregistré à Bou-Taleb, comparé à celui constaté par BOUDY (1955), est en hausse depuis l'indépendance bien que la superficie brûlée ait diminuée. Sur la figure 4, nous pouvons observer clairement qu'à partir de l'année 1985, bien que le nombre de feu ait augmenté, les superficies brûlées sont moins importantes. Ceci est dû beaucoup plus à la prise en charge du problème des feux de forêts à tous les niveaux par les services concernés et à l'efficacité de la lutte active car la forêt est mieux surveillée.

Il faut noter que c'est à partir de l'année 1984, date de promulgation de la loi portant régime général des forêts, qu'on commençait à s'intéresser sérieusement à la protection de la forêt algérienne ce qui expliquerait, probablement, le manque de certaines données avant cette date.

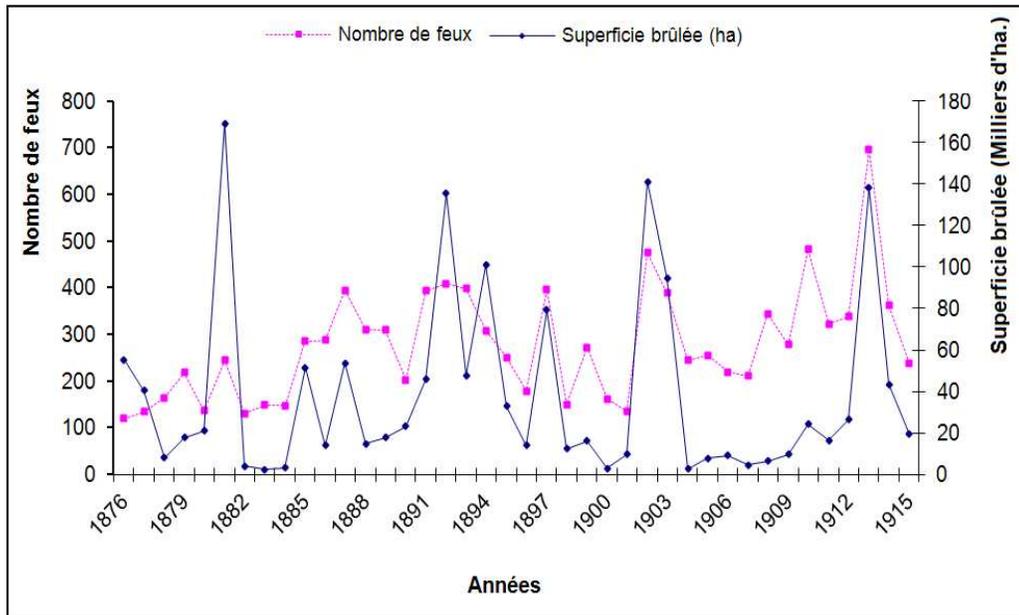


Figure 4. Evolution du nombre de feux et des superficies brûlées en Algérie de 1876 à 1915 (Marc, 1916)

Toutefois, malgré que sa fréquence soit à craindre, c'est à l'action du feu qu'il faut attribuer l'existence de plusieurs dizaines de millions d'hectares de garrigues et de maquis aussi bien en Europe qu'en Afrique méditerranéenne. La survivance de la plupart des pineraies algériennes est due aux feux (MARC, 1916; DE BEAUCOUDREY, 1938; BOUDY, 1952, 1955) et dans certaines régions, elles ont progressé au détriment d'autres espèces comme le chêne vert (MADOUÏ et GEHU, 1999) et c'est les incendies qui ont favorisé leur expansion. Ce phénomène a été très récemment observé dans la forêt d'Ouled Rezzoug où il n'existait pas avant. On y assiste à la pénétration du pin d'Alep à l'intérieur des maquis de chêne vert et qui commence à prendre de l'ampleur en raison des incendies répétés dans cette région. Alors que la présence du pin dans cette forêt n'est pas mentionnée dans le fascicule de gestion de la forêt établi par les français avant l'indépendance (Témoignage du chef du district de Guenzet), Cela montre bien l'importance du facteur feu en tant que force écologique, qui a modelé le paysage et intervient encore dans la dynamique des communautés végétales méditerranéennes (TRABAUD, 1980) et contribuent à la substitution de certaines espèces par d'autres (MADOUÏ et GEHU, 1999).

*Evolution temporelle et spatiale
des feux de forêts*

Chapitre II : Evolution temporelle et spatiale des feux de forêts en Algérie

Parmi les problèmes qui affectent les écosystèmes forestiers en Algérie, le feu constitue le facteur le plus dangereux. Il provoque de graves pertes écologiques, économiques et, parfois humaines. Dans une courte période, allant de quelques heures à plusieurs jours, le feu détruit ce que la nature a mis des années à reconstituer. Vu ses aspects négatifs, en particulier écologiques (érosion des sols, perte de la biodiversité) et économique (en détruisant des arbres à l'âge de l'exploitabilité), le feu est considéré comme une catastrophe dont nous devons faire face périodiquement. La loi forestière (code forestier) indique clairement que la lutte contre les incendies de forêt est un devoir de tous les citoyens, chacun à son niveau. Toute fois, malgré les moyens de prévention et de protection mis en place chaque année, les incendies continuent à brûler des forêts sur de grandes surfaces et leur fréquence ne cesse de s'accroître (MADOUÏ, 2002).

Comparativement avec d'autres pays sud-méditerranéens, l'Algérie est celui qui dispose des données sur une longue période, plus de 130 ans. MARC en 1916 fut le premier qui a publié des données sur les incendies, puis BOUDY (1955), la Direction Générale des Forêts (DGF) (1993, 2002) et récemment MADOUÏ (2000, 2002) et BENDERRADJI *et al.* (2004) qui ont repris sous une autre forme le bilan établis par la Direction générale des forêts (2002). Toutefois, WARNIER (1865); RIBBE (1866); THIBAUT (1866) et CHITIER (1882) ont été les premiers avoir parlé de feux de forêt en Algérie dans leurs écrits. Depuis 2002, les données complètes des incendies sont publiées chaque année dans le site Web de la DGF. Tous ces documents anciens montrent la grande importance de cette ressource naturelle, qui est le bois, en regard de l'occupation française, essentiellement les forêts de chêne liège dont les incendies constituent la perturbation majeure dans ce type d'écosystèmes et entraînent une perte économique considérable pour l'occupation française.

2.1. Évolution temporelle

L'analyse des données des incendies et de leur évolution temporelle pendant une longue période de 134 ans font apparaître plusieurs éléments (Fig. 5). Pendant la période de 1863 à 2009 (sans les années 1864, 1866-1872, 1875, 1950 et 1962 pour lesquelles nous manquons des données), le feu a brûlé un cumul de 5 171 840 ha de forêt algérienne avec une moyenne de 38 596 ha par an. Durant cette période, 44 ans sur 134, les superficies brûlées ont dépassé la moyenne annuelle brûlée, et 19 ans sur 134 ont brûlé le double de cette moyenne. En outre, ces données montrent que le feu a brûlé de façon presque périodique de grandes surfaces à chaque dix an. Il montre également que les années 1865, 1881, 1892, 1894, 1902, 1913, 1919, 1956, 1957, 1958, 1983 et 1994 ont été catastrophiques pour les forêts algériennes et chaque période correspond à une situation politique et / ou sociale exceptionnelle. Durant ces années, le feu a brûlé plus de 100 000 ha par an et durant trois années sur 12, le feu a brûlé plus de 200 000 ha. Il correspond aux années 1956, 1983 et 1994. Si les années de 1956 et 1994 ont été attribués à l'instabilité politique de l'Algérie, l'année 1983 a été caractérisée essentiellement par des conditions météorologiques extrêmes et constitue l'année la plus sèche depuis 1962. Les conditions météorologiques extrêmes sont responsable des grands feux et de leur sévérité (MADOUI *et al.*, 2010).

En effet, la situation politique n'explique pas à elle seule les grandes superficies brûlées, mais les conditions météorologiques extrêmes pourraient également avoir un rôle important. De même, il pourrait que durant les années 1956 et 1994, les conditions météorologiques auraient été aussi exceptionnelles. Si nous nous référons à l'étude de MEDDI et MEDDI (2009), la pluviométrie annuelle a diminué dans les années 1940, 1970 et 1980 dans le nord-ouest de l'Algérie. Ils l'estimaient à 36% dans cette région contre 20% dans le centre nord. Cette diminution des précipitations a provoqué une période de sécheresse sévère et prolongée. Ces périodes ont été sévèrement touchées par les incendies de forêts.

Les données historiques comparées à d'autres plus récentes nous ont permis d'étudier l'évolution temporelle de la situation des incendies en Algérie à travers le temps (MADOUI *et al.*, en préparation). Vu les diverses situations politiques que l'Algérie a vécu ou qui l'on influencée, nous avons considéré les statistiques d'incendies de forêt dans

chaque situation séparément. Afin de souligner cette observation, quatre données statistiques sur la fréquence des incendies ont été établis pour toute l'Algérie.

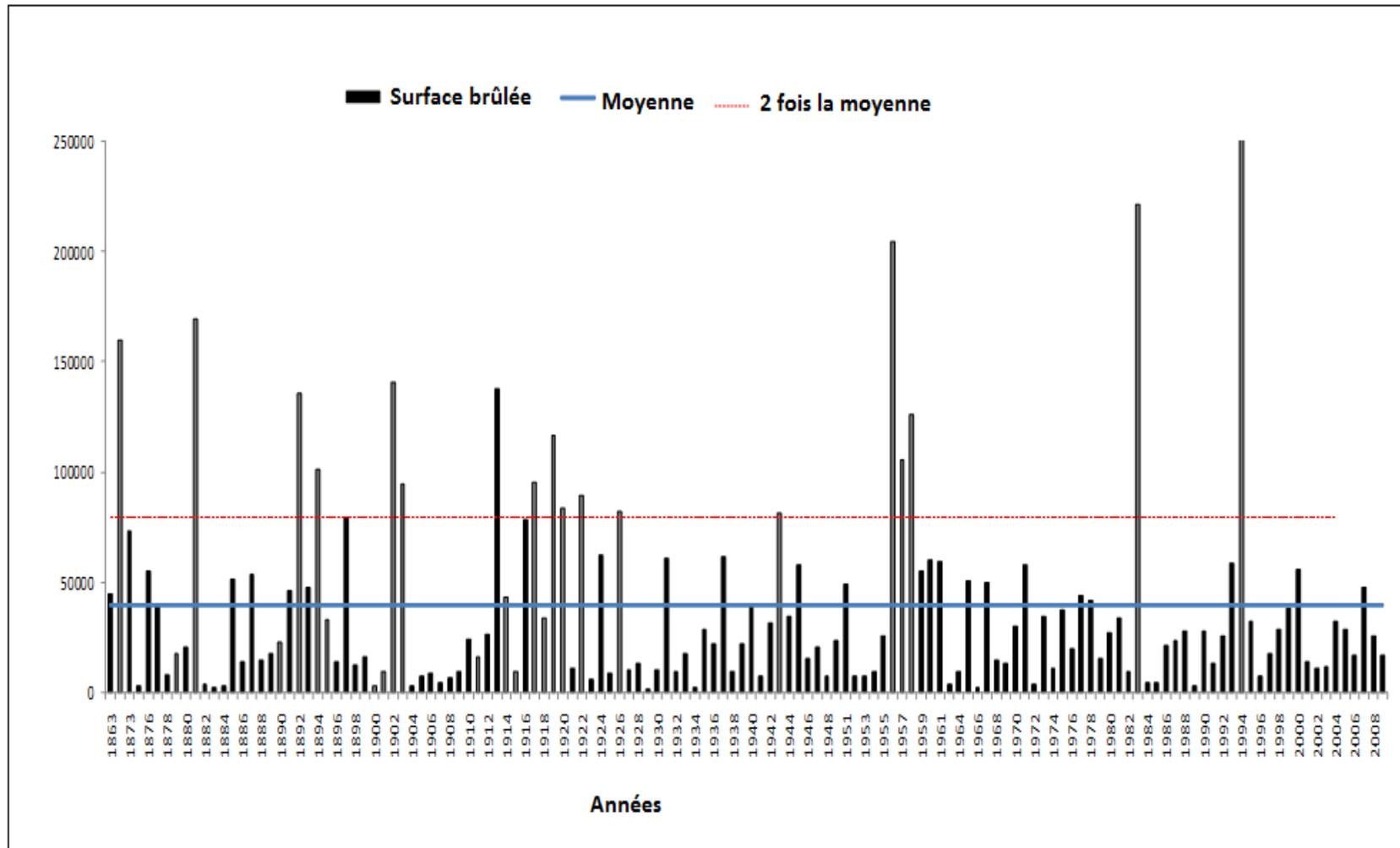


Figure 5. Évolution à long terme des feux de forêts en Algérie pour la période de 1863 – 2009.

La première concerne la période avant 1900 (1863-1900); elle concernait le début de l'occupation, la découverte du pays, l'inventaire des ressources forestières, la lutte contre la résistance Abd el Kadar, et la révolution française de 1898. La deuxième période, après 1900, jusqu'en 1962, correspond aux deux guerres mondiales et à la guerre d'Algérie; la troisième est relative à la période après l'indépendance de 1963 à 1990. C'est durant cette période (en 1984) qu'il a eu lieu la réalisation du premier inventaire forestier national. La dernière et récente période allant de 1990 à 2009 dans laquelle l'Algérie a connu une certaine instabilité politique mais par la suite la maîtrise de la situation avec un certain développement économique. Associer à ces situations exceptionnelles sociopolitiques, il est important aussi d'introduire le changement climatique qui a eu cours durant ces périodes.

La superficie moyenne brûlée par période a été différente d'une période à une autre, mais la superficie totale brûlée, après un pic durant la deuxième période (1901-1961), a diminué durant la troisième (1963-1990) (Fig. 6) pour reprendre l'ampleur de la deuxième période. Nous pouvons remarquer que les incendies sont devenus catastrophiques depuis le début du siècle coïncidant avec le colonialisme d'une part et les conflits d'intérêt d'autre part. Dans la seconde période, il a été brûlé presque deux fois plus que dans la première (26 000 contre 42 000 ha).

Quant à la diminution de la superficie brûlée après l'indépendance, elle pourrait s'expliquer par la prise de conscience du problème incendie par l'administration forestière qui a décidé de protéger en urgence la ressource forestière et la développer. En effet, le reboisement a pris une place majeure dans les plans de développement du pays (ZAÏMECHE, 1994).

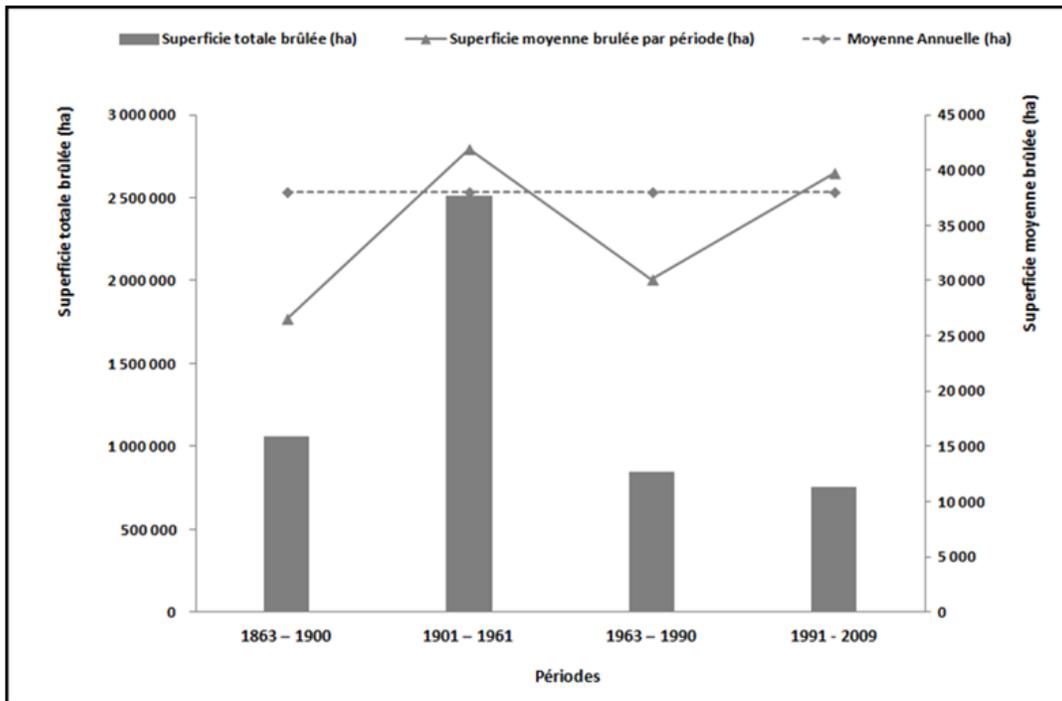


Figure 6. Évolution temporelle du cumul de la superficie totale brûlée, de la superficie moyenne brûlée en fonction de 4 périodes en Algérie de 1863 à 2009.

Durant la première période, après l'occupation française et pendant 27 ans, le feu a brûlé plus de 1 million d'hectares de forêt avec une moyenne de 39 000 hectares par an. Il est possible que la superficie brûlée ait été plus grande, car durant cette période, il y avait beaucoup de révolte de la population algérienne (Ahmed Bey et Emir Ebd el Kader) contre l'armée française. Lefevre (1900) rapporte que de grands incendies ravageurs provoqués par la révolte d'Ahmed Bey en 1863, ont affecté les massifs constantinois où furent détruits près de 170 000 ha de chêne liège, mais malgré cela la production de liège n'a pas cessé d'augmenter ; elle atteignait un peu plus de 50 000 quintaux en 1898.

La deuxième période comprend les trois guerres, les deux guerres mondiales et la guerre d'Algérie. Ces situations exceptionnelles ont contribué non seulement à avoir plus de superficie brûlée, mais elles avaient provoqué aussi un grand besoin en combustibles forestiers pour l'armée française. Durant cette période, la forêt algérienne a perdu plus du tiers de ses forêts (MADOUÏ, 2003b) pour le besoin de la France.

Durant la troisième période, en Algérie indépendante, nous remarquons une diminution importante de la superficie brûlée, mais la superficie moyenne brûlée reste considérable.

2.2. Évolution spatiale

Là où se trouve du combustible forestier dans des conditions favorables, il y a du feu. En Algérie, les feux de forêts se sont survenus et brûlent encore sur tout le territoire nord de l'Algérie. Cependant, ils se sont concentrés beaucoup plus là où le taux de la couverture forestière est importante, en l'occurrence l'Est du pays (Fig. 7 et 8).

Aussi, la fréquence des feux ainsi que les superficies brûlées en Algérie sont corrélées significativement avec le taux de boisement ($r^2=0,5895$; $p<0,0001$; $r^2=0,5438$; $p<0,0001$). Les wilayas qui ont un taux élevé de la couverture forestière enregistrent le plus grand nombre de feux.

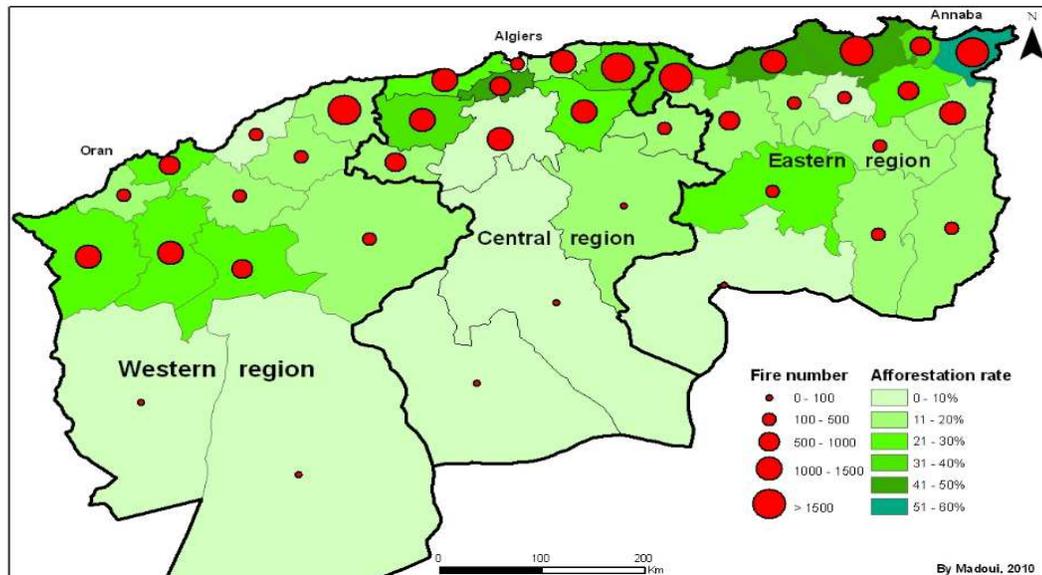


Figure 7. Relation entre la fréquence des feux et le taux de boisement selon les régions du nord de l'Algérie. Période de 1985 au 2006.

Le taux de boisement, exprimé par le rapport entre la couverture forestière et la superficie totale de la wilaya, apparaît principalement en relation avec le climat (précipitations), et les activités humaines (essentiellement le pâturage). Un fait

remarquable, les wilayas à forte densité de population enregistre en général un faible taux de boisement. De même, on observe une diminution de la couverture forestière plus on se dirige vers l'Ouest (Fig. 8). Aussi, selon Djellouli (1990) et Bouaoune & Dahmani-Megrerouche (2010), il existe en Algérie deux gradients pour les précipitations. Un longitudinale selon lequel les précipitations sont plus faibles à l'Ouest qu'à l'Est (450 mm/an à Oran et plus de 1000 mm/an à Annaba) ; et l'autre latitudinale selon lequel les précipitations varient de 50 mm. Dans la région du M'Zab au Sud à 1500 mm. à Jijel au Nord.

La figure 7 montre clairement que le taux de boisement suit le régime des pluies et plus on se dirige vers l'Est, plus il est important, précisément dans la wilaya d'El Tarf. Par contre, c'est au Sud où le taux de boisement est le plus faible ne dépassant pas les 10%. Nous remarquons que la bande allant de la wilaya de Ain Defla jusque El Tarf présente un taux de boisement dépassant les 31%, sauf la wilaya de Blida. Les wilayas dont le taux de boisement dépassant les 40% sont Jijel, Skikda, et El Tarf.

Il est important de noter l'existence d'un couloir formé par les wilayas Laghouat, Djelfa et el Médéa dont le taux de boisement ne dépasse pas les 10%. Il est fort probable qu'il est la conséquence du pâturage pratiqué essentiellement par les populations de Djelfa. Le déplacement saisonnier des troupeaux vers le nord pourrait être la cause de ce déboisement.

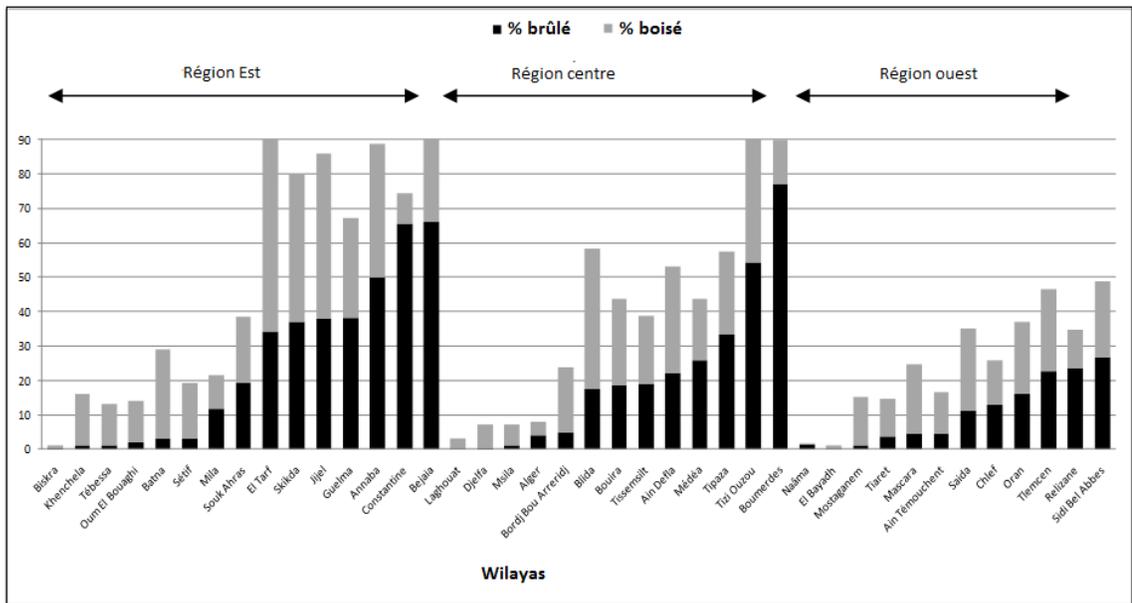


Figure 8. Relation entre le taux de brûlage et le taux de boisement par wilaya selon les régions du nord de l'Algérie. Période de 1985 au 2006.

La corrélation positive entre la fréquence des feux et les superficies brûlées montre que plus le nombre de feux est élevé, plus la superficie brûlée l'est aussi. Toutefois, dans certaines conditions, on peut avoir des superficies brûlées beaucoup plus importantes malgré le nombre de feux faible, comme l'exemple de l'année 1985 (cf. Fig. 5). Cette situation est due aux conditions climatiques et sociales durant lesquelles les feux ont eu lieu. Durant la décennie de 1990 à 2000, les forestiers ne pourraient intervenir pour la lutte active contre les feux par mesure de sécurité ce qui a engendré des superficies brûlées de grandes étendues. Bien qu'il ait été démontré dans le cas de la forêt boréale, que la suppression des feux n'a pas d'effet sur la taille des grands feux (MADOUI, 2008), dans le cas de la forêt méditerranéenne, elle pourrait l'être en raison du régime des feux qui est différent entre les deux biomes et la répartition spatiale de nos forêts.

Le régime des feux d'une région peut être défini par le type du feu, son intensité, sa fréquence et la saison d'apparition et le contexte environnemental (GILL, 1979). Il comprend les variations dans les caractéristiques des feux, soit le cycle de feu, l'occurrence des feux, la proportion annuelle brûlée, le type, l'intensité, la sévérité, l'intervalle, la taille, la saison et la source d'allumage (MADOUI, 2008). Il se réfère donc à

la nature de feu se produisant au cours des longues périodes et des effets immédiats sur l'écosystème (BROWN 2000). Ces paramètres dépendent à leur tour du type de peuplement en place, du climat, des sols et de la topographie. Si l'une de ses caractéristiques change, si le régime du feu qui sera influencé. L'intervalle, la fréquence et le cycle de feux (période de rotation) sont les paramètres les plus couramment employés pour décrire les régimes des feux.

En Algérie, nous assumons que le régime du feu diffère d'une région à autre. Il est incontestable que le régime du feu dans l'Ouest algérien serait différent de celui de l'Est. Et parmi les caractéristiques qui méritent une attention en raison de la fréquence des feux (la portion brûlée du territoire par année) qui est en croissance, le cycle du feu est d'une importance capitale. Il serait donc intéressant de connaître le cycle de feu en Algérie. Ce dernier est défini comme le nombre d'années nécessaire de brûler une superficie équivalente à celle de la zone d'étude (HEINSELMAN, 1973). En d'autres termes, c'est le temps requis pour que le cumul des surfaces brûlées dans une région atteigne la superficie totale de cette région. Lors d'un même cycle, une portion de la région peut brûler deux ou trois fois alors que d'autres portions ne seront pas affectées. Nous assumons que la zone d'étude correspond à la surface forestière de chaque région du nord de l'Algérie. En effet, nous pouvons calculer trois cycles de feu correspondant à ces trois régions ; à savoir la région de l'Ouest, région du centre et la région de l'Est.

Le cycle du feu est égal à l'inverse du taux de brûlage exprimé en pourcentage. Le taux de brûlage est égal à la moyenne du pourcentage brûlé par année.

Selon notre calcul (Tab. 1) et pendant le laps de temps pour lequel nous disposons de données (20 ans), le cycle de feu moyen serait de 105 ans à l'Est, 124 ans au Centre et 170 ans à l'Ouest. En effet, plus on se dirige vers l'est, le cycle de feu serait court et ne dépasse pas les 105 ans. Cela signifie que les boisements à l'Est ne pourraient pas survivre plus de 100 ans avant de connaître le passage d'un autre feu. Il en résulte que les peuplements sont parcourus plus souvent par le feu ce qui permet de rajeunir les forêts, particulièrement celle de chêne liège et une réduction des forêts matures. Ceci a été déjà remarqué au début du siècle où il a été avancé le chiffre de 10 ans, temps nécessaire à la

fermeture de la végétation, pour que les riverains tentent de brûler de nouveau les maquis pour leur pâturage.

Tableau 1. Le cycle du feu pour les trois régions du nord de l'Algérie

	Région Ouest	Région centre	Région Est
Minimum	138	109	85
Moyen	170	124	105
Maximum	223	145	138

Il faut noter qu'un changement de la fréquence des feux pourrait affecter l'abondance des espèces en éliminant les espèces ligneuses hautes. Un cycle de feux plus court pourrait entraîner une matoralisation de nos forêts, cas constaté à Bou-Taleb (MADOUÏ et GEHU, 2002) et qui s'observe aujourd'hui encore dans la majorité de nos forêts depuis la dernière décennie.

Si on se réfère aux travaux de ZERAÏA (1981), qui rapportait que la majorité des futaies de chêne-liège d'Algérie sont des peuplements ayant plus de 100 ans, nous pourrions avancer que la fréquence des feux a augmenté depuis, et l'intervalle entre deux feux successifs serait devenu court durant les 20 dernières années. Il faut le rappeler que le cycle du feu a été calculé pour la période 1985 et 2006.

2.3. Conclusion

Il est apparu d'après ce qui vient d'être cité que les incendies de forêts ne sont pas nouveaux à l'écosystème forestier algérien mais qu'ils faisaient partie de son fonctionnement depuis son existence et ont contribué à modeler son paysage. Cependant avec l'augmentation de leurs fréquence, les conséquences sont devenues catastrophiques à tous les niveaux : écologique, économiques et même au niveau de la biodiversité. Il est donc temps à penser sérieusement à trouver des solutions dans le cadre d'une politique globale de protection et de préservation en associant tous les usagers de nos forêts.

L'approche statistique susmentionnée a ses avantages et apporte un éclairage particulier sur la compréhension des rôles et des causes. Ceci permettra d'orienter certains choix de solutions (VAN EFFENTEREE, 1990) :

- ✓ L'analyse des formations végétales combustibles parcourus par le feu confirmera l'intérêt de reboisement et de sélection des espèces les mieux adaptées.
- ✓ L'analyse des causes d'éclosion amène à développer des actions d'informations mieux ciblées sur les "déclencheurs" potentiels.
- ✓ La mise en évidence des zones géographiques à risque et l'appréciation statistique de ce risque devraient orienter les implantations des aménagements D. F. C. I. (*Défense des Forêts contre les Incendies*).

Les zones d'étude

Chapitre III. Les zones d'étude

3.1. Situation géographique et caractéristiques physiques

L'étude de l'effet du feu sur les peuplements végétaux a été conduite dans trois zones différentes qui se différencient principalement par le climat et la nature du boisement (Fig. 9). Il s'agit du reboisement de pin d'Alep de Zenadia, les pinèdes naturelles de Bou-Taleb et une pinède sur dune au parc national d'el Kala (PNEK). L'objectif est d'une part d'étudier la variabilité à l'échelle régionale de la régénération du pin d'Alep après feu dans des peuplements naturels et artificiels dans les peuplements dans un bioclimat semi aride (Bou-Taleb) et subhumide (PNEK), et d'autre part d'étudier si les peuplements artificiels de pin d'Alep sont résilients aux feux comme les peuplements naturels.

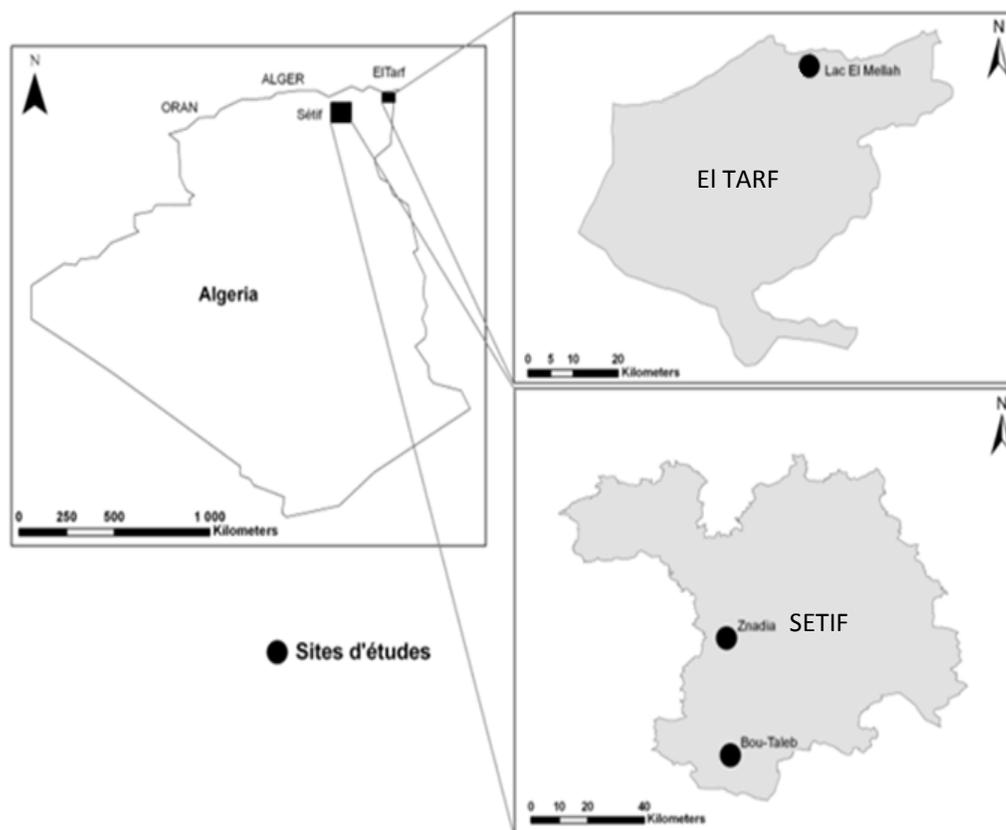


Figure 9. Situation générale des zones d'étude. (Carte réalisée sous Arc Gis, 9.3)

3.1.1. La forêt de Bou-Taleb

Le massif forestier de Bou-Taleb, région bien individualisée des monts du Hodna, se situe le long de la limite sud de la wilaya de Sétif, entre les hautes plaines sétifiennes et le chott el Hodna. Il est compris entre les parallèles 39G 81' et 39G 64' Nord et les méridiens 3G 15' et 3G 53' Est. Son altitude oscille entre 1 000 et 1 886 m. Il est caractérisé par une importante hétérogénéité topographique et floristique (MADOUÏ et GEHU 1999).

Du point de vue climatique et après extrapolation à partir des anciennes données de SELTZER (1946) et des données plus récentes (MADOUÏ, 1995), la pluviométrie se trouve comprise entre 300 et 700 mm et la température minimale du mois le plus froid (m) au point haut peut atteindre $-4,8^{\circ}\text{C}$ au sud du massif, et $-3,3^{\circ}\text{C}$ au nord. Quant à la moyenne maximale du mois le plus chaud (M) au point haut, elle n'excède pas 25°C au nord et 29°C au sud ; alors qu'elle peut atteindre 31°C au nord et 34°C au sud aux basses altitudes.

Le régime saisonnier des précipitations est de type APHE et PHAE respectivement au nord-est et nord-ouest du massif et de type HAPE au sud. Pendant l'été, saison sèche, il ne tombe que 33 mm de pluie au nord du massif aux basses altitudes et 72 mm aux hautes altitudes ; alors qu'au sud du massif, il ne tombe respectivement que 29 et 61 mm. Un fort contraste pluviométrique et thermique caractérise donc le territoire étudié.

Le bioclimat est de type semi-aride aux basses altitudes à hiver frais au nord et froid au sud, alors que le subhumide à hiver très froid domine les parties altitudinales. La saison sèche dure cinq mois aux basses altitudes, et trois mois aux hautes altitudes.

Les sols du massif de Bou-Taleb sont de deux types (Boyadgiev, 1975). Les sols clacimagnésiques qui englobent les sols calcaire et les sols bruns calciques et les sols minéraux bruts de types lithosols et rigosols. Dans le site étudié, se sont les sols bruns calcaires qui dominent.

La végétation de la forêt domaniale de Bou- Taleb est très marquée par l'empreinte humaine à tous les niveaux ce qui a engendré sa richesse. Quatre cent vingt trois (423)

espèces ont été inventoriées durant les années 90 (Madoui, 1995, 2003a). Parmi ces espèces, nous avons noté 3% d'endémiques, mais le type méditerranéens est le plus dominant avec 61%. Le paysage que connaît actuellement le massif de Bou-Taleb témoigne d'une charge anthropique importante exercée depuis longtemps et intensifiée occasionnellement. Les incendies, les coupes et le pâturage sont les plus qui ont affecté cette forêt (MADOUÏ ET GEHU, 1999).

Trois principales formations végétales se rencontrent dans le massif : la cédraie, la chênaie verte et la pinède de pin d'Alep avec leurs différents états qui dépendent de leur histoire dans la région. Le pin d'Alep est en expansion dans la forêt de Bou-Taleb tandis que le chêne vert et le cèdre ont connu une importante diminution (MADOUÏ, 1995 ; MADOUÏ ET GEHU 1999). Le pin d'Alep couvrait en Algérie 35% de la superficie forestière nationale (Service des forêts 1966 in KADIK 1983) et les opérations de reboisement effectuées depuis ont augmenté sa superficie.

À Bou-Taleb, il représente plus de 11 mille hectares par ses différents états (B.N.E.F., 1982). Pour plus d'information, voire (MADOUÏ 1995). Faute de données récentes fiables sur la superficie occupée par cette espèce, nous avons jugés non nécessaire de donner les différents chiffres avancés par différentes sources.

3.1.1.1. Les peuplements de Pin d'Alep

Le pin d'Alep représente un capital forestier majeur sur le pourtour méditerranéen (QUEZEL *et al.*, 1992). Selon Le HOUEROU (1980), il occupe environ 6,8 millions d'hectares. Son exigence écologique très modeste a encouragé les forestiers à l'utiliser pour reboiser de grandes surfaces, cas du barrage vert au Sud du pays. Selon QUEZEL *et al.*, (1992), le développement optimum du pin d'Alep c'est le Maghreb en colonisant presque tous les massifs montagneux.

En Algérie, (KADIK, 1983), le Pin d'Alep est très fréquent du Tell littoral à l'Atlas saharien colonisant ainsi tous les massifs montagneux. Malgré l'influence de l'homme sur cette espèce, il occupe toujours de vastes étendues en Oranie, l'Algérois et dans le Constantinois. Il est estimé à 850 000 hectares (MEZALI, 2003).

Sa répartition altitudinale, l'étage méditerranéen semi-aride (EMBERGER, 1930) est "le territoire de prédilection du Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.)". Selon QUEZEL *et al.* (1992), sur tout le pourtour méditerranéen, il se développe aux étages thermo-méditerranéen et méso-méditerranéen, avec un indice xérothermique (BAGNOULS et GAUSSEN, 1953) de 60 à 150, supportant ainsi une saison sèche assez longue. Nous le retrouvons depuis 0 et 300-600 m et 0 et 1200-1400 m d'altitude respectivement en Méditerranée septentrionale et méridionale (QUEZEL, 1980). Au Maghreb, il atteint les 2400 m dans le Haut Atlas central et près de 2000 m dans l'Aurès et pénètre ainsi dans l'étage supra-méditerranéen (QUEZEL *et al.* 1992).

A Bou-Taleb, nous rencontrons le Pin d'Alep depuis 900 mètres et peut monter jusqu' à 1400-1600 m. en mélange avec le chêne vert et le Cèdre de l'Atlas. Il se développe donc à l'étage thermo-méditerranéen en basses altitude en bioclimat semi-aride frais et froid et l'étage méso-méditerranéen en hautes altitudes en bioclimat subhumide froid. Il est localisé essentiellement dans toute la partie Ouest (Nord-ouest, Ouest et Sud-ouest) du massif et Sud-est, ainsi qu'au Nord-est dans le canton de Hadjar labiod.

Il est fréquemment parcouru par des incendies. Au bout d'un certain temps, il forme de belle futaie après leur passage; et la majorité des pineraies du massif de Bou-Taleb, notamment celles de l'étage bioclimatique semi-aride, sont issues d'anciens incendies. Cependant, quand ces derniers sont très fréquents, il laisse la place à des garrigues basses à base de Cistes (*Cistus villosus*, et *Cistus salvifolius*), de Romarin (*Rosmarinus tournefortii* de Noé) et de Genêt (*Genista microcephala* Coss. et Dur.) (MADOUÏ & GEHU, 2002). Il est concurrencé en hautes altitudes par le Chêne vert (*Quercus rotundifolia* L.) et par le Genévrier rouge (*Juniperus phoenicea* L.) en basses altitudes.

Le pin d'Alep montre une certaine extension par rapport aux autres essences (il entre dans le modèle expansionniste BARBERO *et al.* (1989, 1990), mais son extension se trouve limitée en exposition sud surtout en pentes où les sols ont subi des érosions importantes, surtout hydriques, (cas observés au niveau des cantons Dakhla et Groupe).

Selon KADIK (1983), les pinèdes algériennes constituent de véritables formations climaciques. A Bou-Taleb, il pourrait exister deux climax à Pin d'Alep: Le premier, est un climax à feu ou pyroclimax selon le terme de CLEMENTS (in LEMEE, 1978) qui est maintenu par le passage du feu et les espèces qui constituent ces formations sont des pyrophytes. Le Pin d'Alep est en association avec *Globularia alypum* L., *Rosmarinus tournefortii* de Noé, *Cistus villosus* L. ; *Cistus salvifolius*, etc. Il correspond presque à la majorité des pinèdes du Bou-Taleb en bioclimat semi-aride, et aux basses altitudes (1000 et 1200 m) caractérisant ainsi l'étage thermo méditerranéen.

Par contre le second climax, correspond aux pinèdes qui se situent en étage méso méditerranéen subhumide (plus de 1300 m. d'altitude). Elles sont très localisées et se rencontrent, à notre avis, dans les cantons de Arrhas et de Chehelou, constituent probablement le climax climatique de la région. Le Pin d'Alep se trouve ainsi en association avec *Arbutus unedo* L., *Bupleurum fruticosum* L., *Pistacia Terebinthus* L., *Lonicera implexa* L., *Rhamnus Alaternus* L., *Ruscus aculeatus* L., *Jasminum fruticans* L., *Juniperus oxycedrus* L., *Quercus rotundifolia* L.

Le Pin d'Alep est beaucoup utilisé comme bois de chauffage et bois d'œuvre. Son écorce donnant du tanin est utilisée à des fins thérapeutiques et aussi à tanner du cuir. Les graines du Pin d'Alep (Zgougou) sont comestibles et une bonne quantité est récoltée et vendue au marché chaque année.

3.1.1.2. Les feux de forêts dans la forêt de Bou-Taleb

Le nombre d'incendies de forêts enregistrés à Bou-Taleb, comparé à celui constaté par Boudy (1955), est en hausse depuis l'indépendance, mais de façon irrégulière. Pour bien montrer cette constatation, deux bilans d'incendie ont été établis pour cette région. L'un concerne la période avant l'indépendance qui va depuis l'année 1907 à 1957; l'autre concerne la période après l'indépendance et qui va depuis 1971 à 1991 (Tab. 2).

Durant la première période et qui s'étale sur 51 ans, 77 incendies ont été déclarés à Bou-Taleb en détruisant une superficie plus de 14 150 hectares, avec une moyenne de 1,5

incendies par an et une superficie moyenne annuelle de plus de 277 hectares. Au cours seulement de cette période, la moitié de la végétation forestière du Bou-Taleb a été anéantie, soit 49,76 %.

Parmi la totalité des incendies enregistrés, la moitié, soit 38 foyers ont parcouru seulement six principaux cantons situés tous sur le flanc Sud du massif et qui sont Kef Haoumar, avec 8 foyers; Bou-Rièche avec 7 foyers; Afghane, Thniet Sefra, et Chaabet Khrouf avec 6 foyers chacun et enfin le canton Groupe avec 5 foyers; Alors que leurs superficies brûlées est faible par rapport à l'ensemble (Tab. 2).

Tableau 2. Distribution des feux par canton dans la forêt de Bou-Taleb

Périodes	1907-1957 (51 années)		1971-1991 (21 années)	
	Nombre	Surface brûlée (ha)	Nombre	Surface brûlée (ha)
Kef Haoumar	8	836	1	5
Bou-Rièche	7	17	5	4
Afghane	6	8	3	11
Thniet Sefra	6	8	3	30
Chaabet Khrouf	6	181	3	9
Groupe	5	3	3	11
Bou-Ich	1	1 004	4	24
Tinzert	1	167	5	10
Total	40	2 224	27	104

Il est à noter que les années 1956 et 1957 ont enregistré la plus grande surface détruite 10 300 hectares, soit 73% de la totalité; elles correspondaient à la guerre d'Algérie (Madoui, 2000).

Par contre, le bilan dressé pour la deuxième période sur une durée de 21 ans, montre que 63 incendies ont été déclarés à Bou-Taleb en détruisant plus de 511 hectares avec une moyenne de trois incendies par an et une superficie moyenne annuelle de plus de 24 hectares.

La répartition de ces incendies dans le massif, par canton, est aléatoire et ils sont répartis presque sur tout le massif. L'examen du tableau 2 montre que les cantons Bou-

Rièche, Tinzert, et Bou-Ich sont les plus touchés. En l'espace de 21 ans, ils ont enregistré respectivement 5 foyers, 5 et 4. Alors que leurs superficies brûlées sont faibles et nettement inférieures à la moyenne sauf pour le canton Bou-Ich.

Par ailleurs le canton qui a enregistré, à lui seul, la plus grande surface brûlée, c'est bien celui de Chaabet Said et une petite partie du canton Bou-Riouf avec 225 hectares parcourus par un seul feu. Sur le terrain, ces deux cantons sont colonisés par un maquis de Chêne vert (*Quercus rotundifolia*) mélangé avec le Genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*). Dans quelques endroits c'est ce dernier qui domine. Ce type de peuplement n'est pas aussi vulnérable aux incendies que les pinèdes mais l'incendie a été favorisé par une ambiance favorable à son entretien et à son extension, à savoir un vent violent (sirocco) et une strate herbacée riche et très abondante (notons entre autres, des graminées telles que *Aegylops ovata*, *Cynosurus elegans*, *Echinaria capitata*, etc.)

Puis viennent les cantons, Arrhas, Afghane, Chaabet Khrouf, Hadjar Labiod, Thniet Sefra, Oued-Guebala, Groupe, Makhrouze avec chacun trois incendies. Parmi eux, le canton Oued-Guebala est le plus sensible. En l'espace de 21 ans, plus de 72 hectares ont été consumés par le feu. Cela était dû essentiellement à son non accessibilité par manque de pistes et à son terrain accidenté qui ont rendu les opérations de lutte active difficile voire même impossible par endroit.

Tous les écrits s'accordent pour dire que le pin d'Alep est le plus affecté par les feux. Selon Le HOUEROU (1973) et QUEZEL (1980) c'est le Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) qui est toujours à la portée de la flamme, associé souvent au Chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lamk.) et (ou) Genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*). "La pineraie algérienne est la terre d'élection des incendies" (BOUDY, 1955).

3.1.1.2.1. Les causes des feux

Les incendies de végétation sont rarement dus à des causes naturelles. A Bou-Taleb, depuis 21 ans, on n'a jamais signalé un incendie dû à la foudre qui est la seule cause naturelle connue. Mais c'est l'homme qui, directement ou indirectement, met le feu par ses différentes activités (BOUDY, 1952).

Le bilan qu'on a dressé pour une période de 15 ans depuis 1977 à 1991, période durant laquelle nous disposons de presque tous les renseignements, montre l'importance des feux d'origine déclarée inconnue. Ils représentent 82% des cas, ils ont consumé plus de 409 hectares, soit 94% de la surface brûlée

Viennent ensuite, les feux dus à l'imprudence qui correspond essentiellement aux fumeurs qui jettent des cigarettes ou des allumettes non éteintes, laissant les braises au vent. Cette catégorie de causes est faible à Bou-Taleb, elle représente seulement 6%.

Il ne faut pas oublier de mentionner que les riverains, qui se considèrent comme les seuls habitants et propriétaires de la forêt, qui ont été pénalisés par les gardes forestiers suites aux infractions commises à l'égard de la forêt, comme le pâturage dans les parcelles interdites, ou les délits de coupe de bois, mettent le feu en été par esprit de **vengeance**. Cette catégorie de cause est sûrement incluse dans les inconnues et qui représentent une part considérable.

3.1.1.2.1.2. Evolution des causes des feux dans l'espace et dans le temps

Pour que nos statistiques établies pour la forêt domaniale de Bou-Taleb et pendant une période de 21 ans, soient significatives, on a jugé utile des les comparer avec d'autres statistiques plus anciennes.

La comparaison de nos données actuelles à celles enregistrées avant l'indépendance permettra de connaître l'évolution des causes d'incendies dans l'espace (Tab. 3).

La première constatation qui s'impose est qu'il y a une grande différence entre les deux statistiques. On a une augmentation au niveau des pourcentages des feux d'origine inconnue et diminution au niveau de ceux des feux dus à l'imprudence. Ceci peut avoir les explications suivantes :

- ✓ l'augmentation des causes d'origine déclarée inconnue peut-être due à l'insuffisance des investigations pour déterminer les véritables causes et mener des enquêtes plus rigoureuses.

- ✓ la forêt est moins gardée et plus superficiellement surveillée qu'autre fois. car elle est devenue non productive, voire sans intérêt économique.
- ✓ la diminution du pourcentage des causes dues à l'imprudence peut-être expliquée par le fait, qu'actuellement la forêt est moins habitée, donc délaissée. Alors qu'autrefois, les activités rurales avaient recours plus fréquemment au feu.

La comparaison des statistiques d'incendies actuels avec celles enregistrées il y a plusieurs années peut nous révéler plusieurs enseignements concernant les tendances relevées des causes avec le temps (Tab. 3). Il semblerait qu'avant l'indépendance, le pourcentage des causes inconnues soit inférieur au pourcentage actuel: 37,7% contre 82%. Alors que pour les causes involontaires, le pourcentage 52% est bien supérieur au pourcentage actuel qui est de 17,8%. Mais les gros incendies proviennent des feux allumés volontairement. Cette catégorie représente 7,8% avant l'indépendance contre 0% après. Alors qu'en réalité, cette catégorie de causes serait plus importante si les enquêtes avaient été menées plus rigoureusement par les services concernés, ce qui explique le pourcentage élevé des causes déclarées d'origine inconnue.

Tableau 3. Comparaison des causes des feux (%) et les superficies brûlées durant les deux périodes d'observation 1907-1957 et 1977-1991.

Périodes	1907-1957 (51 années)				1977-1991 (15 années)			
	Nombre	%	Surface brûlée		Nombre	%	Surface brûlée	
(ha)			%	(ha)			%	
Négligence	40	51.9	1115.1241	7.9	8	19.8	25.4700	5.9
Inconnue	29	37.7	543.8502	3.8	37	82.2	409.0831	94.1
Chasseurs	6	7.8	12200.0000	86.2	-	-	-	-
Foudre	2	2.6	290.4500	2.1	-	-	-	-
Total *	77	100	13949.4243	100	45	100	434.5531	100

* La différence dans le total est due à l'absence d'informations pour quelques années; donc, elles ne sont pas inclus dans le calcul.

Signalons aussi que les feux dus à la foudre étaient présents avant l'indépendance avec 2,6% du nombre total des incendies; alors qu'ils sont absents de nos jours. Peut-être est-ce dû au climat qui était plus humide.

3.1.1.3. Moments d'occurrence des feux de forêts

Avant l'indépendance, le déclenchement des incendies est réparti sur toute l'année. Parmi les 77 feux enregistrés à Bou-Taleb, 36 seulement sont déclarés en été; soit un pourcentage de 46,7%. 31 au printemps avec 40,3% et seulement 10, soit 13% en hiver (Tab. 4).

Cette répartition des incendies sur toute l'année peut-être expliquée par le rôle qu'a joué la forêt domaniale de Bou-Taleb vis-à-vis des besoins de la population locale et surtout les fortes exploitations qui ont eu lieu pendant la deuxième guerre mondiale. Selon Boudy (1955), 140 000 stères de chêne vert et pin et 8 300 m³ de bois d'oeuvre de pin ont été exploitées à ces fins.

Tableau 4. Distribution des feux par saison

Période	1907-1957 (51 ans)		1971-1991 (21 ans)	
Saisons	Nombre of feux	Pourcentage %	Nombre of feux	Pourcentage %
Été	36	46.7	56	88.9
Hiver	10	13.0	3	4.8
Printemps	31	40.3	34	6.3
Total	77	100	63	100

Actuellement, la presque totalité des incendies déclarés à Bou-Taleb, soit 88,9% ont lieu en été pendant les mois chauds: Juin, Juillet, Août et Septembre qui correspondent à la période où la forêt est beaucoup fréquentée (pâturage, chasseurs de miel, cueillette et ramassage de fruits). Le reste en faible pourcentage est attribué à la fin du printemps et début de l'hiver, soit respectivement 6,4% et 4,8%.

Notons que la fréquence d'occurrence des feux est la plus élevée en Juillet avec 41% des incendies déclarés seulement en été. La plupart de ces feux sont apparus au cours de la journée. On remarque une concentration des incendies entre 09h et 18h, avec 50 feux, soit 92,6% du nombre total; et plus particulièrement 43, soit 79,6% apparaissent

entre 11h et 17h. 04 seulement soit 7,4% des feux surviennent au cours de la nuit entre 21h et 08h du matin.

Signalons que, si les incendies déclarés de jour sont attribués à l'imprudence de l'homme pendant ses diverses activités quotidiennes, ceux qui éclatent de nuit ne peuvent être que volontaires dans leur majorité (M.H.F., 1987).

3.1.2. Le reboisement de Zenadia

La région de Sétif appartient aux hautes plaines constantinoises du Nord-Est d'Algérie (QUEZEL et SANTA, 1962-1963). Géographiquement, elle se trouve entre 35° 40' et 36° 35' de latitude Nord et 5° et 6° de longitude Est. Avec un taux de boisement d'environ de 16%, le reboisement constitue 38% de la couverture forestière de la wilaya de Sétif. Situé à plus de 1000 m d'altitude, au Nord de la ville de Sétif (Fig. 10), le reboisement de Zenadia, d'une superficie de 192 hectares est limité au Sud par la cité el Guassria et la cité Bel Air ; à l'Est et à l'Ouest par les routes nationales 9 et 75 respectivement. L'âge moyen du peuplement est de 35 ans. Faute de récits écrits disponibles, selon les anciens gardes forestiers, il a été planté pour la première fois entre les années 1954 et 1957 sous la gestion de l'administration des eaux et des forêts. La reprise était en 1964 par le biais de volontariat sous la gestion de la DRS (Défense et Restauration des Sols). Le terrain est accidenté sur des pentes allant jusqu'à 45%. L'exposition dominante est le Nord Est. D'après la configuration du feu, il semble qu'il a été allumé au niveau inférieur du reboisement, proche de la route et qui s'est propagé vers le haut en altitude. Celle-ci varie entre 1050 et 1075 m. Toutes les conditions météorologiques étaient réunies pour la propagation rapide du feu, toutefois, l'intervention rapide des pompiers a été efficace.

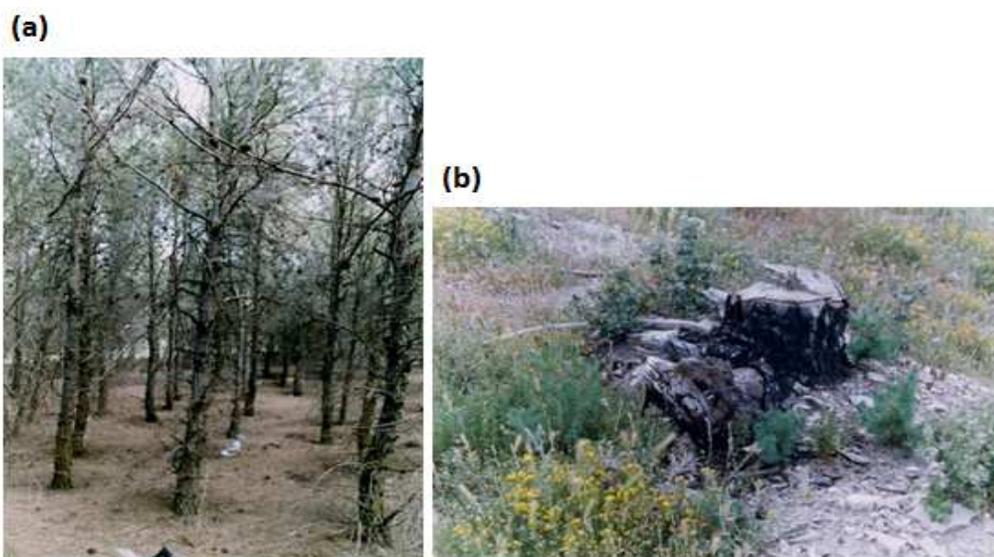


Figure 10. *Le reboisement de Zenadia. (a) Reboisement non brûlé (Témoin) ; (b) Régénération du pin d'Alep après feu. (Photos A. Madoui)*

Du point de vue climatique, la région de Sétif se caractérise par un bioclimat semi aride à hiver froid et reçoit une pluviométrie moyenne de 395,8 mm (1981 et 2004). Le régime des précipitations varie d'une année à une autre. L'année 1982 a connu la plus importante quantité de pluies avec 561,5 mm, et la plus faible quantité de pluies est enregistrée l'année suivante, soit en 1983, avec 200,8 mm (Fig. 2). C'est aussi l'année qui a enregistré le plus grand nombre de feux au niveau national (MADOUI, 2002). La moyenne mensuelle maximale des pluies est notée pour le mois de décembre avec 49,1 mm. ce qui donne un régime saisonnier pour Sétif de type HPAE.

La température maximale (M) atteinte en mois de juillet est de 33,2 °C, alors que la température minimale (m) descend jusqu'au 1,8 °C en mois de janvier. Mesurée au sol, les températures sont plus extrêmes. M atteint 42,3°C et m descend à -2,3°C. La saison sèche, mise en évidence à partir du diagramme ombro thermique de Gaussen, s'étale de mi mai jusqu'au mois de septembre (Fig. 11).

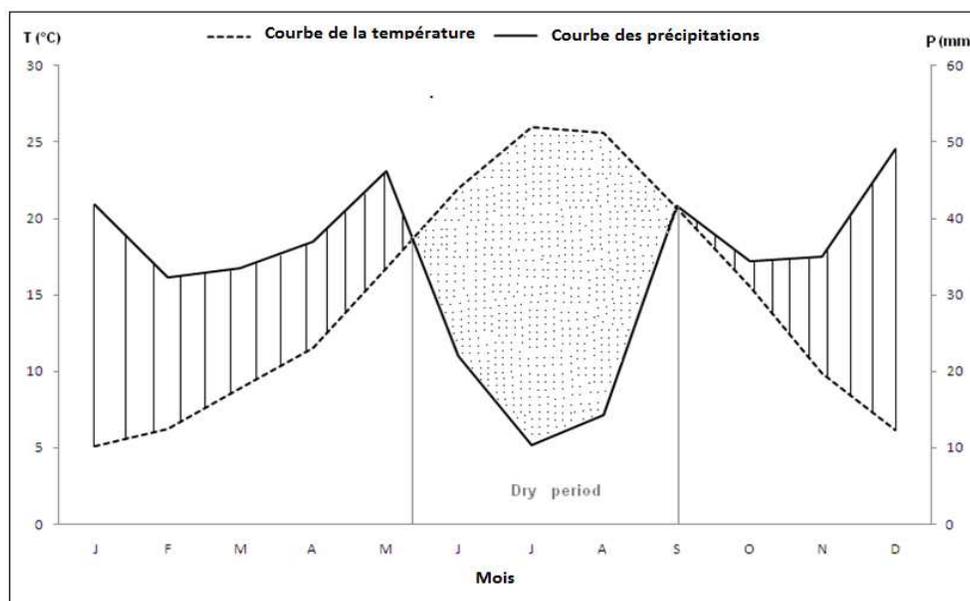


Figure 11. Diagramme ombro-thermique pour Sétif.
Données de 1981-2003 (source : Station météorologique de Sétif)

3.1.2.1. Les feux de forêts à Sétif

En l'espace de 20 ans (1983 - 2002), 392 feux sont survenus dans la région de Sétif en détruisant 3457 ha, à raison de 19,6 feux et 172.85 ha par an en moyenne. La superficie brûlée durant cette période représente 3,39 % de la couverture forestière de la wilaya. Ce chiffre serait surement plus important si on le compare à la superficie reboisée durant la même période. En moyenne, chaque incendie a détruit 8,82 ha et le pin d'Alep est de loin l'espèce la plus affectée.

Les différents départs de feux ont eu lieu durant les quatre mois de l'année (juin, juillet, août et septembre). Cependant le nombre d'incendies le plus élevé est enregistré pendant le mois de juillet avec 41,02%; alors que le mois qui comptabilise le moins d'incendies est celui de septembre. La période allant de 10h à 18h est celle où le nombre de feux est le plus élevé (75%) correspondant à la période où toutes les conditions climatiques sont réunies pour le déclenchement des incendies. Spatialement, la concentration des incendies est localisée dans la zone où la fréquentation de la population est forte c'est-à-dire proche des axes routiers. Tout en notant que la forêt de Zenadia est beaucoup fréquentée par des délinquants.

La majorité des causes d'incendies enregistrés au niveau du reboisement de Zenadia est d'origine inconnue comme d'ailleurs dans toutes les régions d'Algérie (MADOU, 2002). Il est de 72.91 % contre 6.25 % d'origine connue et le reste, soit 20.83 % sont attribués à des causes non attribuées. Ces dernières peuvent être considérées comme inconnues, ce qui totalise le taux des causes d'origine inconnue à 93.74 %. Parmi les causes connues, la majorité sont d'origine accidentelle comme la cigarette ou bien les feux de camps mal éteints en raison de la grande fréquentation de la forêt.

3.1.3. La pinède d'el Mellah au PNEK

A 80 km de Annaba vers l'Est mais faisant partie de la wilaya d'El-Tarf, le parc national d'El Kala, d'une superficie d'environ 80 mille hectares, occupe une position géographique sur la côte de la Méditerranée, non loin de la frontière tunisienne au nord est de l'Algérie. Géographiquement, il est situé entre 36°52' de latitude Nord et 8°27' de longitude Est. Il comprend une grande variété de zones humides (marines et lacustres) d'importance internationale et unique de leurs genres au Maghreb, mais aussi des forêts (WOJTERSKI, 1985). La région montagneuse se trouve dans la région de Bougous, situé au sud du dit parc est caractérisée par un relief à forte pente et une altitude qui varie entre 150 et 1200 m. La végétation du parc est constituée majoritairement de chêne liège suivi par le chêne kermès.

Comptant parmi les régions de l'Algérie la plus arrosée par sa situation, le parc national d'El Kala reçoit, selon les données de SELTZER (1946) pour la période de 1913 à 1938, une moyenne de précipitation de l'ordre de 865 mm dont une quantité tombe en altitude en hiver sous forme de neige. De même, les données récentes donnent une moyenne de 810 mm pour la période s'étalant entre 1984 et 1997. Selon BOUMEZBEUR & BOUTELDI (2005), El-Kala bénéficie d'une forte pluviométrie qui fait d'elle une des régions les plus arrosées d'Algérie, se situant dans l'étage bioclimatique Subhumide chaud, le minimum absolu a été observé en décembre avec 6°C. et le maximum en août avec 39°C. Les vents de Nord-Ouest, les plus dominants et avec une vitesse moyenne variant de 3,3 à 4,8 m/s, apportent les précipitations les plus importantes venues de l'atlantique. A l'opposé, le Sirocco souffle principalement en été venant du Sud-Est, assèche l'atmosphère et favorise, avec les T° élevées, les incendies de forêts.

Le site d'étude est limité au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par les forêts des deux Lacs et de Aïn Khia, à l'Est par la Forêt de Boumalek et l'agglomération du Pont de la République (Melha) et, à l'Ouest, par les plaines de Boutheldja et de Ben M'hidi. Le lac El Mellah, situé à une distance de 10 Km à l'Est de Cap-Rosa, fait partie d'un ensemble de dépressions du complexe de zones humides dit d'El Kala, et à 15 Km à l'Ouest de la ville du même nom.

Le peuplement étudié est un groupement de Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) (Fig. 12) se situe au Nord-Ouest du El Mellah entre 8° 20' de longitude Est et 36°53' de Latitude Nord. Du point de vue pédologique, il est situé sur des sables et des argiles laguno-marins riches en lumachelles ou calcaires issus de la décomposition de coquillages marins. Il occupe environ 2 % de la superficie de la réserve intégrale du Lac Mellah et situant à une altitude de 10 mètres. Étant une espèce essentiellement calcicole, le peuplement de pin d'Alep (*Pinus halepensis*) dans la région du lac el Mellah constitue par sa présence une curiosité floristique sur les dunes en compagnie du chêne liège (Fig. 13). Détruit en grande partie par les incendies du mois d'août 2000, ce qui nous a permis d'étudier la résiliation de ce peuplement à la perturbation naturelle et suivre sa reconstitution après feu.

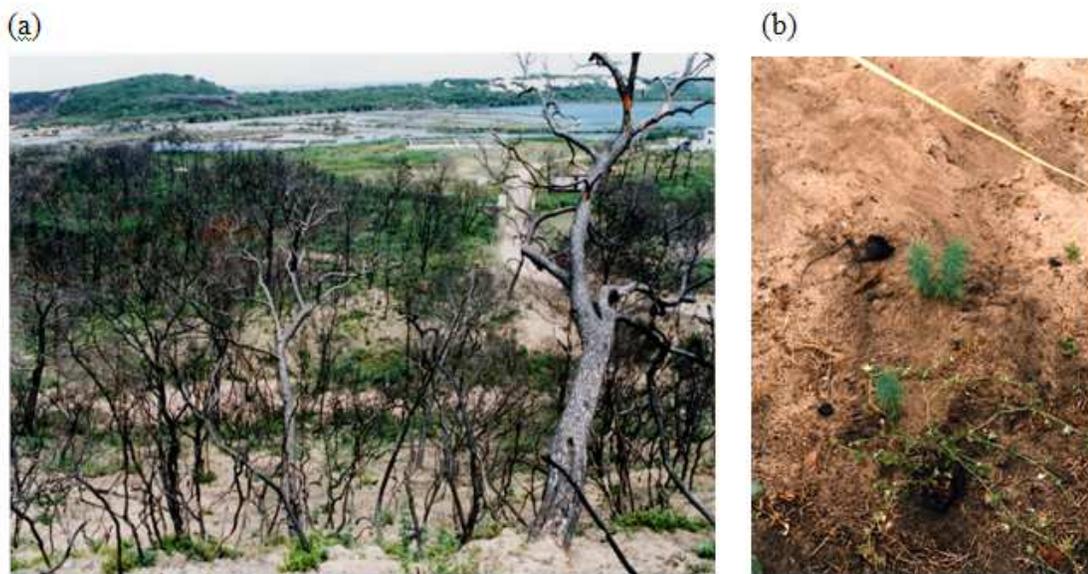


Figure 12. La pinède d'El Mellah au Parc national d'El Kala. (a) vue générale. (b) régénération du pin sur dune une année après feu. (Photos A. Madoui)

La survie de ce groupement de pin d'Alep aux feux permettrait d'une part d'assurer sa pérennité et d'autre part préserver la biodiversité de cette réserve dans cette région de l'Algérie.

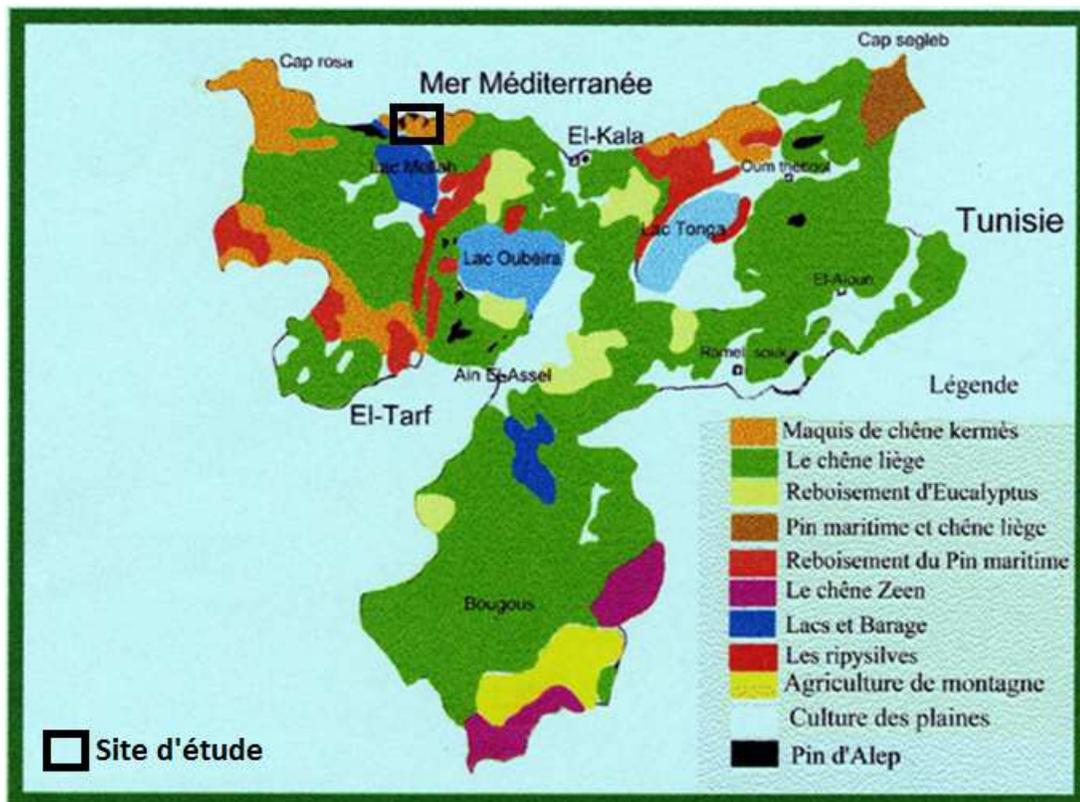


Figure 13. Carte de végétation du parc national d'El Kala.
(Source PNEK)

3.1.2.1. Les feux de forêts dans le PNEK

La région nord-est d'Algérie est la plus affectée par les feux comme ça été démontré dans le chapitre II. En l'espace de 10 années, entre 1992 et 2001 (DGF, 2002), 297 081 ha ont été brûlés. Le nombre de feu le plus élevé et la superficie la plus touchée sont enregistrés en 1994 (Fig. 14). L'année est connue par ses conditions exceptionnelles qu'a traversées l'Algérie.

Toute fois, l'année 2000 était la plus catastrophique du point de vue impact sur l'environnement. Environ 3000 hectares de différents types de forêts qui constituent le tapis végétal du Parc national d'el Kala a été ravagé par les incendies durant les mois d'Août et Septembre de cette année. Ces incendies ont touché même le parc animalier de

Brabtia dont 8 individus de Cerf de Berbérie, espèce endémique de la région, ont péri et dont le parc constitue leur unique refuge. Tout le paysage qui entourait les lacs est devenue en quelques jours seulement un vaste étendu noirci par les cendres et détruisant ainsi toute la verdure qui y régnait. À l'époque, une telle superficie brûlée avec les dommages qu'elle a engendrés aurait eu des répercussions sur l'équilibre écologiques de la région si aucune intervention urgente n'avait été mise en place à cours terme. Ceci concerne essentiellement l'interdiction stricte du pâturage pour permettre à la végétation de se reconstituer. Ce dernier est très fréquent dans le parc d'El Kala.

Les derniers travaux réalisés en Algérie (MADOU, 1995 ; MADOU et GEHU, 2002) ont montré qu'après incendie suivi d'un pâturage, les pinèdes brûlées ne retournent plus à leur état pré incendie et restent bloquée en état de matorral bas dominé par les chaméphytes. Ce qui était à craindre dans le parc national d'el Kala où les répercussions seront aussi bien écologiques qu'économiques si on se réfère aux subéraies, seule source de liège. Ces dernières souffrent déjà de la régénération naturelle par semis. Les dents des animaux aussi bien bovins, ovins et même caprins sont la principale cause.

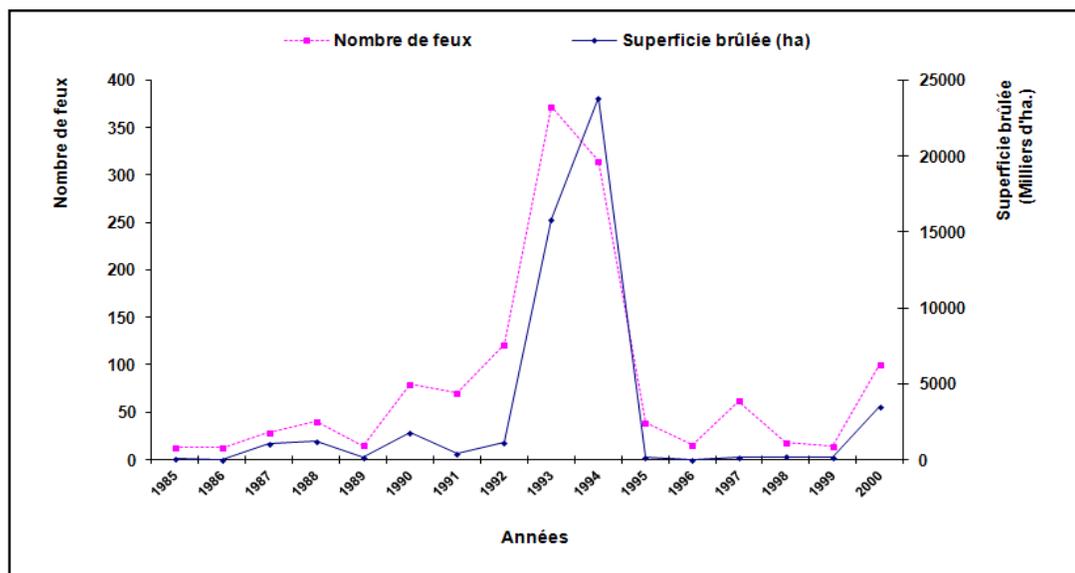


Figure 14. Évolution du nombre de feux et de la superficie brûlée au cours du temps au parc national d'El Kala (1985-2000). (Source des données : PNEK)

Méthodologie

Chapitre IV. Méthodologie

4.1. Les sites d'études

Trois sites ont fait l'objet de cette étude. La forêt de Bou-Taleb, le reboisement de Zenadia et la pinède d'el Mellah au PNEK. Les trois sites se diffèrent essentiellement par la nature de leur peuplement et le climat. Les deux peuplements de Bou-Taleb et du PNEK sont naturels d'âge mature, multistrates et un peuplement artificiel (reboisement), celui de Sétif dont l'âge des arbres ne dépasse pas les 40 ans.

4.2. Types de données et méthodes d'analyse

Deux types de données ont été récoltées lors de plusieurs sorties sur terrains (Tab. 5, 7 et 8). Des données qualitatives et des données quantitatives. Par données qualitatives, nous entendons les données floristiques (Liste d'espèces); tandis que les données quantitatives concernent le suivi de la régénération après feu de pin d'Alep au cours des années du point de vue densité (nombre de plants par unité de surface qui est dans notre cas de 25 m², mais rapportée au m² ou à l'hectare lors de la discussion) ainsi que du point de vue croissance, par la mensuration de la hauteur maximale et la hauteur minimale des semis des pins pour suivre leur évolution au cours du temps. Ces deux dernières mesures ont été effectuées qu'une seule fois par relevés et ça concerne deux individus, le plus haut et le plus bas. On assume que l'individu le plus haut est le premier qui s'est régénéré et le plus bas, le dernier. Cette façon de faire permettrait d'avoir une idée sur la croissance en hauteur des pins d'une part, et leur régénération avec le temps d'autre part.

Pour l'étude qualitative, des relevés floristiques, selon la méthode de Braun-Blanquet (GUINOCHET, 1973), ont été effectués suivant un échantillonnage subjectif en fonction des conditions du milieu (Exposition, pente et altitude) et la structure de la végétation (Dense ou claire) et ceci pour les trois zones d'étude. L'échantillonnage subjectif consiste à choisir l'emplacement du relevé selon l'homogénéité apparente de la végétation (GOUNOT, 1969), homogénéité floristique, structurelle et stationnelle. Le nombre de relevé effectué dans chaque site dépend de la superficie brûlée et des

conditions physiques de l'aire du feu. La surface du relevé (l'aire minimale) varie entre 100 m² (10 x 10 m.) et 200 m² (10 x 20 m.). C'est au niveau de la végétation témoin du site de Zenadia où l'aire du relevé est la plus élevée en raison de son homogénéité spatiale. En région méditerranéenne, BENABID (1984), suggère une aire de 100 à 400 m² pour les groupements forestiers et de 50 à 100 m² pour les formations préforestières (Matorral).

Les espèces de chaque relevé sont affectées du coefficient d'abondance-dominance (GEHU & MARTINEZ 1980). Le niveau taxonomique retenu est en général celui de l'espèce et parfois de la sous-espèce telle qu'elles sont décrites par QUEZEL et SANTA (1962-1963). Les espèces sont déterminées à partir des flores disponibles, à savoir la dans la *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques* (QUEZEL et SANTA, 1992-1963), *Flore du Sahara* (OZENDA, 1977), *Flore de France* (GUINOCHET et VILMORIN, 1975).

Le nombre de relevés effectués dans chaque site n'était pas assez élevé pour faire appel aux techniques d'analyses multi variables de type Analyse factoriel des correspondances ou autres. Nous avons par contre opté pour la méthode des tableaux (Gounot, 1969 ; Guinochet, 1973) qui nous permettra un regroupement manuel des relevés selon leur affinité à tel ou tel stade post-incendie. Cette méthode permet de mettre en évidence l'évolution de la végétation en fonction du temps depuis feu en comparant des relevés appartenant à différents états après feu. Pour pouvoir comparer plusieurs relevés du même temps depuis feu avec les relevés de la végétation témoin, nous avons procédé à un regroupement des relevés qui appartiennent à un même temps depuis feu en un seul relevé, moyen, représentant un état floristique à un âge donnée après feu (Madoui *et al.*, 2006). Ainsi, dans ce relevé moyen, la présence de l'espèce est notée selon sa fréquence dans chaque état en l'affectant par les coefficients d'abondance-dominance. Par exemple *Pinus halepensis* 3⁺²³ signifie que l'espèce est présente trois fois avec des coefficients d'abondance-dominance (+), (2) et (3). Cette façon de faire permettra d'avoir, pour chaque espèce dans le relevé, une ``image`` de sa fréquence et son abondance-dominance.

Pour suivre l'évolution de la végétation entre les différents états post-incendie, nous avons insisté sur deux paramètres que nous avons jugé les plus importants. La richesse floristique et sa variation spatiale inter états après feu.

La richesse floristique, qui correspond au nombre total des espèces rencontrées lors de l'inventaire floristiques, a été déterminée pour chaque état mise en évidence par le relevé moyen. En premier lieu, en prenant en compte la totalité des espèces quelque soit leur formes biologiques, puis les espèces prises séparément selon les types biologiques pour lesquels elles appartiennent. Cinq types biologiques ont été identifiés (ELLENBERG ET MUELLER-DOMBOIS, 1965-1966), à savoir les Phanérophytes, les nanoPhanerophytes, les Chaméphytes, les Hémicryptophytes, les Géophytes et les Thérophytes. Pour mettre en évidence l'importance de la forme ligneuse des plantes de la forme herbacée dans la reprise végétative après feu, une autre distinction a été faite pour l'ensemble des espèces, soit des ligneuses, regroupant les Phanérophytes, les nanoPhanerophytes et les Chaméphytes, des vivaces, les Hémicryptophytes et les Géophytes et en enfin les annuelles regroupant les Thérophytes.

En ce qui concerne la variation spatiale, elle est déterminée par la comparaison floristique inter états (relevé moyen) après feu pris deux à deux. Pour cette comparaison, il a été utilisé l'indice de similitude floristique de SÖRENSON (1948 in LEGENDRE et LEGENDRE, 1998) selon la formule $Is = \frac{2c}{2c+a+b}$, où a= nombre d'espèces de l'état après feu, le b = nombre d'espèces de l'état témoins et c = nombre d'espèces communes entre les deux états a et b. Plus la valeur du coefficient s'approche de 1 ou 100%, plus la similitude floristique entre les états comparés est forte.

Quant aux données quantitatives, elles ont été récoltées uniquement dans le reboisement de Zenadia à Sétif et la pinède d'el Mellah au PNEK. Ces données consistent au comptage du nombre de plants de pin régénérés dans une surface de 25 m² ce qui nous donne la densité. De même, les hauteurs maximales du plant le plus haut et les hauteurs minimales (uniquement pour le reboisement de Zenadia) du plant le plus haut et le plus petit ont été mesurées. Un double mètre pliable a été utilisé pour cette fin. Les données ont été répétées au cours du temps pour étudier l'évolution de ces deux variables. Elles sont représentées dans les tableaux sous forme de moyennes plus l'erreur standard.

Pour trouver une explication à la variabilité spatiale de la densité de pins régénérés à l'intérieur de l'aire du feu dans le site de Zenadia, une analyse en composantes principales (ACP) avec le logiciel JMP 7.0.1 (SAS institute inc.), suivie par des corrélations ont été effectuée avec la densité de pins régénérés 3 ans après feu et des

variables explicatives tels que le recouvrement de la strate herbacée, la pente, l'exposition, le type du sol et le pâturage.

4.2.1 La forêt de Bou-Taleb

Pour le peuplement naturel de pin d'Alep de Bou-Taleb, seules les données qualitatives ont été récoltées (MADOUÏ, 1995). Les données utilisées pour ce site sont celles récoltées pendant notre mémoire de magister. Précisément, se sont les données des peuplements du nord-ouest de la forêt (Tab. 5).

L'objectif de cette étude dans ce site de Bou-Taleb est d'étudier l'effet du feu sur un peuplement naturel de pin d'Alep. Comme l'étude devrait se réaliser en un temps limité, l'approche indirecte ou comparative (PAVILLARD, 1935 in ESCARRE *et al.*, 1983) a été utilisée. Cette approche comparative (appelée aussi synchronique en opposition à l'approche directe dite diachronique) permet d'analyser les variations spatiales de la composition floristique ainsi que de la structure des peuplements qui se retrouvent présents dans un espace donné en un temps donné et qui ont subi une perturbation de même nature mais à des dates différentes. La reconstitution de la dynamique végétale par cette approche implique que certaines conditions soient remplies et dont certaines sont parfois difficilement vérifiables et qui constitue le point faible de cette méthode. Voir ESCARRE *et al.*, (1983) pour plus de détails. Toute fois, malgré ses inconvénients, et faute de pouvoir suivre une succession sur tout son parcours, l'approche comparative reste la seule méthode qui permet une vision globale du problème dans un temps raisonnable.

Dans les peuplements naturels de Bou-Taleb, 20 relevés ont été réalisés pour l'inventaire floristique. Seize dans les parcelles brûlées ; les autres sont effectués dans des peuplements servant de témoin, représentant une végétation non brûlée. Dans la majorité des cas la végétation témoin est celle qui n'a pas été touchée par le feu ou bien celle qui est périphérique de l'aire du feu. Il faut rappeler que le feu, quelque soit sa sévérité, il épargne toujours une partie de la végétation sous forme d'îlots, appelés îlots ou habitats

résiduels de diverses formes et tailles dépendamment des conditions du milieu (relief) et les conditions météorologiques qui ont eu lieu durant le feu (MADOUÏ *et al.*, 2010). En forêt boréale, cette partie de la végétation épargnée par le feu a été estimée par MADOUÏ *et al.* (2010) en moyenne à 10,4% de la taille du feu avec un maximum pouvant atteindre les 22%.

Quatre états ont été identifiés au Nord-Ouest de la forêt de Bou-Taleb (Tab. 6) : (i) l'état I regroupe les relevés effectués dans une végétation récemment brûlée depuis 2 à 3 ans, (ii) l'état II correspond à la végétation brûlée depuis 4 ans, (iii) l'état III correspond à celle brûlée depuis 7 à 8 ans et (iv) l'état IV regroupe les relevés relatifs à la végétation brûlée depuis 33 ans ainsi que celle qui n'a pas été brûlée (témoin). On a assumé qu'après 33 ans, il n'aura pas de différence entre la végétation issue d'un feu et celle non brûlée. Par la méthode des tableaux, les relevés appartenant à chaque état ont été regroupés en un seul relevé moyen qui représente chaque état après feu (Tab. 9 en annexe).

Tableau 5. Nombre de relevés floristiques par états utilisés dans les peuplements naturels de Bou-Taleb

	Années après feu	Nombre de relevés
États I	2 – 3 ans	4
États II	4 ans	5
État III	7-8 ans	5
État IV	33 ans et témoins	6

4.2.2. Reboisement de Zenadia

L'étude est réalisée dans le grand incendie de 1997 qui a détruit sept hectares de forêt de pin d'Alep sur une colline. Il est situé le long de la route nationale menant vers le nord. En exposition dominante Nord-est, et en pente forte dépassant les 40% par endroit. La végétation brûlée est principalement le Pin d'Alep en mélange avec le cyprès. On y trouve aussi des sujets épars de chêne vert. À l'intérieur de l'aire brûlée, deux types de données ont été récoltées, l'une qualitative concernant la flore et l'autre quantitative concernant la régénération de pin d'Alep.

Dans le site de Zenadia, l'altitude n'a pas été prise en compte comme paramètre important dans notre échantillonnage car il n'y pas de grande différence altitudinale significative à l'intérieur de l'aire du feu. Alors que pour l'étude de la régénération des semis de pin d'Alep après feu, nous avons compté le nombre de plantule qui ont poussé après feu dans un carré de 25 m² (5m x 5m), et ceci à l'intérieur de chaque aire du relevé floristique. L'étude floristique ainsi que le comptage des semis régénérés a été fait en 2000, soit trois ans après feu ; quant à la régénération du pin d'Alep, elle a été aussi suivie dans le temps en 2001, 2003, 2005 et 2007. Nous disposons donc des données à 3, 4, 6, 8 et 10 ans après feu (Fig. 7). De même, la hauteur maximale et la hauteur minimale des plantules ont été mesurées durant ces années (Tab. 7). Comme la régénération n'était pas uniforme, nous avons concentrée notre étude sur la partie la mieux régénérée. Trois comptages des plantules et mensurations de leurs hauteurs ont été fait par an dans cette partie du l'aire du feu, soit 15 relevés. Ce nombre est jugé suffisant vu l'homogénéité écologique de ce milieu étudié.

Pour fin de comparaison, des relevés floristiques dans le reboisement non touché par le feu servant de témoins ont été réalisés. Au total, nous disposons de 15 mensurations pour les plantules régénérées et de 23 relevés floristiques dont 14 réalisés dans des sites brûlés 3 ans après feux et 9 dans le reboisement qui n'a pas été brûlé (témoin). Le reboisement témoin est celui qui se trouve à la périphérie du feu tout en évitant l'effet de lisère ; soit la périphérie nord, ouest et sud du feu.

Tableau 6. Types de données et l'année de récolte au niveau de la forêt de Zenadia

Année	Richesse floristique	Nombre de semis régénérés	Hauteur maximale	Hauteur minimale	Observation
2000	✓	✓	✓		Dans toute l'aire brûlée
2001		✓	✓	✓	Dans la partie la mieux régénérée
2003		✓	✓	✓	
2005		✓	✓	✓	
2007		✓	✓	✓	

Pour comparer la végétation du reboisement après feu avec le reboisement non brûlé (témoin), nous avons regroupé les 14 relevés appartenant à l'état trois ans après feu et ceux des reboisements témoins en un seul relevé moyen pour chaque état (Tab. 13 en annexe). Ainsi, nous disposons de deux états, un avant feu (témoin) et l'autre après feu.

La régénération du pin d'Alep n'est pas uniforme dans l'aire du feu et pour trouver une explication à la variabilité spatiale de la densité de pins constatée à l'intérieur de l'aire du feu, nous avons fait une analyse en composantes principales (ACP) avec le logiciel JMP 7.0.1 (SAS institute inc.). L'analyse s'est portée sur la densité de pins régénérés 3 ans après feu et des variables explicatives tels que le recouvrement de la strate herbacée, la pente, l'exposition, le type du sol et le pâturage.

4.2.3. La pinède d'El Mellah du parc national d'El Kala

Le site, qui se trouve au PNEK, il faut bien le rappeler s'éloigne de Sétif sur plus de 400 kms. La campagne de terrain s'est étalée sur trois années : 2001, 2002 et 2005 soit une année, deux ans et cinq ans après les grands feux de l'année 2000. Ces feux ont détruit plus de 2000 hectares et ont brûlé divers milieux dans le parc. Bien que nous ayons échantillonné différents types de peuplements dans le parc, à savoir du chêne liège, chêne kermès, eucalyptus, nous ne sommes limités dans cette thèse à la pinède de lac El Mellah pour essayer de la comparer avec celle de Bou-Taleb et le reboisement (peuplement artificiel) de Zenadia (Sétif). La récolte des données de la végétation régénérée après feu est basée sur le relevé floristique. Au total, onze relevés floristiques, selon la méthode sigmatiste, ont été réalisés dans ce site en suivant un échantillon subjectif. Neuf relevés dans les parcelles après feu et seulement deux relevés dans une pinède âgée non brûlée servant de témoin. Dans l'aire du feu, trois relevés ont été réalisés à chaque sortie. Le nombre limité des relevés était imposé par la faible superficie brûlée et les conditions stationnelles du milieu (pente, altitude, recouvrement du peuplement). Bien que d'autres relevés aient été réalisés dans l'exposition sud, nous avons choisi, par contre, de ne traiter que les relevés de l'exposition nord pour garder l'homogénéité écologique dans nos échantillons et pouvoir les comparer avec ceux du nord de Bou-Taleb et ceux du nord de Zenadia.

A l'intérieur de l'aire minimale du relevé floristique, le nombre de semis de pin d'Alep régénéré a été compté dans un carré de 25 m² (5m x 5m) ainsi que la mensuration de la hauteur maximale (Tab. 8).

Les trois relevés du même stade après feu ont été regroupés en un seul relevé moyen (Tab. 15 en annexe). En effet, nous avons un état représentant un stade récent, un an après feu ; un état de deux ans après feu et un autre état de cinq ans après feu. L'état témoin (peuplements non brûlé) est représenté par deux relevés.

**Tableau 7. Types de données et l'année de récolte au niveau du site d'el Mellah
(PNEK)**

Année	Richesse floristique	Densité de pins (nb/25m2)	Hauteur maximale
2001	✓	✓	✓
2003	✓	✓	✓
2005	✓	✓	✓
Témoin	✓		

Résultats et discussion

Chapitre V : Résultats et discussion

5.1. La forêt de Bou-Taleb

5.1.1. Evolution de la richesse floristique

L'observation de la figure 16, montre que la richesse floristique est maximale à l'état II (4 ans) qui suit le feu avec 122 espèces soit 71% de la totalité des espèces inventoriées. Cette richesse floristique décroît de moitié avec un nombre de 62 espèces enregistrées à l'état III (7 et 8 années après feu), soit 36%. A partir de cet état, il y a tendance à une stabilisation du nombre de taxons. Ce résultat suit le modèle général tel qu'il a été constaté par TRABAUD (1980) et TRABAUD et LEPART (1980). Les taxons apparaissent graduellement ; elles sont peu nombreuses pendant les premières années après feu, puis cette richesse floristique atteint un maximum diminue et tend à se stabiliser. Le nombre généralement élevé de taxons pendant les premières années peut être attribué à l'ouverture du couvert végétal créé par le feu, à la disparition des concurrents et à la richesse minérale de la couche supérieure du sol. Ce sont parmi d'autres les conditions qui accroissent les potentialités d'accueil du milieu pour de nombreuses taxons (BISWELL, 1974; TRABAUD et LEPART, 1980 ; NE'EMAN & IZHAKI, 1999 ; TSITSONI, 1997 ; CAPITANIO & CARCAILLET, 2008).

La courbe tracée avec uniquement les taxons dont la fréquence (f) est supérieure à 1 présente la même tendance mais plus aplatie et avec un léger pic au niveau de la quatrième année. Ceci montre clairement que se sont les taxons exogènes des pineraies qui sont responsables de la richesse floristique importante remarquée essentiellement aux premières années suivant l'incendie. Ce sont donc ces mêmes taxons qui disparaîtront par la suite au fur et à mesure que le peuplement vieillit et la végétation se referme.

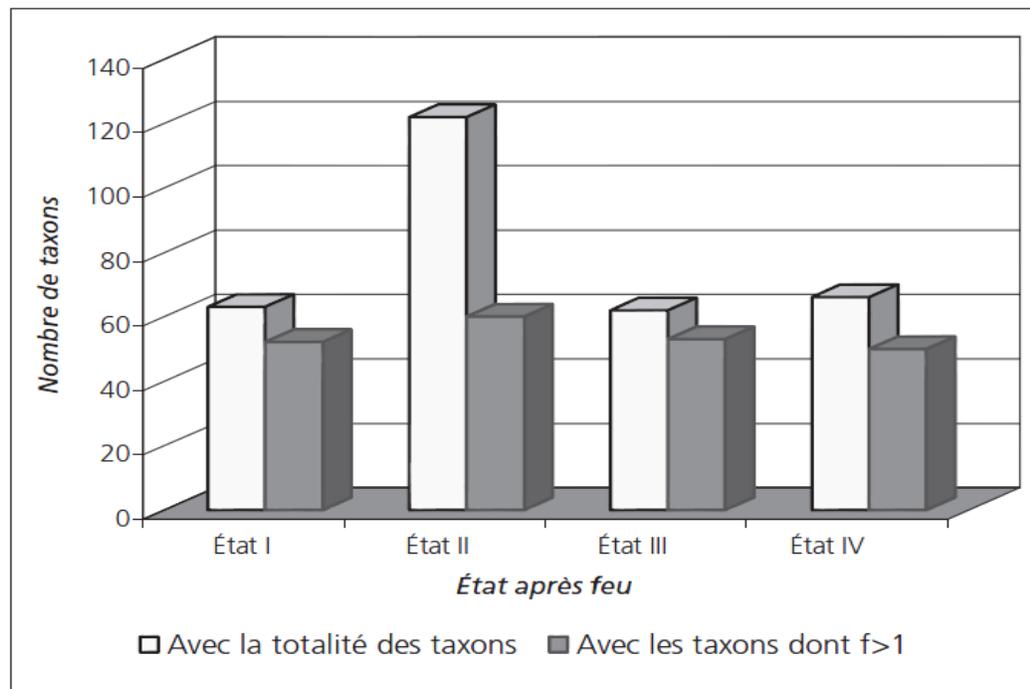


Figure 15. Évolution après feu de la richesse floristique au cours du temps

Cette évolution du nombre de taxons n'est pas due à l'ensemble de la flore et pour l'illustrer, il est utile de représenter l'évolution de la richesse floristique en tenant compte des différents types biologiques.

Le tableau 9 relatif aux taxons ligneux, vivaces et annuels représente clairement l'importance de chaque type biologique à chaque stade et leur rôle dans l'évolution de la richesse floristique après incendie.

Tableau 8. Évolution post-incendie des types biologiques au cours du temps

	Thérophytes		Hémicryptophytes		Géophytes		Chaméphytes		Nanophanérophytes		Phanérophytes	
État I (2-3 ans)	21	14*	18	16*	05	03*	08	08*	07	07*	04	04*
État II (4 ans)	46	18*	30	16*	08	04*	23	10*	10	08*	05	04*
État III (7-8 ans)	20	17*	17	15*	03	02*	09	07*	09	08*	04	04*
État IV (33 ans-T)	24	14*	19	15*	05	03*	08	08*	06	06*	04	04*

(*) Avec les espèces dont f>1

Les figures 17 et 18 correspondant respectivement à celles tracées avec l'ensemble du cortège floristique et uniquement pour les taxons dont $f > 1$, montrent la constance relative de la composante pérenne dans la reconstitution post-incendie des pineraies au niveau des états adultes depuis même le premier état. Ceci est clair beaucoup plus pour les nanophanérophytes et les phanérophytes et légèrement pour les géophytes. Par contre pour les thérophytes, les hémicryptophytes et les chaméphytes, ils montrent la même tendance après une augmentation au niveau de l'état II (4 ans) après incendie, ils diminuent à l'état III (7-8 ans) puis évoluent pour reprendre leur importance des premières années.

Même en prenant en compte uniquement les taxons dont la fréquence est supérieure à un nous remarquons la même tendance mais de très faible fluctuation de la courbe des différents types biologiques. L'accroissement des taxons à l'état II est favorisé par les conditions du milieu créés après le passage du feu, à savoir enrichissement en éléments minéraux de la couche superficielle du sol et l'élimination de la strate épigée qui permettent aux taxons héliophiles, exogènes à la communauté, de profiter du milieu ouvert temporairement alors que leur régression à partir de 7-8 ans est due essentiellement à la concurrence interspécifique imposée aux herbacées par le sous-bois des pinèdes.

La courbe relative aux taxons ligneux montre une stabilisation depuis la deuxième année suivant le feu. Après une légère augmentation à l'état II (4 ans), les ligneux augmente avec un maximum de 22 au niveau des vieux états et témoins. Cette diminution peut être attribuée au développement des ligneux haut de type phanérophyte qui gagnent de plus en plus de recouvrement avec l'âge ce qui provoque l'élimination du sous-bois faute de lumière.

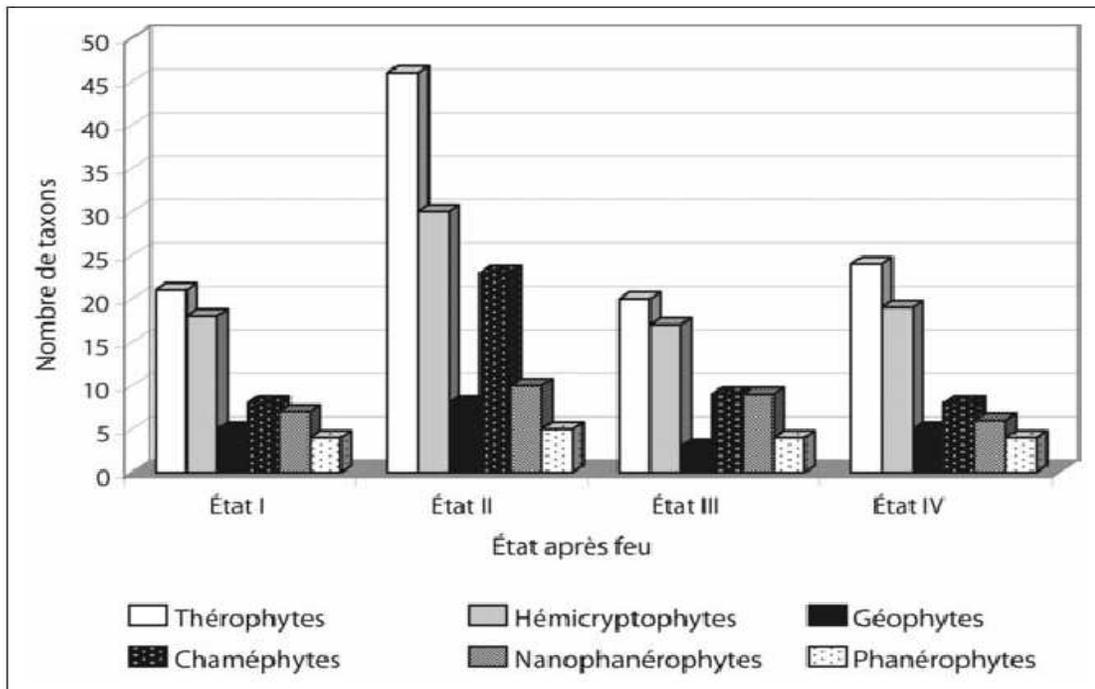


Figure 16. Évolution après feu des types biologiques au cours du temps pour la totalité des espèces.

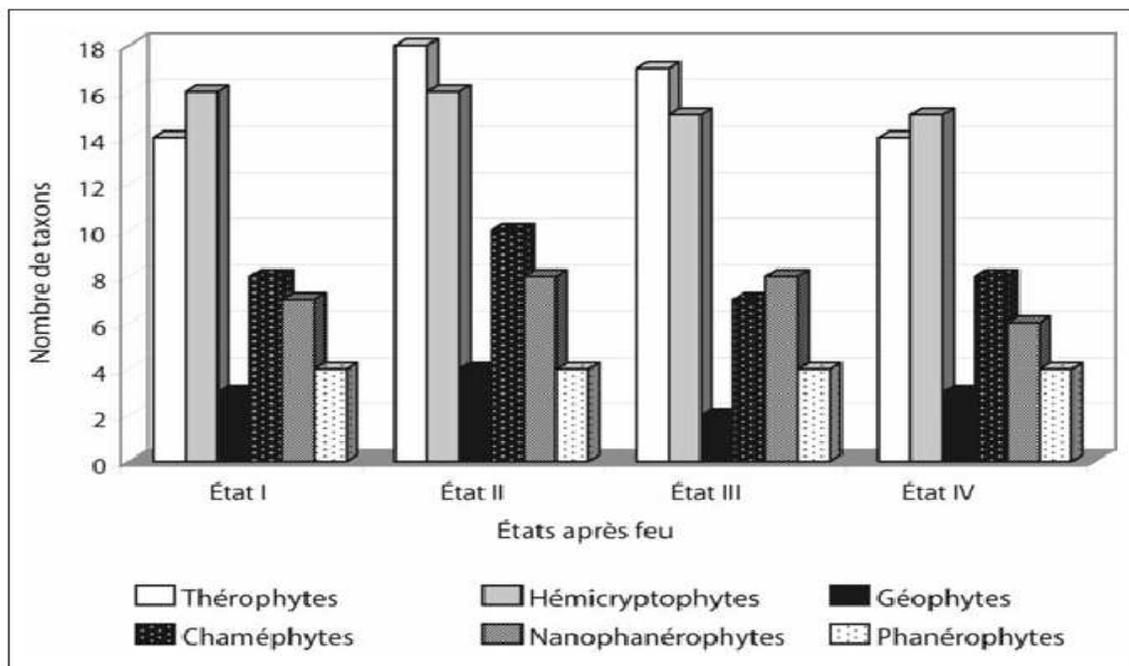


Figure 17. Évolution après feu des types biologiques au cours du temps pour les espèces dont la fréquence est supérieure à 1.

5.1.2. La similitude floristique entre les différents états après feu

L'analyse de la matrice de similitude (Tab. 10) entre les différents stades suivant le feu montre que le degré de ressemblance entre les différents états varie entre 38 et 59%. Il atteint son maximum entre les états de 7-8 ans après feu et celui de 33 ans et témoin avec un coefficient de 59%. La similitude la plus faible est observée entre les états de 4 ans et l'état final (33-témoin) avec un coefficient de 38%. Cependant la similitude est beaucoup plus importante si nous considérons uniquement les taxons dont leur fréquence est égale ou supérieure à 2. Dans ce cas, elle est toujours supérieure à 65% et atteint une valeur maximale de 74 entre l'état 7-8 ans après feu et celui de 33 ans et le témoin. Ceci explique clairement l'importance des taxons exogènes (accidentels) dans la reconstitution post incendie. Les similitudes de plus en plus importantes au cours de succession montrent que plus les pinèdes du versant nord avancent en âge, plus elles se ressemblent et retrouvent leur état antérieur et qu'à partir de 7 ans, la reconstitution des pinèdes du versant nord est totale. Du point de vue floristique, et nous nous tenons compte que des taxons dont $f > 1$, nous avons 71% de similitude entre le premier état (2-3 ans) et le dernier (33-témoin). Ceci montre clairement que se sont les mêmes taxons existant avant le feu qui réapparaissent après.

Tableau 9. Matrice des coefficients de similitude floristique de Sørensen calculés entre les différents états après feu.

	État I		État II		État III	
État I (2-3 ans)						
État II (4 ans)	0,44	0,73*				
État III (7-8 ans)	0,58	0,69*	0,45	0,73*		
État IV (33 ans -T)	0,56	0,71*	0,38	0,65*	0,59	0,74*
(*) Avec les espèces dont $f > 1$						

5.1.3. Evolution de la composition floristique après feu

Sur le tableau 11 (en annexe), apparaissent différents groupes de taxons qui caractérisent différents stades de végétation. Un nombre important de taxons semble indifférents au passage du feu et se rencontrent à tous les états.

1- Le premier groupe représente l'état jeune correspondant de la troisième à la quatrième année après feu. Les espèces dominantes de ce stade sont essentiellement des annuels qui représentent plus de 72%. Les plus caractéristiques de ce stade sont principalement : *Cirsium acarna*, *Linum strictum*, *Carlina lanata*, *Minuartia montana*, *Hirschfeldia incana*, *Galactites tomentosa*,

2- Le deuxième groupe concerne les taxons qui caractérisent un état beaucoup plus mur. Ils se trouvent à partir de deux années jusqu'aux huit ans. Parmi ces taxons, citons : *Scleropoa rigidam*, *Lotus creticus ssp collinis*, *Filago spathulata*.

3- Le troisième groupe concerne les taxons de l'état avancé, plus mûr, depuis 4 ans et se rencontrent dans la végétation témoin non touchée par le feu. Nous citons parmi eux : *Paronychia argentea*, *Dianthus caryophyllis ssp virgineus*, *Helianthemum croceum*, *Echinaria capitata*, *Genista pseudo-pillosa*.

4- Le dernier groupe concerne les taxons qui paraissent indifférents au passage du feu ou s'en trouvent plutôt favorisés, et qui se rencontrent à tous les états. Nous pouvons citer : *Teucrium pollium ssp capitatum*, *Pinus halepensis*, *Phillyrea angustifolié*, *Juniperus phoenicea*, *Juniperus oxycedrus*, *Quercus rotundifolia*, *Cistus villosus*, *Genista microcephalla*, *Allium paniculatum var typicum*, *Helianthemum cinerea ssp rubellum*, *Centaurea parviflora*, *Cynosurus elegans*. Parmi les taxons qui ont une présence à tous les stades et qui sont en nombre 26, vingt sont des pérennes, soit 77% dont la moitié sont des ligneux.

5.1.4. Conclusion

Après le feu, la majorité des taxons végétales des pineraies de *Pinus halepensis* Mill. de la forêt domaniale de Bou-Taleb apparaissent dès les premières années qui suivent le feu. La similitude entre les états atteint son maximum entre l'état III après feu et l'état IV et le minimum s'observe entre l'état II et l'état IV. Cependant la similitude est beaucoup plus importante si nous considérons uniquement les taxons dont leur fréquence est égale ou supérieure à 2; dans ce cas là, elle atteint une valeur maximale de + 73 % entre l'état III après feu et l'état IV.

Ce sont les mêmes taxons qui existaient avant le passage du feu qui s'installeraient après, mais d'une manière progressive, sans qu'il y ait réellement succession des communautés comme ça été observée dans tout le bassin méditerranéen. Cette recolonisation se réalise selon trois étapes principales:

1^{ère} étape, concerne tous les taxons qui apparaissent après les premiers mois du passage du feu. Elles caractérisent les stades jeunes, jusqu'à la quatrième année. Les thérophytes, taxons exogènes dominent ce stade.

2^{ème} étape, concerne les taxons plus ou moins "intermédiaires" qui ne se rencontrent qu'après plusieurs années après le feu, mais ils sont absents dans les stades adultes. Ces taxons "intermédiaires" doivent être prises avec prudence du moment que nos relevés n'appartiennent pas à la même parcelle, mais qu'il s'agit d'un résultat obtenu par une comparaison synchronique dont plusieurs autres facteurs écologiques peuvent exercer leurs influence. Par ailleurs, ils peuvent constituer, probablement, une communauté stable maintenue par la périodicité du feu ou (et) le pâturage qui est aussi très fréquent à Bou-Taleb.

3^{ème} étape, concerne les taxons rencontrés dans des stades adultes de la végétation et même se rencontrent dans la végétation témoin "non brûlée". Il s'agit essentiellement des taxons ligneux de type phanérophytes, nanophanérophytes et chaméphytes. Ces taxons

ne sont pas étrangers à la communauté, mais c'est à ces stades qu'elles apparaissent en abondance et montrent un bon développement. Ceci montre, qu'après un certain temps (7 ans), les pineraies brûlées du versant nord de Bou-Taleb, retournent à leur état antérieur qui existait avant et leur composition floristique semble identique à celle non touchée par le feu.

En dehors de tous ces taxons caractérisant les différents états après le feu, signalons l'existence dans les pineraies étudiées d'un groupe important de taxons qui se montrent indifférentes à l'action du feu et se rencontrent à tous les états. Elles constituent le fond même de la végétation du massif et donnent la physionomie du paysage. Même si leur nombre est faible, ils sont dominants par leur abondance. Il s'agit, essentiellement des taxons vivaces ligneux, qui se régénèrent par voie végétative, à partir de souches (*Quercus*, *Phillyrea*), ou par voie sexuée à partir des semences (*Pinus*, *Cistus*).

5.2. Le reboisement de Zenadia

5.2.1. Résultats

5.2.1.1. Végétation du reboisement avant l'incendie

L'observation visuelle appuyée par des relevés floristiques réalisés dans le reboisement qui n'a pas été brûlé a montré la faible richesse floristique du site et essentiellement la pauvreté en sous-bois (Tab. 12 en annexe). La structure de peuplement est simple. Il est constitué de deux strates : une arborescente à base de 5% de cyprès toujours vert (*Cupressus sempervirens* L.) et 95% de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.), d'une hauteur qui peut atteindre entre 7 et 13 mètres, et dont le recouvrement moyen de $88,33 \pm 4,33\%$, et une strate herbacée pauvre en espèces. Dans cette dernière, Nous avons pu compter un nombre variant entre 3 et 11 espèces dont les plus dominantes sont : *Heliathemum cinereum* (Cav.) Pers., *Melilotus macrocarpa* Cass. et Dur. et *Medicago lupulina* L. Les espèces observées dans le reboisement non brûlé appartiennent en majorité à la famille des Fabaceae suivis par les Apiaceae, les Asteraceae et les Cistaceae. Du point de vue types biologiques, se sont les Thérophytes qui dominent suivis par les Hémicryptophytes (Fig. 19). Il faut noter que nous n'avons pas observés de régénération naturelle de pin dans le reboisement non brûlé que nous avons étudié.

5.2.1.2. Richesse floristique après incendie

Après feu, la richesse floristique est importante comparativement aux sites non brûlés. Un nombre moyen d'espèces de $29,00 \pm 7,56$ est noté trois ans après feu contre $7,11 \pm 3,30$ dans le témoin (Tab. 13).

Sur l'ensemble des 14 relevés représentant l'état 3 ans après feu, nous avons noté 99 espèces végétales contre 28 espèces dans le témoin. Ces 99 espèces appartiennent à 28 familles botaniques dont les plus dominantes sont les Asteraceae (21%), les Poaceae (12,%) et les Fabaceae (10,%) (Fig. 20). En ce qui concerne les types biologiques, les Thérophytes (47%) sont les plus dominants suivis par les Hémicryptophytes (40%) et les

Chaméphytes (8%). Se sont les mêmes types biologiques observés qui dominent les premières années après feu dans les pinèdes naturelles (MADOUÏ *et al.*, 2006). En effet, l'ouverture du milieu a permis l'installation d'une strate herbacée considérable avec un recouvrement moyen de $76,8\% \pm 8,9$ contre 5% dans le reboisement non brûlé. Cette richesse en espèces herbacées reflète bien la biodiversité de la forêt de Zenadia et l'influence des perturbations dans la dynamique de tels écosystèmes. Parmi les espèces les plus fréquentes après feu (présence égale ou supérieure à 10%), il y a *Pinus halepensis* Mill., *Reseda alba* L., *Bromus rubens* L., *Ononis nativus* L., *Hirschfeldia incana* L., *Bromus madritensis* L., *Avena sterilis* L., *Lithospermum arvense* L., *Anacyclus clavatus* (Desf.) Pers. et *Silene nocturna* L. (Tab. 11 en annexe).

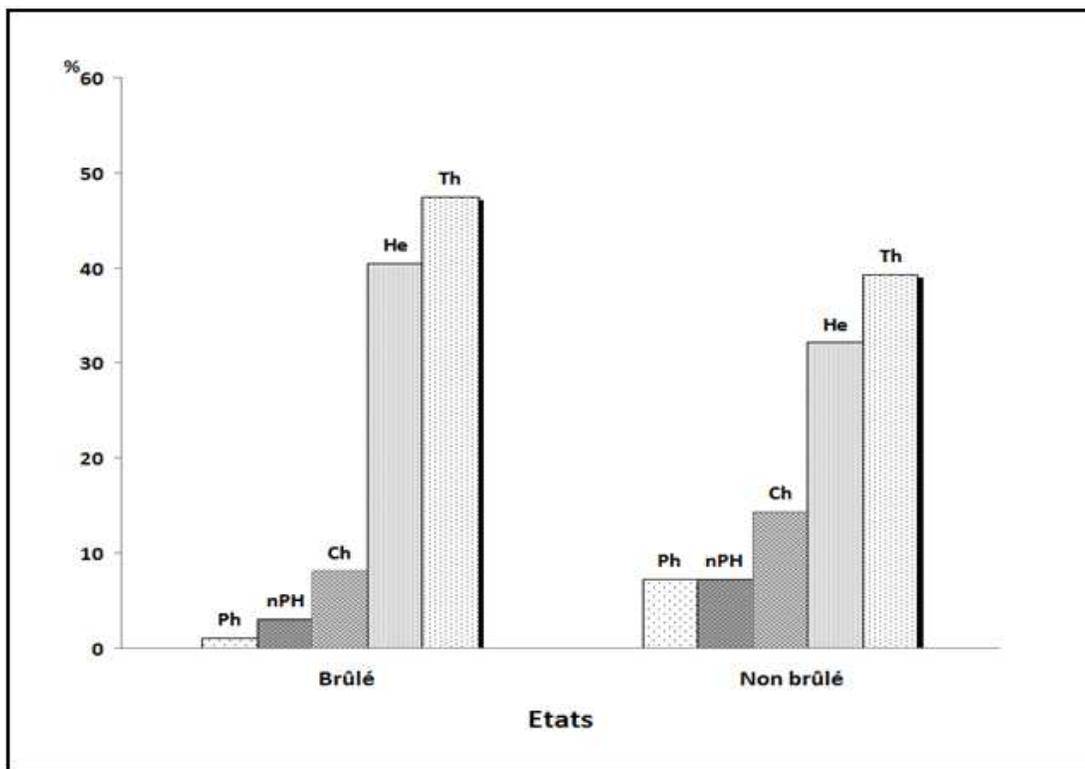


Figure 18. Proportion (%) des différents types biologiques observés dans les états brûlés et non brûlés. (Th= Thérophytes, He= Hémicryptophytes, Ch= Chaméphytes, nPh= nano-Phanérophytes and Ph= Phanérophytes).

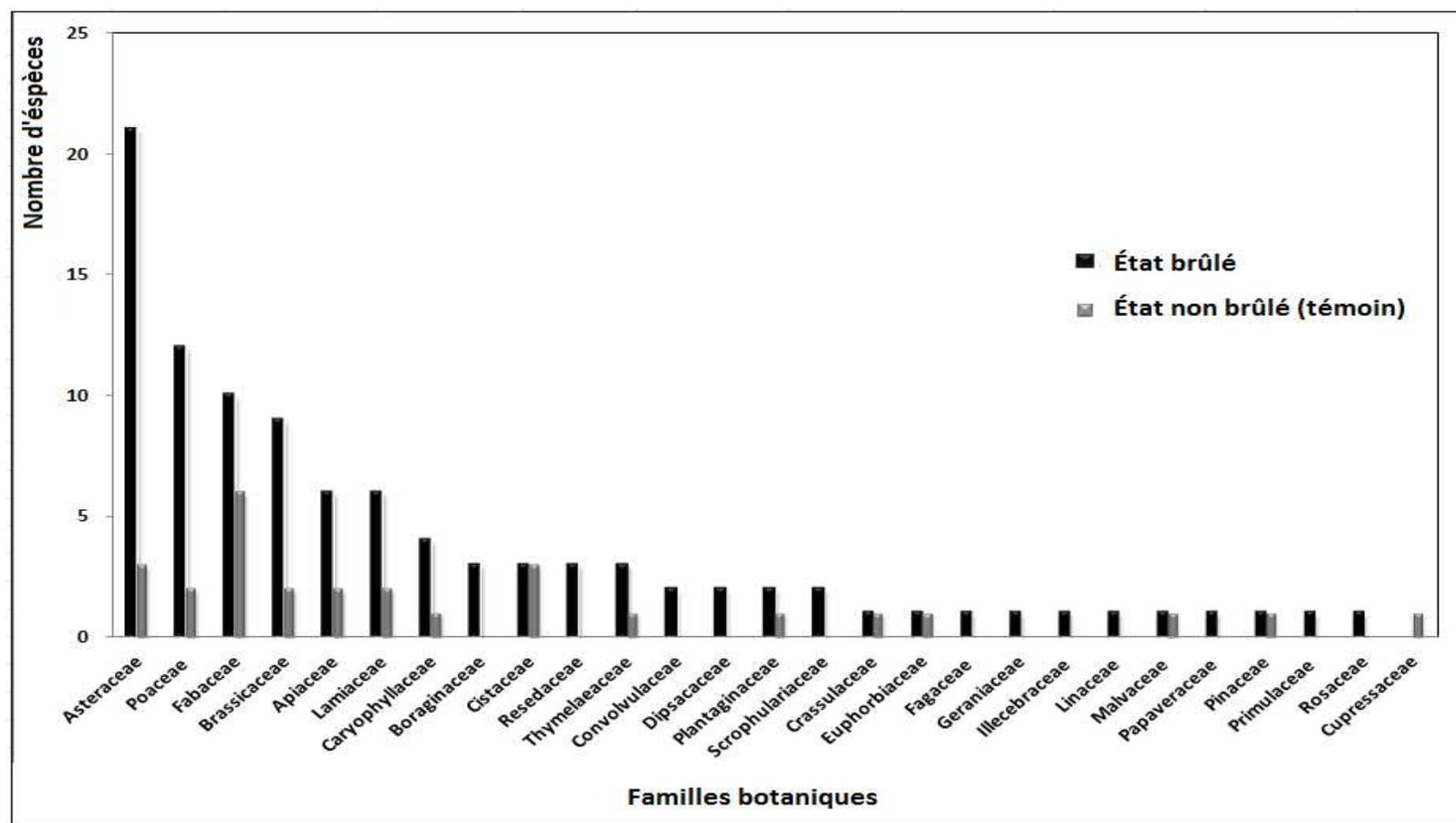


Figure 19. Comparaison entre le nombre d'espèces suivant les différentes familles observées dans l'aire du feu et le reboisement témoin.

Associé à cette flore, il est intéressant de signaler que l'ouverture du couvert par le feu a permis l'abondance d'une richesse faunique importante essentiellement les insectes. Nous avons observé des coléoptères, des orthoptères (criquets), des araignées et des reptiles (Lézards), etc. Ces animaux qui colonisent les nouveaux milieux brûlés, fournissant une excellente source de nourriture à des oiseaux. Ce qui est aussi constaté dans d'autres régions du monde (NASI *et al.*, 2002).

Tableau 10. Comparaison entre la végétation du reboisement brûlé et celle du reboisement non brûlé

	Après feu	Témoin
Nombre d'espèces	29.00 ± 7.56	7.11 ± 3.33
Recouvrement strate arborescente	0	88.33 ± 4,33
Recouvrement strate arbustive	1.43 ± 2.34	0
Recouvrement strate herbacée	76,79 ± 8,93	5,00 ± 00

A trois années après le passage du feu, la composition floristique du reboisement est loin de ressembler à celle qui n'était pas brûlée. La comparaison entre l'état 3 ans après feu et le témoin non brûlé a donné un coefficient de similitude floristique de SÖRENSON de 30%. En effet, du point de vue floristique, le reboisement après feu est plus riche en espèces et se diffère largement du reboisement.

Dans le reboisement de Zenadia, le feu n'a fait que perturber le système et a permis une reconstitution du peuplement qui ne pourrait pas forcément être similaire à l'état avant le feu.

5.2.1.3. Régénération naturelle du pin d'Alep trois années après incendie

Le pin d'Alep se régénère facilement en absence du feu (BOUDY, 1952; SEIGUE, 1985 ; TRABAUD, 1995) et leurs plantules, sans forte concurrence, peuvent se développer en sous-bois si le recouvrement de la végétation est inférieure à 75% et donner un taux assez élevé de germination (ACHERAR *et al.*, 1984 ; TRABAUD *et al.* 1985 et THANOS *et al.* 1989). Cependant tous les auteurs s'accordent sur le fait qu'après incendie, il envahisse rapidement les terrains laissés libres par son passage et ceci sur de grandes surfaces (de BEAUCOUDREY, 1932; MARC, 1916; BOUDY, 1952; TRABAUD *et al.*, 1985; BARBERO *et al.*, 1987; THANOS *et al.*, 1989). L'action du feu sur le pin provoquerait l'éclatement des cônes sous l'effet de la haute température et entraîne par conséquent la libération des graines (TRABAUD, 1995).

Dans la forêt de Zenadia, une grande variabilité dans la régénération des plantules de pin d'Alep a été constatée dans l'aire du feu. Le comptage des plantules de pins issus de la germination des graines réalisé sur des parcelles de 25 m² donne une densité variant entre 0 et 73 (0 - 2,92 par m²) plantules, soit une densité estimée maximale de 29 200 par hectare trois années après feu. Dans certains endroits, aucune plantule régénérée n'a été trouvée ; alors que dans d'autres, la régénération est remarquable. Par contre aucune régénération naturelle n'a été observée à l'intérieur du peuplement qui n'a pas été brûlé à part quelques plantules ont été repérées à la lisière du l'aire du feu.

La hauteur maximale des plantules a atteint une hauteur maximale de 30 cm trois années après feu. Une hauteur moins importante que celle constatée dans d'autres régions d'Algérie. Les plantules régénérées n'appartiennent pas à une même classe de taille, mais présentent une variabilité dans leur hauteurs ce qui suggère qu'elles n'ont pas germé la même année.

3.2.1.4. Évolution spatiale des plantules de pin d'Alep

Spatialement, en fonction de la qualité de la régénération du pin d'Alep observée, trois parties à l'intérieur de l'aire du feu ont pu être identifiées et délimitées sous Arc Gis 9.2 (Fig. 21). La partie où la régénération est presque nulle se situe en haut du versant, celle avec une régénération moyenne en mi versant et la dernière présente une bonne régénération en bas de versant. Chaque partie est séparée par un talweg où des corrections torrentielles ont été faites par les services des forêts suite au phénomène d'érosion qui a lieu suite au feu.

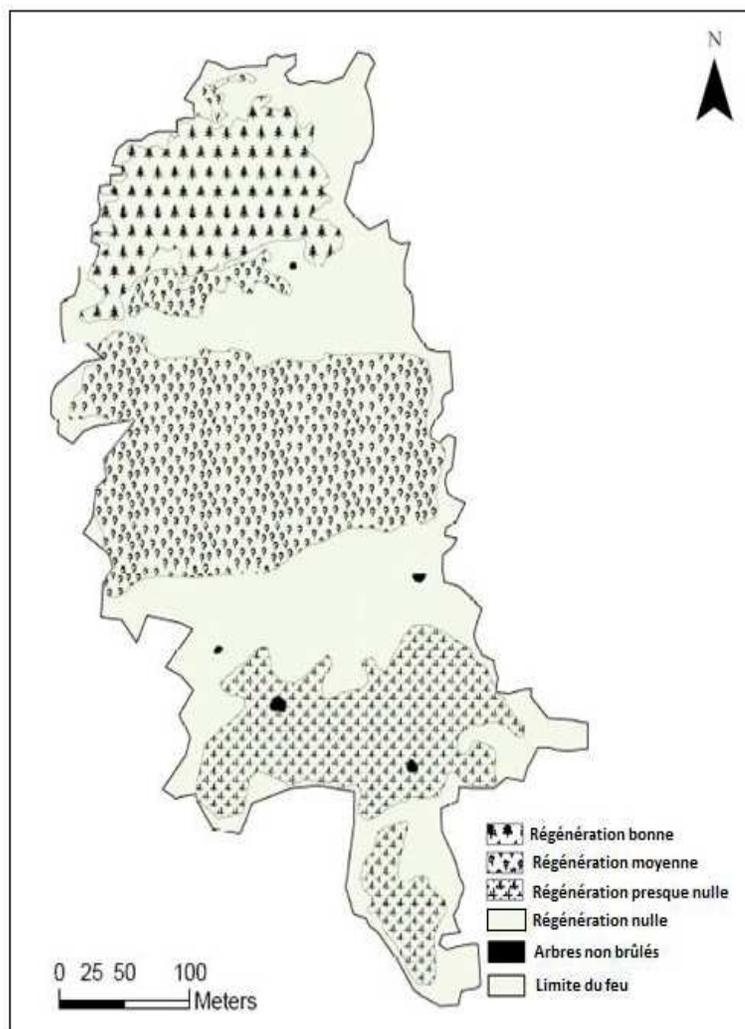


Figure 20. Répartition spatiale de la régénération de pin d'Alep à Zenadia.

(Carte réalisée par l'auteur sous Arc Gis 9,2 à partir de l'image tirée de Google Earth (2008).

(La limite de l'aire du feu a été délimitée en parcourant le feu à l'aide d'un GPS).

Pour expliquer cette variabilité spatiale dans la régénération du pin, les deux premiers axes ont été retenus et qui ont des valeurs propres de 3,2329 et 2,1919 en expliquant un pourcentage cumulé de la variabilité de 77,497 %. Le résultat de l'ACP montre qu'il y a une opposition entre le type de sol, le pâturage et l'exposition sud localisés sur la partie droite du plan 1-2 et la densité des pins et la hauteur maximale à gauche du plan (Fig. 22). Il appert que la densité des pins régénérés et la hauteur maximale en fonction des facteurs physiques du milieu montre que ces derniers n'ont pas un effet direct sur la régénération du pin après le feu à part les sols érodés qui sont négativement corrélés avec la densité des pins ($r^2 = -0,7562$; $p = 0,0017$). Par contre, il y a une bonne corrélation entre l'exposition sud et le pâturage ($r^2 = 0,6030$; $p = 0,0224$) ce qui suggère que les sols exposés au sud sont les plus pâturés.

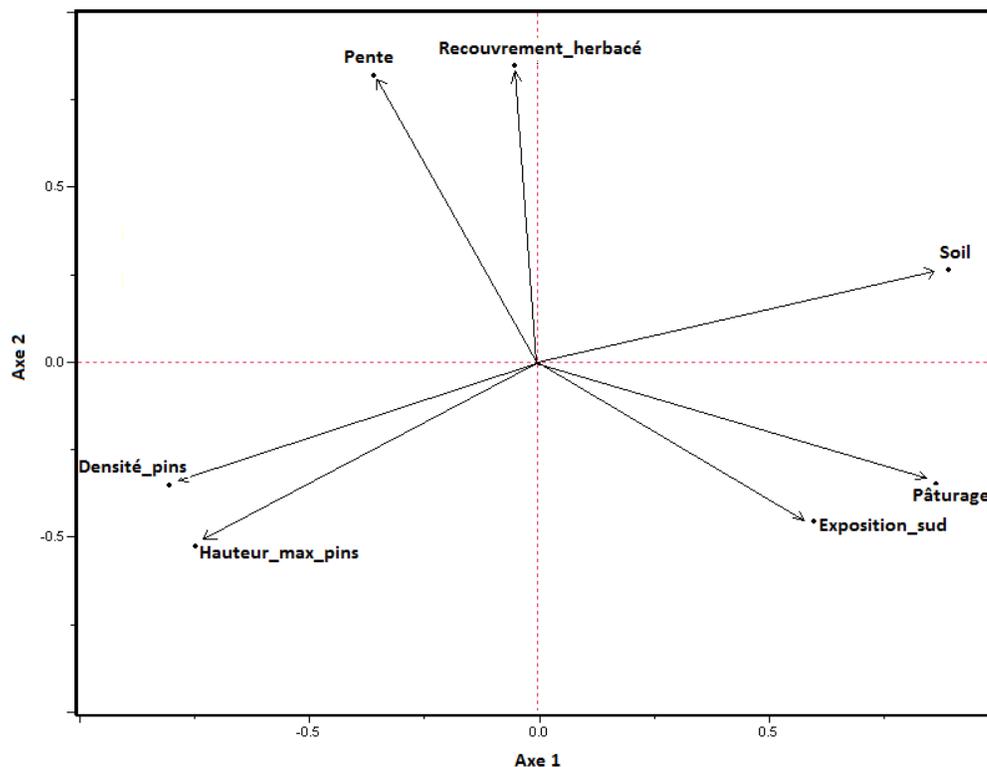


Figure 21. Analyse en composante principale de la densité des pins en fonction du pâturage et des facteurs physiques du milieu à Zenadia.

Recouvrement_herbacé = recouvrement de la strate herbacée (%) y compris les plantules de pin d'Alep; **Densité_pins** = nombre de pins régénéré par m^2 ; **Sol**= si le sol est couvert de plus de 50% de pierres, il est considéré pierreux (érodé).

De même, les pentes fortes sont les plus riches en herbacées ($r^2=0,6156$; $p=0,0191$) et sont les moins pâturées car elles sont négativement corrélées avec le pâturage ($r^2=-0,6319$; $p=0,0153$).

En ce qui concerne la hauteur maximale des pins, elle est aussi négativement corrélée avec les sols érodés ($r^2=-0,7599$; $p=0,0016$). Les pins qui ont montré une bonne croissance sont ceux qui se sont développés sur des sols non ou faiblement érodés, particulièrement ceux du bas du versant

3.2.1.5. Évolution des plantules de pin d'Alep au cours du temps

La densité des plantules de pins régénérés après feu a diminué entre le premier inventaire et le dernier en passant en moyenne de $48,67 \pm 25,03$ par 25 m^2 trois ans après feu à $26,00 \pm 4,36$ dix ans après (Fig. 23). Comme nous ne disposons pas des données avant l'âge de trois ans après feu, il pourrait que le maximum a bien été atteint avant cette âge. TRABAUD *et al.* (2005) ont constaté la diminution de la densité des pins qu'après la quinzième année.

Quant à la hauteur maximale, elle augmente en passant de $24,00 \pm 10,39$ cm trois ans après feu à $184 \pm 22,5$ cm 10 ans après. La hauteur minimale suit la tendance de la hauteur maximale, en passant de $13,5 \pm 11,8$ cm trois ans après feu à $64,00 \pm 35,8$ cm à la dixième année (Fig. 24). En considérant la moyenne annuelle des précipitations de l'année avant l'inventaire, nous remarquons que l'importance de la hauteur maximale et minimale 8 et 10 ans après feu est liée à l'importance des précipitations durant cette période. Depuis le mois d'août 2002 jusqu'à juillet 2007, les précipitations moyenne annuelles n'ont pas descendu de 400 mm. et ont dépassé la moyenne annuelle de 100 mm.

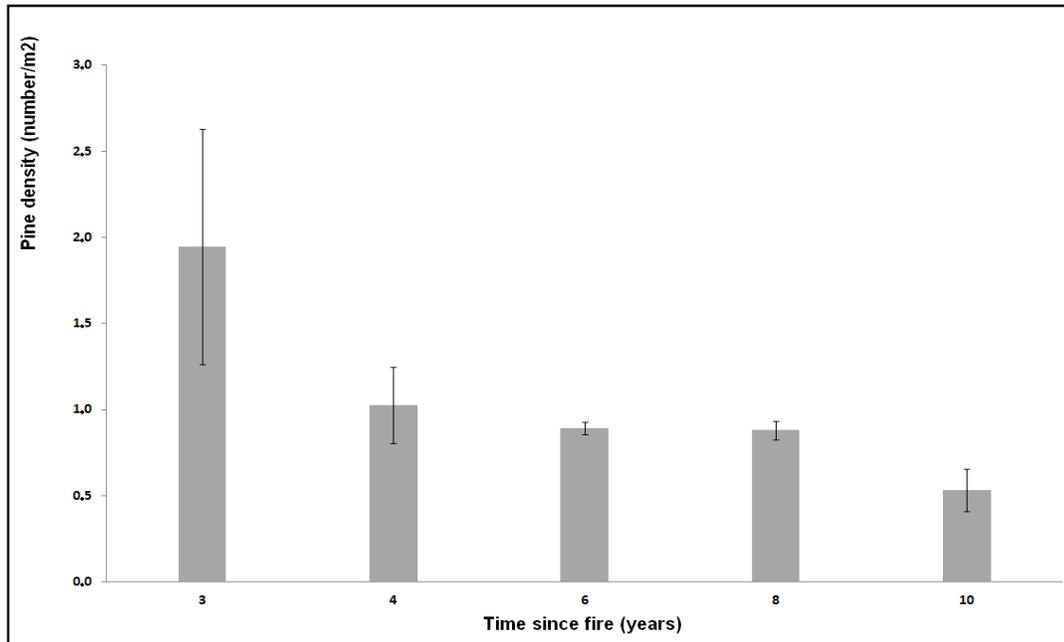


Figure 22. Évolution après feu de la densité de pins régénérés, au cours du temps.

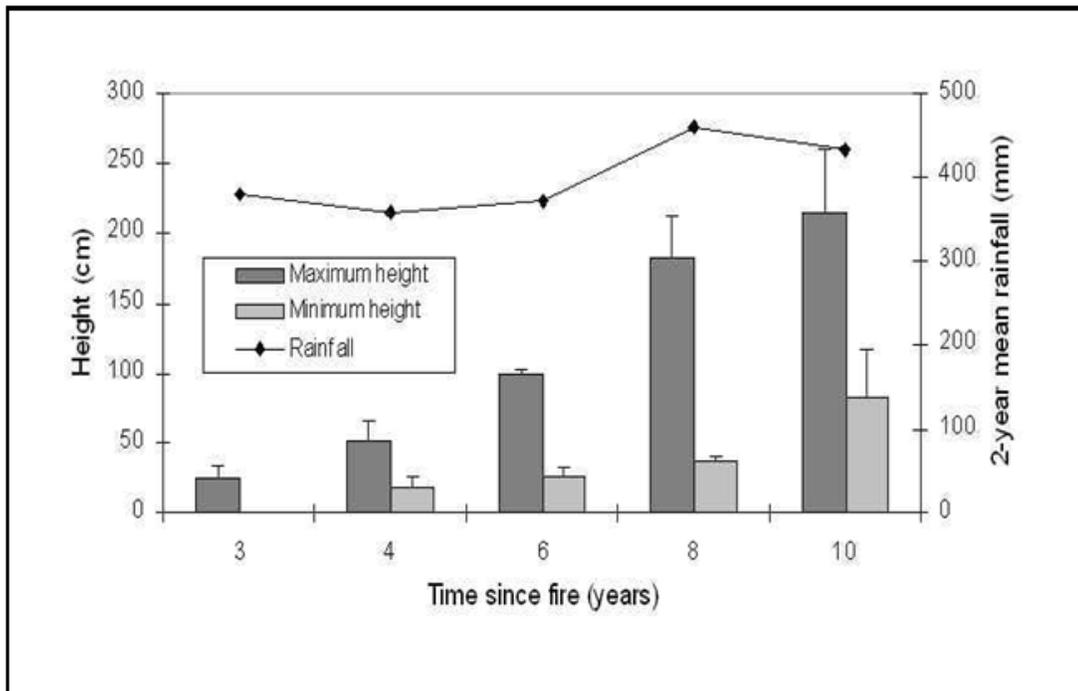


Figure 23. Évolution après feu de la hauteur maximale et minimale des pins en fonction des précipitations au cours du temps. (Les précipitations moyennes annuelles considérées sont celles des deux années précédant l'inventaire, d'août à juillet).

5.2.2. Discussion

5.2.2.1. Végétation du reboisement avant incendie

La pauvreté en espèce du sous bois dans le reboisement non brûlé peut être attribuée beaucoup plus à la densité des individus de pin d'Alep reboisé. Ce cas a été observé aussi par TSITSONI *et al.* (2004) dans le cas d'un peuplement artificiel de *Pinus brutia* en Grèce. Dans la forêt de Zenadia, la densité des arbres plantés par hectare explique le recouvrement important du peuplement. Il dépasse la norme de reboisement fait dans le barrage vert au sud d'Algérie qui est de 2 000 plantules à l'hectare (LETREUCH-BELAROUCI, 1991). Il en résulte que la lumière arrive faiblement au sol ce qui empêche l'installation du sous bois (ABBAS *et al.*, 1984). Par ailleurs, là où la densité est moindre et le reboisement est plus ou moins ouvert, le sous-bois est mieux développé et la richesse floristique est élevée. Se sont les thérophytes qui profitent de l'ouverture du peuplement ce qui explique leur abondance.

À l'échelle de la succession forestière, l'état du peuplement à 35 ans depuis sa plantation serait considéré jeune et il est encore dans un état dynamique. Nous assumons qu'avec le temps, le peuplement s'ouvrira suite à diverses perturbations et permettra ainsi au développement d'un sous bois riche en espèces herbacées qui pourrait ressembler à un peuplement naturel sous les mêmes conditions climatiques (Madoui *et al.*, soumis).

5.2.2.2. Richesse floristique après incendie

Après le passage du feu, l'écosystème perturbé commence un nouveau processus de cicatrization et essaie de retrouver l'équilibre en initiant une dynamique forestière. La richesse floristique importante observée après feu est due à l'ouverture du milieu et à l'enrichissement du sol en éléments minéraux par le feu (TRABAUD, 1980 ; TRABAUD et LEPART, 1980 ; NE'EMAN & IZHAKI, 1999 ; TSITSONI, 1997 ; CAPITANIO & CARCAILLET, 2008). Un enrichissement en phosphore et en potassium après feu a été montré par TRABAUD (1980) et selon TSITSONI (1997), il y a une quantité grande de matières organiques dans les sols brûlés comparativement à ceux non brûlés. Cette richesse floristique appartient à quatre types biologiques. Les thérophytes sont les plus dominants

en raison de l'ouverture du milieu qui est favorable à leur installation. Ils passent la saison estivale sous forme de graines enfouies dans le sol et qui coïncide avec le passage du feu (BONNET et TATONY, 2003). L'ouverture du milieu en raison de la disparition de la strate épigée par le feu leur permet de profiter de l'espace sans concurrents et conquérir l'espace. La dominance des thérophytes les premières années après feu a été rapportée aussi par d'autres auteurs dans les peuplements naturels (TRABAUD, 1970 ; TRABAUD, 1980, BONNET et TATONY, 2003 ; MADOUÏ *et al.*, 2006). Trois ans après feu à Zenadia, parmi les thérophytes, les Poaceae occupent une part importante après les Asteraceae. Dans d'autres écosystèmes, les herbacées en général et les Poaceae en particulier pourrait compromettre la germination et le recrutement des espèces arborescentes (MELO et DURIGAN, 2010).

Bien qu'à trois ans après feu est un temps court assez tôt pour que le reboisement brûlé puisse retourner à son état antérieur d'avant le feu, nous ne remarquons toute fois pas de signes à un retour à l'état antérieur au feu que se soit de point de vue flore que strates. Après feu, d'autres espèces qui n'existaient dans le reboisement non brûlés sont apparues et à notre avis pour y rester. Même du point de vue structure, l'état de la végétation après feu annonce que la structure qui va se mettre en place sous des processus naturels serait différente de celle du témoin. Cette état fait que les reboisements brûlés, même en s'éloignant de la date du feu, ne retournent pas à leur état d'avant le feu et par conséquent ne suit pas le modèle classique qui caractérise les peuplements naturels brûlés (TRABAUD, 1980 ; TRABAUD et LEPART, 1980 ; MADOUÏ *et al.*, 2006 ; CAPITANO & CARCAILLET, 2008). Une étude similaire conduite par MAY (1987) en Andalousie orientale en Espagne a aboutit à la même constatation dans un reboisement et ceci même à 9 ans après feu. La question, qui mérite à notre sens d'être discutée, est ce que le reboisement témoin qui n'a pas été brûlé constitue dans notre cas un bon témoin dans ce genre d'étude et représente un état stable, comme dans le cas des peuplements naturels? De même, est ce que le reboisement tel qu'il est le resterait pour longtemps ou bien, lui aussi, représente un état dynamique vers un peuplement mature et diversifié sans l'effet des perturbations? Nous assumons que le feu dans notre zone d'étude a fait que perturber le système et a amorcé une dynamique forestière qui était impossible en l'absence du feu. La régénération du pin après feu confirme encore une fois l'adaptation de cette espèce aux feux malgré qu'il ne soit pas issu d'une régénération après feu comme le cas de la majorité des

peuplements de pin d'Alep en Algérie (MADOUÏ et GEHU, 1999). Le suivi de cet écosystème au cours du temps permettrait sûrement d'apporter plus d'informations intéressantes sur sa dynamique et son développement.

5.2.2.3. Régénération naturelle du pin d'Alep après incendie

Les résultats ont montré que la régénération naturelle du pin d'Alep après feu dans la zone d'étude est satisfaisante. La densité de pin régénérée dans la forêt de Zenadia est assez intéressante comparée aux résultats obtenus par divers auteurs dans d'autres régions de l'Algérie (Tab. 14). À l'Ouest algérien, MORAVEC (1990) a trouvé une densité variant entre 16 et 23 plantules par 100 m²; soit 1 600 et 2 300 plantules par hectare à deux ans après feu ; alors qu'au centre algérien, Meddour (1992) donne une densité variant entre 6 et 84 par 20 m² ; soit 8 000 et 42 000 par ha quatre ans après feu. Sans tenir compte des conditions physiques locales des deux zones d'étude à l'ouest et à l'est, il en résulte que la densité des pins régénérés après feu à l'Est algérien serait meilleure qu'en Ouest malgré que les deux milieux se caractérisent par un bioclimat semi aride. La principale différence fondamentale est que les peuplements de pin d'Alep à l'Ouest sont naturels alors que celui de Zenadia est artificiel issu d'une plantation. Ailleurs, les résultats diffèrent en fonction des régions et du temps depuis le dernier feu. De l'autre côté de la méditerranée, en Andalousie orientale (Espagne), dans un reboisement de pin d'Alep, MAY (1987) a trouvé une densité entre 7 et 55 par 25 m² ; soit 2 800 et 22 000 plantules par ha neuf ans après feu, un nombre peu différent du notre. Récemment, PAUSAS *et al.* (2004) ont observé une régénération très importante de l'ordre de 0,006 à 20,4 par m² au bout de huit et neuf ans après feu dans l'Est de la péninsule ibérique. Vers l'est, en France, selon une étude diachronique, il a été trouvé une densité de 15 000 plantules par hectare huit ans après feu (TRABAUD *et al.*, 2005). Aussi, en Grèce, une densité variant entre 0,76 et 35 plantules par m² à été rencontré à Achaïa une année après feu (VERROIOS & GEORGIADIS, 2002) ont trouvé ; alors que GOUDELIS *et al.* (2008) donnent une densité moins élevée au centre de la Grèce cinq après feu (entre 0,33 et 0,38 par m²).

Tableau 11. Données comparatives de la densité des pins (nombre par hectare) régénérées après feu en fonction des régions.

Rive nord	Ouest (Espagne)	Centre (France)	Est (Grèce)
Densité de pins	2800-22000 (May, 1987)	15000 (Trabaud <i>et al.</i> , 1985)	3300-3800 (Goudelis <i>et al.</i> , 2008)
Années après feu	9	15	5
Rive sud	Ouest (Sidi Bel Abbès)	Centre (Meurdja)	Est (Sétif)
Densité de pins	1600-2300 (Moravec, 1990)	8000-42000 (Meddour, 1992)	0-29200 (Nos données)
Années après feu	2	4	3

Du point de vue hauteur maximale atteinte par les pins après feu, celle mesurée dans les pins de Zenadia trois ans après feu est similaire à la valeur avancée par TSITSONIS (1997) une année seulement après feu dans un peuplement de pin d'Alep en Grèce, mais cette hauteur est faible comparée avec celle trouvée par MEDDOUR (1992), quatre années après feu dans l'arboretum de Meurdja. Cette différence dans la hauteur des plantules comparée à celle trouvée par Meddour (1992) pourrait être en lien avec les conditions physiques locales du milieu, essentiellement climatiques. L'arboretum de Meurdja se caractérise par un bioclimat humide et des précipitations annuelles moyennes qui dépassent les 1150 mm contrairement à notre zone d'étude à bioclimat semi-aride et ne reçoit pas plus de 400 mm par an de pluies. En effet, les précipitations sont connues parmi les facteurs qui agissent favorablement sur la croissance des espèces forestières. De même, la qualité du sol pourrait être aussi une des raisons de la faible hauteur atteinte par les jeunes pins. VENNETIER (2001) a trouvé que la taille des plantules varie beaucoup d'un site à l'autre en fonction de la fertilité du sol. En effet, les plantules de pin d'Alep régénérées dans des sites peu fertiles sur des sols superficiels et caillouteux présentent des hauteurs les plus faibles comparativement à celles régénérées sur sol fertiles. Quand nous savons que notre zone d'étude a été affectée par l'érosion, probablement à la suite de l'incendie, et le sol dans sa majorité est caillouteux, pourrait aussi expliquer la faible hauteur des plantules à 3 ans après feu.

5.2.2.4. Évolution spatiale des plantules de pin d'Alep

Bien que la régénération naturelle après feu du pin d'Alep dans la zone d'étude soit satisfaisante dans l'ensemble, spatialement elle n'est pas uniforme dans toute l'aire du feu, mais elle présente une distribution discontinue et très dense par endroit (contagieuse), situation contraire à ce qu'a été constatée par TRABAUD *et al.* (1985). Ceci suggère que la régénération après feu dépendrait de la densité des pins avant feu d'une part et des accidents de régénération survenus après feu d'autre part. Il faut signaler que nous ne disposons pas de données du site brûlé avant le passage du feu ce qui limite notre interprétation à propos de cette information. Cependant, PAUSAS *et al.* (2004) ont trouvé une corrélation significative et positive entre la régénération après feu et la densité des arbres avant feu et la surface terrière. Dans notre cas, la densité du reboisement est supposée similaire dans l'aire du feu puisque le peuplement aurait été planté de façon uniforme et que la régénération faible constatée dans certains endroits pourrait être due à des conditions physiques locales d'ordre édaphique et anthropozoïque. Les résultats des corrélations ont montré que les facteurs du milieu n'ont pas montré d'effet direct sur la densité des plantules régénérés à part celui du sol érodé qui lui est négativement corrélé. Un autre facteur pourrait aussi avoir une influence sur cette distribution spatiale de la régénération. L'influence de l'exposition se manifeste à travers le type de sol et se joue même à des échelles très petites. Des reliefs d'ordre décimétrique à métrique sont suffisants pour induire des différences de température de surface de l'ordre de 10 à 20°C (VENNETIER, 2001). Ce dernier a constaté aussi que les sols caillouteux qui reçoivent l'énergie solaire s'échauffent beaucoup plus et par conséquent chauffent le sol ce qui fait souffrir plus les jeunes pins en période estivale. Aussi, la corrélation significative entre l'exposition nord et le pâturage démontre l'influence du pâturage sur la densité des pins.

De même, la pente est un autre facteur qui influence la régénération naturelle des pins (TSITSONI, 1997). À Zenadia, les résultats montrent que les pentes fortes sont corrélées positivement avec le recouvrement de la strate herbacée et négativement avec le pâturage. Ceci suggère que l'effet de la pente se manifeste indirectement par l'action conjuguée du pâturage et des plantes herbacées sur la régénération ou le maintien des plantules de pins après feu. Ainsi, les espèces herbacées ont une action négative sur la germination des graines et l'installation des plantules (ACHERAR *et al.*, 1984 ; et TRABAUD

et al., 1985). Ces herbacées entrent en concurrence, qui est plus prononcée en saison estivale, avec les jeunes pins pour l'eau souterraine.

En plus, il ne faut pas négliger la prédation par les animaux. Il est connu qu'en région méditerranéenne, le pâturage est considéré comme la principale cause qui entrave la régénération des forêts (LE HOUEROU, 1980 et HADJADJ AOUL *et al.*, 2009). Bien que le pâturage observé dans la l'aire du feu n'est pas permanent et qu'il se pratique occasionnellement (en cachette car il est interdit par les forestiers), mais le fait que le troupeau passe par cet endroit juste après la germination des graines, suffirait à notre sens, pour détruire définitivement les nouvelles plantules de pin régénérées après. De même, le phénomène de prédation exercée par les rongeurs pourrait jouer un rôle. Les cônes de pins avec leurs graines sont très appréciés par les rongeurs. Nous avons bien observés des cônes qui ont subit l'action des rongeurs.

Par ailleurs, la mauvaise qualité du lit de germination au sol pourrait expliquer le manque de régénération des graines de pin d'Alep dans certains endroits de notre zone d'étude. Et comme 9 sur 14 de nos relevés ont été fait sur des sols caillouteux, ce qui expliquerait incontestablement la mauvaise régénération ou la mort des plantules dans ces endroits.

5.2.2.5. Évolution temporelle des plantules de pin d'Alep

La densité des plantules de pin régénérées après feu suit le modèle général tel constaté par plusieurs auteurs. En effet, entre la date de la première mesure (3 ans après feu) et la dernière (10 ans après feu), une diminution du nombre de plantules de pin d'Alep au cours du temps a été observée. Cette diminution est attribuée à la compétition intra spécifique ainsi qu'à la mortalité des plantules au cours du temps. Plusieurs auteurs (ABBAS *et al.*, 1984 ; TRABAUD, 1988 ; THANOS *et al.*, 1996 ; SARACINO *et al.*, 1997 ; PAUSAS *et al.*, 2004) ont noté la mortalité des plantules de pin d'Alep durant les premières années suite au passage du feu allant de 11 à 65% selon les régions. En effet, Mendel *et al.* (1997) attribuent 23% de la mortalité des plantules une année après feu à la sécheresse et à la compétition intra spécifique. Cette mortalité a été constatée même à huit ans après feu (PAUSAS *et al.*, 2004) ce qui suggère que la mortalité se poursuivrait durant plusieurs

années après feu. Pendant la première année, la mortalité des plantules des pins d'Alep est attribuée à la hausse de la température estivale, mais par la suite, c'est la compétition qui en serait la cause (GOUDELIS *et al.*, 2008).

La hauteur des plantules, quant à elle, suit le modèle inverse de la densité. Elle augmente continuellement avec le temps en suivant une courbe linéaire. Plus nous nous éloignons de la date du feu, plus la hauteur est importante. Comparativement avec les autres études (ABBAS *et al.*, 1984 ; TRABAUD *et al.*, 1985), dans notre zone d'étude, la hauteur est plus importante. Cette importance dans l'hauteur des pins pourrait être attribuée à la diminution de la concurrence intra spécifique puisque nous constatons une diminution de la densité de pin.

Aussi, il est à signaler que la hauteur minimale enregistrée plusieurs années après feu et qui présente, dans certains cas, un grand écart avec la hauteur maximale suggère que la régénération du pin d'Alep se poursuit dans le temps, même faiblement. Cet échelonnement de la régénération dans le temps a été aussi rapporté en Provence calcaire en France par ABBAS *et al.* (1985) et est considérée comme une adaptation des espèces à la colonisation d'un milieu soumis à des fluctuations climatiques aléatoires (LEGRAND, 1979). Les nouvelles germinations provenaient des semenciers extérieurs ou épargnés par le feu (arbres résiduels) (TRABAUD, 1995) car selon ACHERAR *et al.* (1984), le pin d'Alep ne crée pas d'importante banque de graines dans le sol. En effet, les nouvelles germinations ont été observées essentiellement dans la partie du bas versant qui est plus proche de la limite de la forêt non touchée par le feu.

5.2.3. Conclusion

Cette étude a permis d'avoir des informations sur la réaction du reboisement de pin d'Alep en Algérie suite à une perturbation naturelle par le feu. La reconstitution du reboisement de pin d'Alep trois ans après feu n'est pas possible ni du point de vue floristique ni structure. Il ne ressemble pas aux plantations non brûlées. Après feu, la richesse floristique est importante et les Asteraceae sont les plus dominantes. De même, la

densité de semis régénérés est variable. Elle est satisfaisante par endroit mais reste faible comparativement à celle constatée dans d'autres régions d'Algérie. Cette densité diminue avec les années mais la hauteur des semis continue à augmenter. Comme les arbres brûlés ont été récupérés et que ces derniers favorisent la régénération (PAUSAS et al. 2004), il est recommandé de laisser une quantité de branches par terre pour protéger les jeunes semis aussi bien des prédatations que de la chaleur estivale.

Ce qui est intéressant à signaler est que le reboisement, qui est créé artificiellement, constituerait après feu un stade dynamique qui évoluerait sous l'effet des processus naturels. Au fur et à mesure que les communautés gagnaient en âge, leur structure devenait de plus en plus complexe, entraînant une multiplicité des strates. En effet, les semis régénérés, si aucun autre facteur ne viendrait entraver leur évolution, vont évoluer vers une pinède naturelle pluri strates et jouerait ainsi un rôle important dans le maintien de la biodiversité dans cette forêt.

Toutefois, ces prévisions des successions des plantations de pin d'Alep suite au passage du feu faites à travers cette étude doivent être prises avec prudence car les observations proviennent d'un seul feu et que la période de 10 ans après feu constitue un âge court dans l'évolution d'un écosystème forestier dont plusieurs facteurs internes et externes peuvent influencer cette évolution. En plus, le fait que la forêt de Zenadia est l'objet d'un projet d'aménagement en forêt récréative accroît notre crainte sur l'avenir de cet écosystème. Toutefois, quelque soit les résultats, une protection de ces écosystèmes en cours de succession, contre toute forme de dégradation, est fortement recommandée.

5.3. La pinède d'el Mellah au PNEK

5.3.1. Résultats

5.3.1.1. La Pinède avant le feu

Le peuplement témoin qui n'a pas été brûlé est étudié à partir de deux relevés seulement en raison de la faible superficie du feu. Les données révèlent que le peuplement, en exposition nord, est pluristrates et présente un recouvrement global moyen de 85% (70 et 100%). La strate arborée, constituée par *Pinus halepensis* d'une hauteur dépassant les 11 m. et avec un recouvrement moyen de 20%. La strate arbustive est plus importante. Elle présente un recouvrement moyen de 70% représenté essentiellement par *Quercus coccifera*, *Phillyrea angustifolia*, *Pistacia lentiscus*, *Juniperus phoenicea*, *Juniperus oxycedrus*, *Chamerops humulis*, *Erica arborea* et *Calycotum villosa* (Tab. 15 en annexe). Quant à la strate herbacée, elle est présente avec un faible recouvrement ne dépassant pas les 7%.

Le peuplement est pâturé par les bovins ce qui pourrait expliquer la faible régénération du pin d'Alep.

5.3.1.2. Richesse floristique après incendie et son évolution

La richesse floristique est importante dans l'aire du feu comparativement au peuplement non brûlé. En moyenne, nous avons un nombre moyen de $37,63 \pm 6,38$ espèces jusqu'à cinq ans après feu contre $27,5 \pm 0,5$ dans le témoin non brûlé (Tab. 16). Toute fois, cette richesse floristique présente une variation temporelle durant les toutes premières années après feu. Elle est maximale la première année après feu avec un nombre moyen de 43 ± 4 , puis elle commence à diminuer à deux ans après feu avec un nombre moyen de $38,33 \pm 5,78$ pour atteindre un nombre plus bas à cinq ans après feu avec $28,50 \pm 5,50$ (Fig. 25). À ce stade, la richesse floristique a atteint déjà un nombre similaire à celui trouvé dans le peuplement non brûlé.

La diminution du nombre d'espèces ne concerne pas l'ensemble de la flore mais se sont les types biologiques de type annuel qui impose ce changement (Fig. 26). Ils sont

dominants la première année après feu représentant 50% de la totalité de la flore, puis ils diminuent par la suite pour atteindre les 35% à cinq ans après feu. Par contre la composante pérenne montre une certaine stabilité pour les vivaces et une dominance des ligneux dans les témoins qui n'ont pas été brûlés.

Tableau 12. Comparaison entre la végétation après feu et celle du témoin au niveau du site El Mellah.

États	Brûlé	Témoin
Nombre d'espèces	37,13 ± 6,16	27,50 ± 0,5
Recouvrement strate arborescente	0	20,00 ± 0
Recouvrement strate arbustive	62,22 ± 13,58	70,00 ± 10,00
Recouvrement strate herbacée	21,11 ± 12,59	7,5 ± 2,5

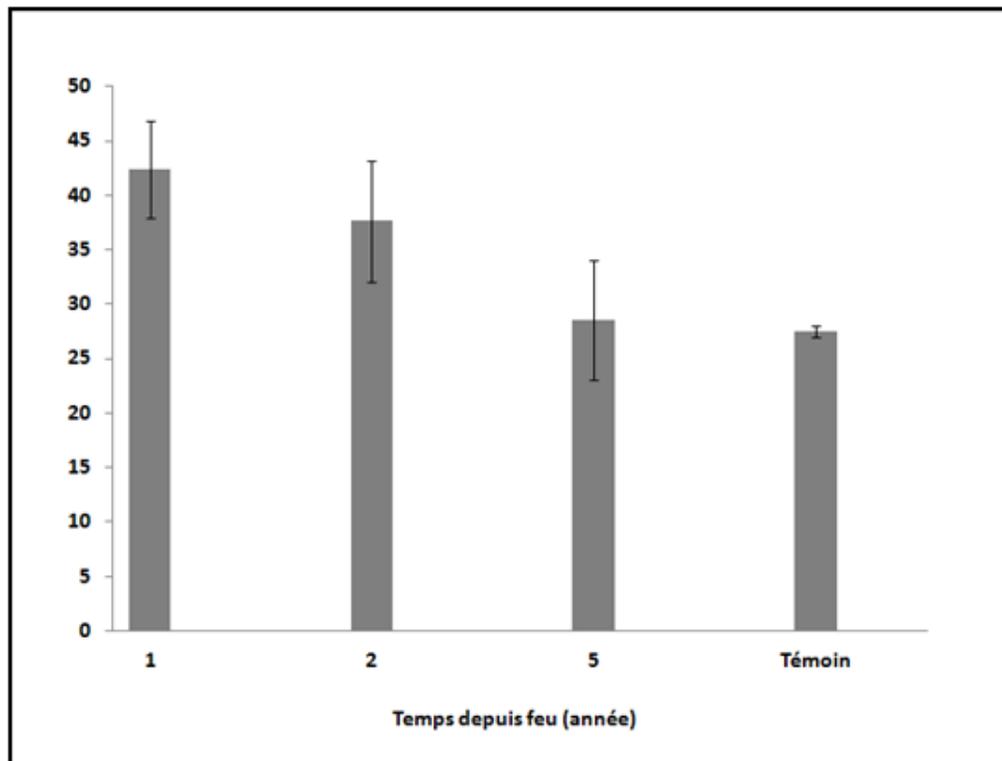


Figure 24. Évolution post-incendie de la richesse floristique au cours du temps dans la pinède d'El Mellah, PNEK.

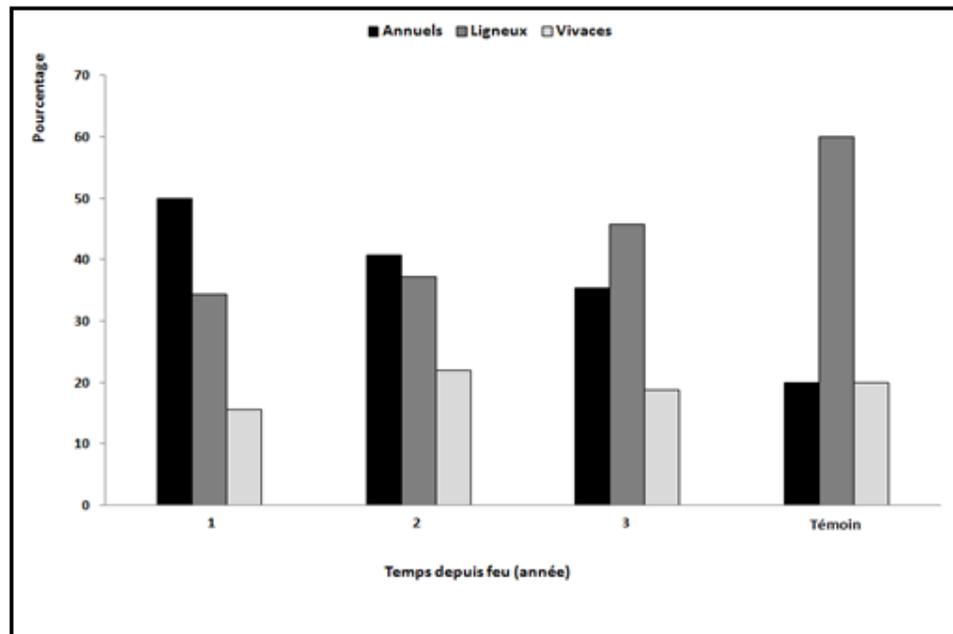


Figure 25. Évolution des formes biologiques après feu au cours du temps dans la pinède d’El Mellah, PNEK.

5.3.1.3. La similitude entre les différents états après feu

Dans l’ensemble, la similitude entre les différents états après feu est importante et le coefficient ne descend pas au dessous de 58% (Tab. 17). Le coefficient de similitude floristique entre états après feu varie entre 58 et 83%. Le coefficient le plus élevé est enregistré entre les états 2 (2 ans) et 3 (5 ans) avec un taux de 83%. La similitude la plus faible est observée entre les états 1 (1 an) et le témoin (non brûlé).

Tableau 13. Matrices des coefficients de similitude floristique de Sørensen calculés entre les différents états après feu

	État 1 (1 an)	État 2 (2 ans)	État 3 (5 ans)
État 1 (1 an)	/		
État 2 (2 ans)	0,74	/	
État 3 (5 ans)	0,71	0,83	/
Témoin	0,58	0,69	0,67

Les mêmes espèces qui existaient avant le feu s'établissent après, avec un pic constaté à la première année constitué essentiellement par des annuelles. *Scleropoa rigida*, *Cerastium glomerata* et *Arenaria serpyllifolia* sont les plus dominantes. D'autres annuelles apparaissent la deuxième année telles que *Myositis collina*, *Sherardia arvensis* et *Veronica pollita*. Parmi les 37 espèces rencontrées 5 ans après feu, 27 sont des annuelles, constituant ainsi 73 % de l'ensemble.

Comme il a été observé dans le cas de la forêt de Bou-Taleb, un important lot d'espèces se montrent indifférentes à l'impact du feu et se rencontrent à tous les états. Il s'agit, essentiellement des taxons vivaces et ligneux, qui se régénèrent par voie végétative, à partir de souches, ou par voie sexuée à partir des semences. Les plus dominants sont *Pinus halepensis*, *Calycotum villosa*, *Quercus coccifera*, *Phillyrea angustifolia*, *Pistacia lentiscus*, *Chamerops humilis* et *Erica arborea*.

5.3.1.4. Évolution après feu de la régénération du pin d'Alep

Comme il a été cité ci-dessus que le pin d'Alep se régénère facilement en absence du feu, cependant tous les auteurs s'accordent sur le fait qu'après incendie, il envahisse rapidement les terrains laissés libres par son passage et ceci sur de grandes surfaces.

Dans le site d'el Mellah, la régénération quantitative post incendie du pin d'Alep est remarquable. Le comptage des plantules de pin d'Alep issus de la germination des graines sur des parcelles de 25 m² montre leur augmentation au cours du temps. Une densité maximale de 15 600 pins par hectare a été observée à la première année après feu, puis elle augmente pour atteindre un pic à la deuxième avec 30 400 et diminue par la suite pour atteindre les 10 800 à la cinquième année (Fig. 27). Par contre, la hauteur maximale atteinte croit avec le temps en passant de 12 cm en moyenne la première année après feu à plus de deux mètres à la cinquième année.

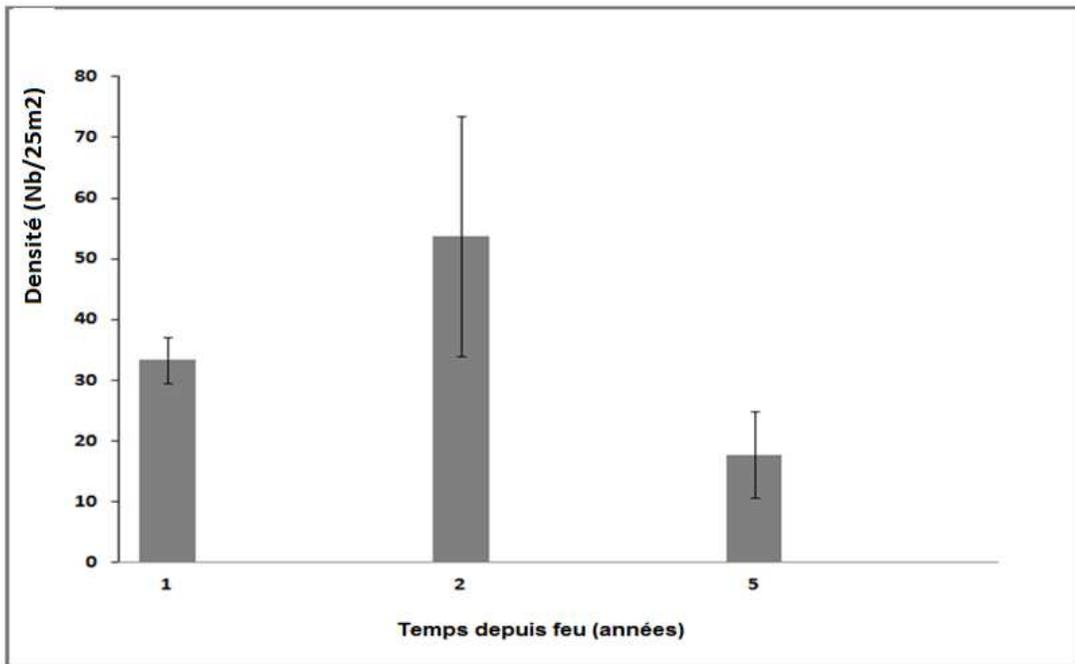


Figure 26. Évolution de la densité des pins régénérés après feu dans la pinède d'El Mellah, PNEK.

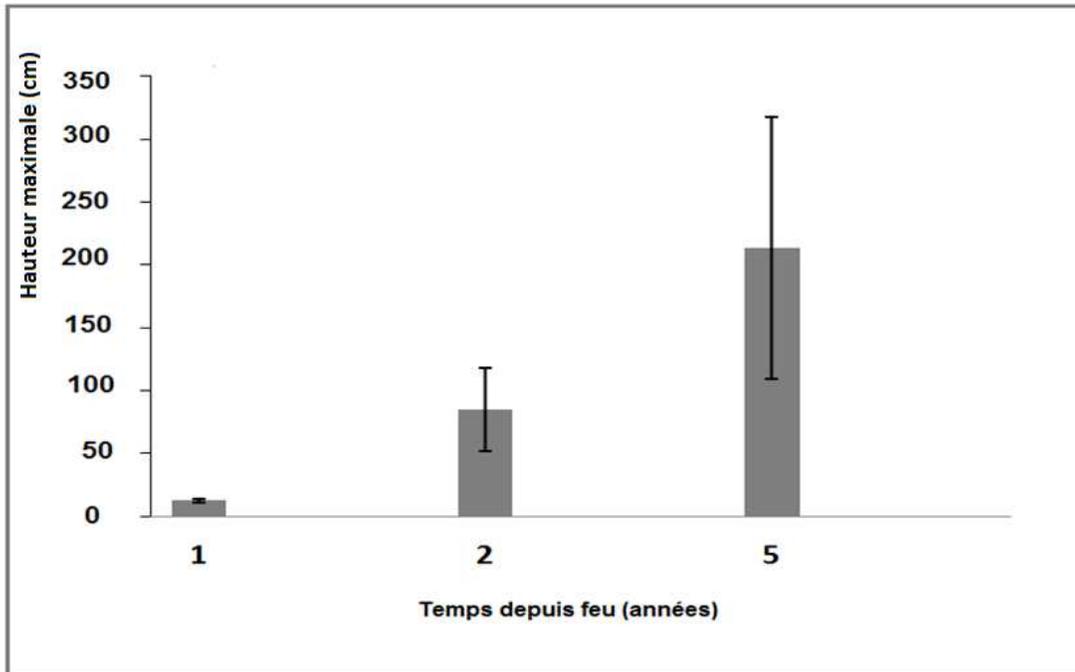


Figure 27. Évolution de la hauteur maximale des pins régénérés après feu dans la pinède d'El Mellah, PNEK.

5.3.2. Discussion

Dans le site d'el Mellah, la rapidité de la reprise végétative de ce peuplement de *Pinus halepensis* ne semble pas suivre le modèle générale tel qu'il a été constaté aussi bien sur la rive nord de la méditerranée (TRABAUD, 1980 ; TRABAUD et LEPART, 1980), qu'en Algérie dans la forêt de Bou-Taleb (MADOUÏ *et al.*, 2006). Il est, par contre, similaire à celui constaté dans la subéraie de Mizrana à Tizi-Ouzou par BEKDOUCHE *et al.*, (2008). La richesse floristique est maximale dès la première année, puis diminue par la suite. La reprise végétale après feu semble plus rapide dans le site d'el Mellah du PNEK que dans la forêt de Bou-Taleb. Le nombre élevé d'espèces constaté la première année est attribué à l'enrichissement du sol en éléments minéraux issus de la combustion du bois ainsi qu'à l'ouverture du milieu, par l'élimination des concurrents (BISWELL, 1974 et HARPER, 1977 in TRABAUD, 1980 ; TRABAUD et LEPART, 1980 ; NE'EMAN & IZHAKI, 1999 ; TSITSONI, 1997 ; CAPITANIO & CARCAILLET, 2008), qui devient favorable à l'installation des espèces annuelles. La dominance des annuels les premières années après feu a été rapportée aussi par d'autres auteurs (TRABAUD, 1970 ; TRABAUD, 1980, TRABAUD, 1993 ; BONNET et TATONY, 2003. Une partie de ces dernières sont généralement des espèces exogènes, n'appartenaient pas à la communauté végétale qui existait avant le feu mais profitent de l'ouverture du milieu par le feu pour s'y installer. Même si elles sont dominantes en nombre, elles le sont aussi par le recouvrement.

Toute fois, ces annuelles ne vont pas persister, mais elles disparaîtront rapidement au fur et à mesure que le peuplement se referme au profit des espèces pérennes. Les pérennes, que se soit les vivaces ou particulièrement les ligneux, montrent une certaine stabilité de leur nombre depuis la première année. Se sont des espèces adaptées à la perturbation par le feu et se régénèrent facilement après son passage.

Ces espèces résistent par leur mode de reproduction dont la majorité rejette à partir des souches, rhizomes, bulbes, etc. Le pin d'Alep et d'autres espèces à reproduction sexuée résistent au feu par des graines qui se trouvaient dans les cônes, ou apportées de l'extérieur du l'aire du feu.

Le peuplement de pin d'Alep du site el Mellah présente un retour rapide vers l'état qui existait avant le feu. La valeur importante des coefficients de similitude floristique inter états suggère que floristiquement, il n'y pas de grande différence entre les différents états qui se succèdent après feu et le témoin comparativement à ceux trouvés dans le cas de la forêt de Bou-Taleb. Ainsi, les peuplements de pin constituent des communautés stables et adaptées aux perturbations naturelles par le feu. Le retour à l'état qui existait avant feu est plus rapide sur la rive sud de la méditerranéen que sur la rive nord. Il apparaît que le climat joue un rôle de première importance dans la dynamique post incendie. Un milieu plus chaud que dans le nord de la méditerranée créés par les conditions climatiques qui règnent dans ce type de peuplement semble favoriser la reconstitution rapide du peuplement durant même la première année plutôt que durant la deuxième comme constatée ailleurs par TRABAUD et LEPART (1980) et TRABAUD (1993).

5.3.2.1. Évolution des plantules de pin d'Alep au cours du temps

Même dans ce type de peuplement et dans de telles conditions dans lesquelles se trouve le pin d'Alep, nous avons constaté une bonne régénération de pin après feu. La densité dans le peuplement de pin d'Alep du site el Mellah est importante comparée aux données rapportées par d'autres auteurs dans d'autres régions de l'Algérie (Tab. 18). À l'Ouest algérien, MORAVEC (1990) a trouvé une densité variant entre 1 600 et 2 300 plantules par hectare a deux ans après feu ; alors qu'au centre algérien, MEDDOUR (1992) donne une densité variant entre 8 000 et 42 000 par ha quatre ans après feu. La densité au PNEK est similaire à celle trouvée dans le reboisement de Zenadia, mais avec une année en avance. Au niveau de Zenadia, la densité trouvée à trois ans après feu est similaire à celle trouvée dans le PNEK mais à deux ans après feu. La même constatation pour l'état 6 ans après à Zenadia contre 5 ans après feu au PNEK. Ceci pourrait être expliqué par les conditions du milieu, essentiellement d'ordre climatique qui est beaucoup plus favorables au PNEK qu'à Sétif. Il tombe au PNEK en moyenne plus du double de précipitations qu'à Sétif.

Ces conditions du milieu expliqueraient aussi la bonne croissance des pins et leur hauteur importante atteinte après feu.

Au PNEK, la hauteur maximale atteinte par les pins au bout de cinq ans après feu et d'environ 4 fois plus que celle atteinte par les pins au bout de six ans à Sétif. Le modèle de la croissance en hauteur après feu des pins est le même constaté par d'autres auteurs dans d'autres régions. TRABAUD (1983) ; TRABAUD et al. (1985b) ; MOREY & TRABAUD, (1988) et MORAVEC (1990) donnent une croissance moyenne de 10 cm par an pendant les premières années suivant le feu. Mais, après 20 ans, la croissance est beaucoup plus importante en Europe qu'en Algérie.

Tableau 14. Comparaison de la régénération naturelle du pin d'Alep avec les données des autres régions. (NC= Nord centre, NE=Nord Est, NW=Nord ouest)

Localité	Temps depuis feu (années)	Densité du pin après feu (Nombre/ha)	Hauteur (cm)	Précipitation moyenne annuelle (mm)	Étage bioclimatique	Auteurs
Sidi Bel Abbes (NW Algérie)	5	35 800	48 (Moy.)	410	Semi-aride	Moravec (1990)
Zenadia (NE Algérie)	3	29 200 (Max.)	30 (Max.)	396	Semi-aride	Nos données
Zenadia (NE Algérie)	4	13 600 (Max.)	67 (Max.)	396	Semi-aride	Nos données
Zenadia (NE Algérie)	6	10 700	91 (Max.)	396	Semi-aride	Nos données
Zenadia (NE Algérie)	10	7 200 (Max.)	250 (Max.)	396	Semi-aride	Nos données
Meurdja (NC Algérie)	4	42 000	145 (Max.)	1159	Humide	Meddour (1992)
Meurdja (NC Algérie)	4	8 000	100 (Max.)	1159	Humide	Meddour (1992)
PNEK (NE Algérie)	1	15 600 (Max.)	15 (Max.)	810	Sub humide	Nos données
PNEK (NE Algérie)	2	30 400 (Max.)	130 (Max.)	810	Sub humide	Nos données
PNEK (NE Algérie)	5	10 800 (Max.)	370 (Max.)	810	Sub humide	Nos données

Le nombre de pin régénéré après feu suit le modèle trouvé dans toutes les études qui ont abordé le sujet. Il est relativement faible les premières années après feu puis augmente pour atteindre un maximum et fini par décroître au fur et à mesure que le peuplement atteint l'âge mature. Dans notre cas, le maximum est atteint à la deuxième année après feu, puis diminue à l'état 5 ans après feu. Cette diminution des plantules de pin pourrait être attribuée d'une part à la mortalité et d'autre part, à la compétition intra et inter spécifique qui se manifeste avec le temps. La mortalité du pin a été estimée, selon les auteurs, entre 11 et 65% les premières années suite au passage du feu (ABBAS *et al.*, 1984 ; TRABAUD, 1988 ; THANOS *et al.*, 1996 ; SARACINO *et al.*, 1997 ; PAUSAS *et al.*, 2004). La sécheresse a été citée comme la cause principale de la mortalité des jeunes plantules la première année après feu (MENDEL *et al.*, 1997), puis c'est la compétition qui en serait la cause (GOUDELIS *et al.*, 2008).

5.3.3. Conclusion

La reconstitution après feu des peuplements de pin d'Alep dans le parc national d'el Kala suit le même modèle de cicatrization que celui constaté dans les peuplements de la forêt domaniale de Bou-Taleb. Les espèces qui existaient avant le feu se réapparaissent après pendant même la première année suivant le feu. Les espèces qui rejettent apparaissent les premiers mois qui suivent le feu. Ces espèces sont douées d'une certaine adaptation à cette perturbation par le feu et l'effet de ce dernier n'est que temporaire. Il ne provoque pas de changement profond ni dans la composition floristique ni dans la structure et on assiste à une reconstitution rapide similaire au peuplement qui a existé avant le feu. La richesse floristique atteint son maximal à la première année après le feu en raison de l'installation des annuelles. Elle reste importante aussi durant la deuxième année puis diminue pour finir par se stabiliser à la cinquième année après le feu avec une valeur se rapprochant de celle du témoin (non brûlé). Les espèces apparaissant après le feu proviennent d'organes de survie comme les rhizomes, les souches, les bulbes ou bien encore les graines. Ces organes de survie étaient déjà présents dans le sol avant le feu, ou bien disséminés dans le cas des graines par le vent (anémochorie) ou par les animaux (zoochorie) juste après le passage de la flamme. Se sont ces deux derniers modes de dissémination qui permettent l'installation des espèces, étrangères (annuelles) au

peuplement d'origine, la première année après le feu qui bénéficie de l'ouverture du milieu et c'est leur disparition par la suite avec la fermeture du peuplement par les espèces endogènes qui explique la diminution de la valeur de la richesse floristique constatée à partir de la deuxième année. Il n'y a pas de succession dans le sens de remplacement d'une communauté par une autre, mais plutôt un retour vers l'état initial par une autosuccession. Cette autosuccession des pinèdes dans le parc national d'el Kala suit parfaitement le modèle d'évolution dit composition floristique initiale (EGLER, 1954) et celui d'inhibition proposé par CONNELL & SLATYER (1977).

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objectif de cette étude est d'étudier l'effet du feu sur la résilience des peuplements de *Pinus halepensis* dans trois sites dans l'Est algérien ; Sétif, Bou-Taleb et le parc national d'el Kala. Spécifiquement, il s'agit de voir si les reboisements de Pin d'Alep (peuplements artificiels) sont aussi résilients après feu comme les peuplements naturels, et si la reconstitution post perturbation des pinèdes dans le climat semi aride (Bou-Taleb) suit le même modèle que ceux dans le sub humide (PNEK).

Au terme de ce travail et à travers des résultats présentés, nous pouvons avancer que les feux en Algérie apparaissent comme des événements courants et qui ont existé depuis fort longtemps. Les boisements algériens sont habitués à ce type de perturbation naturelle et au cours du temps, ont acquis des mécanismes qui leur permettent d'y résister et de s'y adapter. Les premiers écrits de l'effet du feu sur la végétation parlait de la forêt algérienne qui ``renait de ses cendres``. C'est avec l'augmentation de la fréquence des feux que la situation est devenue problématique. La région nord-est est la plus touchée par les feux en raison de son fort taux de boisement et c'est la région qui présente le plus court cycle de feu. La fréquence des feux et les superficies brûlées sont liées dans tous les cas à des situations exceptionnelles, que se soit politique et socio économiques que climatiques. Cependant, les boisements algériens restent, dans l'ensemble, résistantes au passage du feu quand il est de faible fréquence, essentiellement les peuplements de pin d'Alep, sujet de notre étude.

Après le feu, la majorité des espèces végétales des peuplements de *Pinus halepensis* Mill. apparaissent dès la première année qui suit le feu sans observer de grand changement dans la composition floristique et évoluent vers un peuplement identique à celui qui existait avant le passage du feu. Il se présente comme une communauté stable et adaptée à ce type de perturbations naturelle. Ce sont les mêmes taxons qui existaient avant le passage du feu qui s'installeraient après et deviennent progressivement dominants, sans qu'il y ait réellement succession des communautés, comme ça été observée dans tout le

bassin méditerranéen. Même si du point de vue abondance sont faibles, ces espèces sont par contre dominantes par leur recouvrement. Ce sont essentiellement des espèces vivaces ligneuses, qui se régénèrent par voie végétative, à partir de souches (ex. *Quercus*, , *Pistacia*, *Phillyrea*, etc.), ou par voie sexuée à partir des semences (ex. *Pinus*, *Cistus*, *rosmarinus*, etc.). Le feu ne fait qu'éliminer de façon temporaire la partie aérienne de la végétation, mais rapidement, on assiste à la recolonisation des terrains brûlés par les mêmes espèces qui existaient avant le feu.

En climat semi aride, dans le cas des peuplements de pin d'Alep du Nord de Bou-Taleb, la similitude floristique atteint son maximum entre les états avancés et le témoin et le minimum s'observe entre les stades récents, états où le système est à son plein activité de cicatrisation. Cette différence est due à l'installation des plantes annuelles qui profitent du terrain laissé libre après le passage du feu par l'élimination des espèces concurrentes et l'enrichissement du sol par les cendres. Ces espèces seront aussitôt éliminées avec le retour des espèces qui existaient avant le feu ce qui expliquerait le fort coefficient de similitude trouvé quand on ne considère dans le calcul que les espèces dont leur fréquence est supérieure à 1.

En climat sub humide, la reconstitution après feu des peuplements de pin d'Alep dans le parc national d'el Kala est plus rapide que celle constatée à Bou-Taleb. Le maximum de richesse floristique est atteint à la première année plutôt qu'à la deuxième et la troisième dans le Bou-Taleb. Le climat paraît jouer un rôle décisif dans la reprise végétative après le feu. Toute fois, les deux peuplements suit le même modèle de cicatrisation que celui constaté dans les autres pays de la rive nord de la méditerranée. La richesse floristique est maximale durant les premières années qui suivent le feu, puis diminue par la suite pour se stabiliser à la fin de la succession après le feu.

Au parc national d'el Kala, les espèces qui existaient avant le feu se réapparaissent tout juste la première année suivant le feu, et même avant durant les premiers mois qui suivent le feu pour les espèces qui se reproduisent végétativement (par rejets). Ces espèces sont douées d'une certaine adaptation à la perturbation par le feu et l'effet de ce dernier n'est que temporaire et vont rapidement réapparaître à partir de leurs organes de survie

enfouis dans le sol (rhizome, bulbe, etc.). Le feu n'a qu'un impact fugace sur la végétation brûlée et ne provoque pas de changement profond ni dans la composition floristique ni dans la structure et on assiste à une reconstitution rapide similaire au peuplement qui a existé avant le feu. Malgré qu'on assiste à une valeur importante d'espèces la première année en raison de l'établissement des plantes annuelles, ces dernières finiront par disparaître pour laisser la place aux espèces qui existaient avant le feu. Il n'y a pas de succession dans le sens de remplacement d'une communauté par une autre, mais plutôt un retour vers l'état initial par une autosuccession.

Parmi les modèles de succession proposés par les différents auteurs, l'autosuccession des pinèdes naturelles constatée aussi bien dans la forêt de Bou-Taleb que dans celui du parc national d'el Kala, avec une dynamique plus rapide dans ce dernier, suit parfaitement le modèle d'évolution dit composition floristique initiale (EGLER, 1954) et celui d'inhibition proposé par CONNELL & SLATYER (1977).

Quant à la réaction du reboisement de pin d'Alep en Algérie suite à une perturbation naturelle par le feu, les résultats sont différents de ceux trouvés dans les peuplements naturels. Il apparaît que la reconstitution de ce type de peuplement trois ans après feu n'est pas possible ni du point de vue floristique ni structurelle. Il est différent des plantations témoins non brûlées. Bien que la richesse floristique soit importante comparativement à celle dans les peuplements non brûlé, mais à trois ans après le feu, la similitude floristique ne dépasse pas les 30% avec le témoin ce qui suggère qu'après le feu, la composition reste largement différente. Encore plus, du point de vue structurel, nous n'observons pas de retour à la structure qui existait avant le feu. Sur le laps de temps de nos observations, il ne semble pas qu'il y a un retour du reboisement à l'état avant le feu. En effet, il ne suit pas le modèle tel décrit aussi bien à Bou-Taleb qu'au PNEK concernant les peuplements naturels.

Il apparaît que le reboisement brûlé suit un modèle de succession différent de ceux caractérisant les peuplements naturels et par conséquent le modèle d'évolution dit composition floristique initiale proposé par EGLER (1954) et celui d'inhibition proposé par CONNELL & SLATYER (1977) ne pourrait s'appliquer à ce stade après feu.

Dans cette situation, nous nous attendons à ce qu'il y aura une succession de communautés avec le temps qui vont s'installer en fonction de l'évolution du milieu physique. Au fur et à mesure que les communautés gagneraient en âge, leur structure devenait de plus en plus complexe, entraînant une multiplicité des strates, chose que nous n'observons pas dans les peuplements naturels après feu. Compte tenu de ces résultats, le modèle du ``relais floristique`` pourrait s'appliquer à ce cas de succession si les espèces qui se sont installées prépareront le substrat aux autres espèces transitoires, et on assiste à une vraie succession de communauté au cours du temps. La survie de ce type d'écosystème permettrait d'avoir plus d'informations sur cette succession post-incendie.

Ce qui est à trait à l'évolution des plantules de pin d'Alep après le feu, bien que la densité de semis régénérés soit variable spatialement, elle est par contre temporellement similaire et suit le même modèle. Cette densité est importante les premières années, puis diminue avec les années à cause de la mortalité et de la compétition intra et interspécifique. En parallèle, la hauteur des semis continue à augmenter en suivant une courbe linéaire. Cette hauteur est liée aux conditions climatiques locales. Elle est plus importante au PNEK qu'à Sétif.

Dans le cas du reboisement de pin d'Alep, les plantules régénérées après le feu, si aucun autre facteur ne viendrait entraver leur évolution, vont évoluer vers une pinède naturelle mieux adapté au milieu et aurait certainement un rôle important dans le maintien de la biodiversité dans cette forêt.

Toute fois, les prévisions d'évolution des plantations de pin d'Alep suite au passage du feu doivent être prises avec prudence car les observations proviennent d'un seul feu et 10 ans après le feu constituent un âge court dans l'évolution d'un écosystème forestier dont plusieurs facteurs internes et externes peuvent influencer cette évolution. Néanmoins, quelque soit les résultats, une protection de ces écosystèmes en cours de succession, contre toute forme de dégradation, est très recommandée surtout que la régénération naturelle réussie par endroit est importante dans ce type de forêts compte tenu des coûts associés au reboisement des sites perturbés et à leurs entretiens.

Par ailleurs, le fait que la forêt de Zenadia est l'objet d'un projet d'aménagement en forêt récréative accroît notre crainte sur l'avenir de cet écosystème si les gestionnaires ne prennent pas en compte toute la variabilité écologique de cette forêt. En plus d'offrir un lieu de détente et un bien être aux citoyens par leurs différents services (ecosystems services), les forêts urbaines ont un rôle majeur à jouer non seulement comme lieu de détente et d'activité diverses, mais aussi comme puits de CO₂ et contribuent efficacement à la dissipation des polluants de l'air.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Anonyme, (1993). Summary of vegetation area affected by wildfire in Algeria between 1963 and 1991. Min. Agric., Forest service, Algiers, in Inter. Forest Fires News, N°8. UN/ECE/FAO

Anonyme, (1987). Bilan des incendies de forêts en Algérie. Ministère de l'Hydraulique et des Forêts. 220 P.

Abbas, H., M. Barbero, & R. Loisel, (1984). "Réflexions sur le dynamisme actuel de la régénération naturelle du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) dans les pinèdes incendiées en Provence calcaire (de 1973 à 1979)." ecologia mediterranea **10**(3-4): 85-104.

Acherar, M., J. Lepart, & M. Debussche, (1984). "La colonisation des friches par le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Miller) en Languedoc méditerranéen." Acta oecologica. Oecologia plantarum **5**(2): 179-189.

Arianoutsou, M. (1984). "Post-fire successional recovery of fryganic (east mediterranean) ecosystem." Acta Oecologica Oecologia Plantarum, 5: 387-394.

Bagnouls, F. & Gaussen, H. (1953). "Saison sèche et indice xéothermique." Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 88 (3-4) : 193-239.

Barbero, M., Bonin, G., Loisel, R., Miglioretti, F. & P. Quézel, (1987). "Incidence of exogenous factors on the regeneration of *Pinus halepensis* after fires." ecologia mediterranea **13**(4): 51-56

Barbero, M., & P. Quézel, (1989). "Structures, Architectures forestières à sclérophylles et prévention des incendies." Bull. Ecol., 20 (1): 7-14.

Barbero, M., G. Bonin, R. Loisel, & P. Quézel, (1990). "Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the western part of the Mediterranean basin." Plant Ecology **87**(2): 151-173.

Bary, J.P. (1960). "Contribution à l'étude de la végétation de la région de Nîme." Année Biologique, 3^{ème} série, 36:311-550.

Bekdouche, F., A. Derridj, & F. Krouchi, (2008). "Evolution après feu de la composition floristique de la subéraie de Mizrana (Tizi-Ouzou, Algérie)." Sciences & Technologie C **28**: 19-29.

Belarouci, N. L. (1991). Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir, Office des publications universitaires.

Benabid, A. (1984). "Études phytoécologiques des peuplements forestiers et préforestiers du Rif centro-occidental (Maroc)." Trav. Inst. Sc., sér. Bot. 34:1-64, Rabat

- Benderradji, M., Alatou, D. & A, Arfa, (2004).** "Bilan des incendies de forêts dans le Nord-Est algérien Cas de Skikda, Annaba et El tarf, période 1990-2000." *Forêt méditerranéenne*, **25**(3):211-218
- Bensaïd, S. (1995).** "Bilan critique du barrage vert en Algérie." *Science et changementsplanétaires/Sécheresse* **6**(3): 247-255.
- Bentouati, A. et Bariteau, M. (2006).** Réflexions sur le dépérissement du Cèdre de l'Atlas des Aurès (Algérie). *Forêt méditerranéenne*, T. XXVII, n°4, 2006, pp. 317-322
- B.N.E.F. (1982).** Étude d'aménagement de la forêt domaniale de Bou-Taleb. Direction générale des Forêts, Algérie.
- Braun-Blanquet, G. (1936).** "La Lande à Romarin et Bruyère (Rosmarino-Ericion) en Languedoc." *SIGMA, Comm* **48**.
- Bonnet, V. & T. Tatonni (2003).** "Analyse spatiale et fonctionnelle de la réponse de la végétation après incendie en basse Provence calcaire." *Forêt méditerranéenne* **24**(4): 385-402.
- Boudy, P. (1948).** *Economie forestière nord-africaine. Tome 1, Milieu physique et milieu humain.* Edition Larose, Paris, 686 P.
- Boudy, P. (1952).** *Guide du forestier en Afrique du Nord. Ed. La maison rustique.* **505 p.**
- Boudy,P. (1955).** *Economie forestière nord-africaine.* Tome IV, Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. 483 p. Ed. Larose, Paris.
- Bouaoune, D., & M. Dahmani-Megrerouche, (2010).** "Reconstitution de données climatiques pour l'Algérie du Nord : application des réseaux neuronaux." *C. R. Geoscience* **342** : 815–822
- Boumezbeur, A. & A. Bouteldji, 2005.** "Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar. 1- Réserve intégrale du Lac El Mellah (Wilaya d'El Tarf) ". Ministère de l'agriculture et du développement rural, Direction générale des forêts. Alger.
- Bougherara, A. (2010).** "Identification et suivi des paysages et de leur biodiversité dans la wilaya d'El Tarf (Algérie) à partir des images Landsat, Spot et Aster." *Revue Télédétection*, 2010, **9**(3-4): 225-243
- Boyadgiev, T. (1975).** "Les sols du Hodna (Algérie)." *PUND FAO Rapport technique* (5).
- Brown, J. K. (2000).** "Chapter 1: introduction and fire regimes." *USDA Forest Service - General Technical Report RMRS-GTR* **2**: 7.
- Calvo, L., Tarrega, R., & E., Luis, (1992).** "The effect of human factors (cutting, burning and uprooting) on experimental heatland plots." *Pirineos*, **140** : 15-27.

- Capitania, R. & C. Carcaillet (2008).** "Post-fire Mediterranean vegetation dynamics and diversity: a discussion of succession models." Forest Ecology and Management **255**(3-4): 431-439.
- Chitier, A. (1882).** Étude sur les causes du déboisement en Algérie et les moyens d'y remédier. Université de Harvard, 66 p.
- Clement, B. & J. Touffet (1982).** "Le rôle des incendies dans la succession des communautés végétales des landes bretonnes." 107e Congrès national des Sociétés savantes, Brest, sciences, fasc. II: 51-62.
- Connell, J. H. & R. O. Slatyer (1977).** "Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization." American naturalist: 1119-1144.
- Debazac, E. F. & R. Tomassone (1965).** "Contribution à une étude comparée des Pins méditerranéens de la section Halepensis." Ann Sci For (22): 216-254.
- De Beaucoudrey, P. (1938).** Les forêts. 24 p. Extrait du volume Algérie et Sahara. Paris.
- Djellouli, Y. (1990).** Flore et climat en Algérie septentrionale. Déterminismes climatiques de la répartition des plantes. Thèse de doctorat, université des sciences et de la technologie Houari Boumédiène, Alger.
- De Ribbe Ch., 1866.** "La question des incendies de forêts dans l'Algérie et dans les Maures de la Provence." Rev. Agr. Forest., Provence, p. 201-213.
- De las Heras, J., J. Martínez-Sánchez, et al. (2002).** "Establishment of *Pinus halepensis* Mill. saplings following fire: effects of competition with shrub species." Acta oecologica **23**(2): 91-97.
- Direction générale des forêts, (2002).** Bilan décennal des incendies de forêts en Algérie (1992-2002). Ministère de l'Agriculture, Alger.
- Duvigneaud, P. (1984).** La synthèse écologique. Doin 2^e Ed., Paris, 380 p.
- Elleberg H. & D. Mueller-Dombois (1965-1966). A key to Raunkiaer plant life forms with revised subdivisions. Separatdruck aus Ber-geobot. Inst. ETH, Stifg Rübel, Zurich 7: 56-73
- Emberger, L. (1930).** "La Végétation Méditerranéenne Essai de classification des groupements végétaux." Rev. Gen. De Bot **42**: 611-622.
- Egler, F. E. (1954).** "Vegetation science concepts I. Initial floristic composition, a factor in old-field vegetation development with 2 figs." Plant Ecology **4**(6): 412-417.
- Escarré, J., C. Houssard, Debussche, M. et J. Lepart, (1983).** "Evolution de la végétation et du sol après abandon cultural en région méditerranéenne: étude de

- succession dans les Garrigues du Montpelliérais (France)." Acta oecologica **4**(18): 221-239.
- FAO, (2007).** Situation des forêts du monde, Food & Agriculture Org. 142 p.
- Forgeard, F. (1990).** "Development, growth and species richness on Brittany heathlands after fire." Acta oecologica **11**(2): 191-213.
- Forgeard, F. (1987).** Les incendies dans les landes Bretonnes. Caractéristiques et conséquences sur la végétation et le sol. Thèse Doct. Es Sci. Nat., Rennes, 357 p.
- Gehu, J. M. & S. Rivas-Martinez. (1980).** "Syntaxonomie." Berichte der inter. Symp. Der Inter. Vereinigung für vegetations Kunde : 5-33.
- Gehu, J. -M. (1991).** "La phytodynamique: Approche phytosociologique." Colloques phytosociologique XX, Phytodynamique et Biogéographie, historique des forêts, Bailleul, France. p. 15-28.
- Gharzouli, R. and Y. Djellouli (2005).** "Diversité floristique de la Kabylie des Babors (Algérie)." Rev. Sèch. **3**: 217-225.
- Gill, A. M. (1979).** "Fire in the Australian landscape." Landscape Planning **6**(3-4): 343-357.
- Guillerme J.-L. & L.Trabaud, (1980).** "Les interventions récentes de l'homme sur la végétation au nord de la Méditerranée et plus particulièrement dans le sud de la France." Naturalia Monspeliensia, N° Hors Série, p. 157-171.
- Guinochet, M. & R. de Vilmorin (1978).** Flore de France, C.N.R.S., Doin Ed. 5 vol.
- Guinochet, M. (1973).** Phytosociologie, Masson. Ed, Paris, 227 p.
- Gotzenberger, L., Constanze, O., Hensen, I., Gomez, P.S., Wesche, K., (2003).** "Postfire regeneration of a thermomediterranean shrubland area in southeastern Spain." Anales de Biologia **25**, 21–28
- Goudelis, G., P. Ganatsas, T., Tsitsoni, Y. Spanos & E. Daskalakou, (2008).** "Effect of two successive wildfires in *Pinus halepensis* stands of central Greece." Web Ecology **8**: 30-34.
- Gounot, M. (1969).** Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Ed. Masson Paris, 314 p.
- Heinselman, M. L. (1973).** "Fire in the virgin forests of the Boundary Waters Canoe Area, Minnesota." Quaternary Research **3**(3): 329-382.

- Hadjadj Aoul, S., Chouieb, M. & R. Loisel, (2009).** "Effet des facteurs environnementaux sur les premiers stades de la régénération naturelle de *Tetraclinis articulata* (Vahl, Master) en Oranie, Algérie." *Ecologia mediterranea*, (35):19-30.
- Jacob, J. P. & A. Jacob, (1980).** "Nouvelles données sur l'avifaune du lac de Boughzoul (Algérie)." *Alauda*, Vol. 48, p. 209-219.
- Jacob, J. P., Ledand J. P. & C. Hilly, (1975).** "Les oiseaux d'eau du marais de Réghaia (Algérie)" *Aves*, vol. 16, p. 59-82.
- Kadik, B. (1983).** "Etude du pin d'Alep en Algérie : Ecologie, dendrométrie, morphologie." Thèse doct. d'Etat, Fac. Aix-Marseille III, 313 p. + annexes.
- Keeley, J. (1986).** "Resilience of Mediterranean shrub communities to fires." *Resilience in Mediterranean-type ecosystems* 95: 112
- Kunholtz-Lordat, G. (1938).** La terre incendiée, essai d'agronomie comparée. Ed. Maison carrée Nîmes, 361 p.
- Kunholtz-Lordat, G. (1958).** L'écran vert. Ed. du Muséum, Paris, 276 p.
- Lefebvre, H. (1900).** Les forêts de l'Algérie, Giralt, imprimeur-photographeur. 438 p.
- Legendre, P. & L. Legendre (1998).** Numerical ecology, Elsevier Science. 870 p.
- Le Grand, E. (1979).** Étude expérimentale des propriétés germinatives de quelques semences sahéliennes. O.R.S.T.O.M., Ministère du Plan, de la république de Haute-Volta. 39 p.
- Le Houerou, H.N. (1973).** "Fire and vegetation in the mediterranean basin." Proceedings Annual Tall Timbers fire Ecology Conference, 13, p. 237-277, Tall Timbers Research Station, Tallahassee, Florida.
- Le Houerou, H.N. (1980).** "L'impact de l'homme et de ses animaux sur la forêt méditerranéenne". Forêt Méditerranéenne, - 1ère partie: II(1): 31-44- et 2ème partie: (2):155-174.
- Lemee, G. (1978).** Précis d'écologie, Masson, Paris. 285 p.
- Madoui, A., F. Catry & M. Kaabeche, (soumis).** "Post-fire regeneration of *Pinus halepensis* Mill. plantations in northern Algeria." *Forest System*."
- Madoui, A. & M. Kaabeche, (2010).** "Régénération post-incendie du pin d'Alep dans les reboisements de la région de Sétif". Séminaire International en Biologie Végétale et Ecologie le 22-25 novembre, Constantine.
- Madoui, A., Leduc, A., Gauthier, S. & Y. Bergeron, (2010).** "Spatial pattern analyses of post-fire residual stands in the black spruce boreal forest of western Quebec." International Journal of Wildland Fire 19(8): 1110-1126.

Madoui, A. (2008). "Est- ce que la suppression des feux a eu un effet sur le régime des feux en forêt boréale ?" Synthèse remis comme exigence partielle du programme de doctorat en science de l'environnement. 54 p.

Madoui, A. & J. G. Goldammer (2006). "Fire effects on the composition of *Pinus halepensis* and *Quercus rotundifolia* communities in the Bou-Taleb Forest, Algeria, with application of a multivariable analysis." Forest Ecology and Management **234** (Supplement 1): S168.

Madoui, A., J. M. Gehu, & D. Alatou (2006). "L'effet du feu sur la composition des pinèdes de *Pinus halepensis* Mill. dans le nord de la forêt de Bou-Taleb, Algérie." ecologia mediterranea **32**: 5-13.

Madoui, A. (2003a). "Un milieu à préserver: La forêt des Babors." Congrès forestier modiale. 7-12 septembre, Québec, Canada.

Madoui, A. (2003b). "La forêt algérienne". Bulletin Association Internationale Forêts Méditerranéennes, n° 11, Marseille, France

Madoui, A. & J. M. Gehu (2002). "Effect of forest fire on the reconstitution of Aleppo pine forests in some sites in the domanical forest of Bou-Taleb, mount of Hodna, Algeria", Millpress Science Publishers Rotterdam, Netherlands: 227.

Madoui, A. (2002). "Les incendies de forêt en Algérie: Historique, bilan et analyse." Forêt méditerranéenne **23**(1): 23-30

Madoui, A. (2000). "Forest fires in Algeria and case of domanical forest of Bou-Taleb." Inter. Forests Fires News, April, 22: 9-15, ECE/FAO, Agriculture and Timber Division, Geneva.

Madoui, A. & J. M. Gehu (1999). "Etat de la végétation dans la forêt du Bou-Taleb: Mont du Hodna, Algérie." Forêt méditerranéenne **20**(4): 162-168.

Madoui, A. (1995). "Contribution à l'étude de l'impact écologique des feux de forêts sur la végétation du massif de Bou-Taleb (Sétif)." Thèse de Magister, Inst. Biol. Univ. Setif. 281 p. + annexe.

Maestre, F. T. and J. Cortina (2004). "Are *Pinus halepensis* plantations useful as a restoration tool in semiarid Mediterranean areas?" Forest Ecology and Management **198**(1-3): 303-317.

May, T. (1987). "L'état de la végétation 9 ans après l'incendie d'un reboisement de *Pinus halepensis* en Andalousie orientale." Forêt méditerranéenne **IX**(2): 139-142.

Marc, P. (1916). "Les incendies de forêts en Algérie". in Notes sur les forêts de l'Algérie. Typographie Adolphe Jourdan. Imprimeur-libraire-Editeur, Alger.

- Meddour, R. (1992).** "Régénération naturelle de *Cedrus atlantica* Man. et de divers pins après incendie dans l'arboretum de Meurdja (Algérie)." Forêt méditerranéenne **XIII**(4): 275-287.
- Meddi, H. & M. Meddi (2009).** "Variabilité des précipitations annuelles du Nord-Ouest de l'Algérie." Sécheresse **20**(1): 57-65
- Melo, A. C. G. & G. Durigan (2010).** "Fire impact and dynamics of plant community regeneration at the seasonal semideciduous forest edge (Gália, SP, Brazil)." Revista Brasileira de Botânica **33**(1): 37-50.
- Mendel, Z., Assael, F., Saphir N, Zehavi A, Nestel D, & G. Schiller, (1997).** "Seedling Mortality in Regeneration of Aleppo Pine Following Fire and Attack by the Scale Insect *Matsucoccus josephi*." International Journal of Wildland Fire **7**, 327–333.
- Mezali, M. (2003).** "Forum des Nations unies sur les forêts (3e session, Genève)." Alger: Ministère de l'Agriculture et du Développement rural et Direction générale des forêts.
- Missoumi, A., K. Mederbal, & K. Benabdeli, (2002).** "Apport des Systèmes d'information géographiques dans la prévention et la lutte contre les incendies de forêts: Exemple de la forêt domaniale de Kounteidat, Algérie." Forêt méditerranéenne **23**(1): 11-22.
- Monnier, Y. (1981).** La poussière et la cendre. Agence de Coopération culturelle et Technique. 250 p.
- Monnier, Y. (1968).** Les effets des feux de brousse sur une savane préforestière de Côte-d'Ivoire. Abidjan, Ministère de l'éducation nationale, Direction de la recherche scientifique, Etudes Eburnéennes 9, 260 p.
- Moravec, J. (1990).** "Regeneration of NW African *Pinus halepensis* forests following fire." Plant Ecology **87**(1): 29-36.
- Morey, M. & L. Trabaud, (1988).** "Primeros resultados sobre la dinamica de la regeneracion tras incendioen Mallorca." Studia Oecologica, 5: 137-159
- Nasi, R., R. Dennis, & al. (2002).** "Forest fire and biological diversity." UNASYLVA-FAO-: 36-40.
- Ne'eman, G. & I. Izhaki (1999).** "The effect of stand age and microhabitat on soil seed banks in Mediterranean Aleppo pine forests after fire." Plant Ecology **144**(1): 115-125.
- Ozenda, P. (1982).** Les végétaux dans la biosphère. Ed. Doin, Paris. 431 p.
- Ozenda, P. (1977).** Flore du Sahara, 2nd edn Centre National de la Recherche Scientifique, Paris. 622 p.

- Pausas, J., E. Ribeiro, & R. Vallejo (2004).** "Post-fire regeneration variability of *Pinus halepensis* in the eastern Iberian Peninsula." Forest Ecology and Management **203**(1-3): 251-259.
- Quézel, P., Barbero, M., Benabid, A., Loisel, R. & S. Rivas-Martinez, (1992).** "Contribution à la connaissance des matorrals du Maroc oriental." Phytocoenologia **21**(1-2): 117-174.
- Quezel, P. (1976).** "Les forêts du pourtour méditerranéen". in "Forêts et maquis méditerranéen: écologie, conservation et aménagement". Note technique du MAB UNESCO, Paris. 2 : 10-23.
- Quezel, P. (1980).** "L'homme et la dégradation récente des forêts au Maghreb et au proche orient." Naturalia monspeliensia, N° Hors Série, p. 147-152.
- Quezel, P., Barbero, M., Bonin, G., & R. Loisel, (1980).** " Pratiques agricoles et couvert forestier en région méditerranéenne humide et sub-humide. Montagne et forêt méditerranéenne. Centre International pour l'Environnement alpin. pp. 91-107.
- Quezel, P. & M. Santa. (1962-1963).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. 2 vols, CNRS (eds). Paris. 1170 p.
- Rebai, A. (1986).** "Les incendies de forêts dans la wilaya de Mostaganem (Algérie). Etude écologique et proposition d'aménagement." Thèse de Docteur de Spécialité écologie méditerranéenne, option : Phytoécologie. Fac. Sci. Tech. St Jérôme, 130 p.
- Rego, A., Botelho, H. & S. Bunting, (1987).** "Prescribed fire effects on soils and vegetation in *Pinus pinaster* forests in northern Portugal." Ecologia mediterranea , **13**(4):189-195.
- Seigue, A. (1985).** La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes, Maisonneuve & Larose. 502 p.
- Seltzer, P. (1946).** Le climat de l'Algérie. Inst. Météo. et Phys. Globe (I.M.P.G). Univ. d'Alger, Carbonel, Alger. 219 p.
- Saracino, A., Pacella, R., Leone, V., M. Borghetti, (1997).** "Seed dispersal and changing seed characteristics in a *Pinus halepensis* Mill. forest after fire." Plant Ecology **130**(1): 13-19.
- Saracino, A., & V. Leone, (1993).** "Natural regeneration 2 and 4 years after fire of *Pinus halepensis* Miller in dunal environment." In Trabaud L. and Prodon R.(eds) Fire in Mediterranean Ecosystems. Ecosystems Research Report 5, Commission of European Communities, Brussels, 141-150
- Thanos, C. A., E. N. Daskalaku, & S. Nikolaidou, (1996).** "Early post-fire regeneration of a *Pinus halepensis* forest on Mount Parnis, Greece." Journal of Vegetation Science **7**(2): 273-280.

- Thanos, C., Marcou, S., Christodoulakis, D., & A. Yannitsaros, (1989).** "Early post-fire regeneration in *Pinus brutia* forest ecosystems of Samos Island (Greece)." Acta Oecologica a Oecologia Plantarum. 10(1): 79-94.
- Thibault, R. (1866).** Des incendies de forêts en Algérie, leurs causes et des moyens préventifs et défensifs à leur opposer. Constantine, imp. de Ve Guende. 73 p.
- Trabaud, L. (1970).** "Quelques valeurs et observations sur la phyto-dynamique des surfaces incendiées dans le Bas-Languedoc. (Premiers résultats)." Naturalia monspeliensia, Sér. Bot. 21: 213-242.
- Trabaud, L. (1980).** "Impact biologique et écologique des feux de végétation sur l'organisation, la structure et l'évolution de la végétation des garrigues du Bas Languedoc." Thèse Doctorat Etat Sciences, Univ. Sci. Tech. du Languedoc, Montpellier, 288 P.
- Trabaud, L. & J. Lepart, (1980).** "Diversity and stability in garrigue ecosystems after fire." Vegetatio, 43: 49-57.
- Trabaud, L. (1982).** "Effects of past and present fire on the vegetation of the French Mediterranean region." pp. 22-26, In: Dynamics and management of Mediterranean-type ecosystems. US Forest Serv. Gen. Tech. PSW - 58. Pacific Southwest Forest and Range Exp. Stn.
- Trabaud, L. (1983).** "Risques d'incendie et accroissement de la végétation dans la région méditerranéenne française." Rev. Gén. Sécurité, 25: 41-46.
- Trabaud, L. (1989).** "Le feu: Historique et causes. In Les feux de Forêts. Mécanismes, comportement et environnement." Ed. France-Sélection. 280 p.
- Trabaud, L. (1992).** "Réponses des végétaux ligneux méditerranéens à l'action du feu." Pirineos, 140: 89-107.
- Trabaud, L. (1995).** "Modalités de germination des cistes et des pins méditerranéens et colonisation des sites perturbés." Revue d'écologie 50(1): 3-14.
- Trabaud, L., J. Grosman, & T. Walter, (1985).** "Recovery of burnt *Pinus halepensis* Mill. forests. I. Understorey and litter phytomass development after wildfire." Forest Ecology and Management 12(3-4): 269-277.
- Tsitsoni, T. (1997).** "Conditions determining natural regeneration after wildfires in the *Pinus halepensis* (Miller, 1768) forests of Kassandra Peninsula (North Greece)." Forest Ecology and Management 92(1-3): 199-208.
- Tsitsoni, T., P. Ganatsas, & M. Tsakalimi., (2004).** "Dynamics of postfire regeneration of *Pinus brutia* Ten. in an artificial forest ecosystem of northern Greece." Plant Ecology 171(1): 165-174.
- Van Effenterre, C., (1990).** "Prévention des incendies de forêts. Statistique et politique." Rev. For. Fr. XLII, n° sp.:20-32.

- Velez, R. (1990a).** "Les incendies de forêt dans la région méditerranéenne: panorama régional." Unasylva 162, 41 : 3-9.
- Velez, R. (1990b).** "Protection contre les incendies de forêts : principes et méthodes d'action." Options méditerranéennes, Série B : Etudes et recherches, Numéro 26, CIHEAM, 118 p.
- Velez, R. (1992).** Incendies de forêts dans les pays de la région méditerranéenne. Centre International pour l'Environnement alpin, p. 91-107.
- Vennetier (2001).** Dynamique spatiale de la régénération des forêts après incendie en basse Provence calcaire. Cas particulier du pin d'Alep. Un projet commun IMEP - Cemagref dans le cadre du GIS Incendie. 32 p.
- Verroios, G. & T. Georgiadis (2002).** "Post-fire vegetation succession: the case of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Miller) forests of northern Achaia (Greece)." Fresenius Environmental Bulletin 11(4): 186-193.
- Warnier, A. H. (1865).** L'Algérie devant l'Empereur: pour faire suite à "L'Algérie devant le Sénat" et à "L'Algérie devant l'opinion publique", Challamel aîné. 328 p.
- Wojterski, T. (1985).** "Guide de l'excursion internationale de Phytosociologie." Algérie du Nord. Institut National Agronomique, El Harrach.
- Yousfi, D., Zebbar, E., Kebir, W. & I. Messaadi, (2005).** "Inventaire des feux de forêts dans le nord de l'Algérie par utilisation des données du satellite ALTSAT-1." Workshop International Télédétection et Systèmes d'Information Géographique "Information Spatiale et développement durable". 14 au 16 novembre 2005, Rabat, Maroc.
- Zaimeche, S. E. (1994).** "The consequences of rapid deforestation: a North African example." Ambio: 136-140.
- Zeraïa, L. (1981).** "Essai d'interprétation comparative des données des forêts de chêne-liège de Provence cristalline (France méridionale) et d'Algérie". Thèse de doct. Univ de Marseille III. 367 p
- Zouaidia, H. (2006).** "Bilan des incendies de forêts dans l'Est algérien. Cas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras." Mémoire de magister en écologie végétale, université de Constantine. 155 p.

Annexes

ANNEXE

Tableau 15. Tableau floristique des pinèdes de pin d'Alep de la forêt de Bou-Taleb. Comparaison entre les différents états après feu et le témoin. TB= types biologiques. Th= Thérophytes, He= Hémicryptophytes, Ge= géophytes, Ch= Chamephytes, nPh= nanoPhanérophytes et Ph= Phanérophytes.

E T A T après feu	I	II	III	IV	P	
Temps depuis feu (années)	2-3	4	7-8	33-Témoin	R	
Recouvrement moyen (%)	65	74	76	70	E	
Superficie moyenne (m ²)	188	180	190	140	S	
Altitude moyenne (m)	1250	1300	1160	1200	E	
Nombre d'espèces moyen	26,25	41,8	24,4	22,66	N	
Nombre d'espèces total par état	63	122	62	66	C	
Nombre d'espèces total par état dont f>1	52	60	53	50	E	
ESPÈCES DES JEUNES STADES						TB
<i>Lonicera implexa</i>	1 ⁺	4 ⁺			2	nPh
<i>Elychrysum stoechas ssp scandens</i>	1 ¹	2 ⁺¹			2	Ch
<i>Phagnalon saxatile ssp saxatile</i>	2 ⁺¹	1 ⁺			2	Ch
<i>Paronychia argentea</i>	2 ⁺¹	2 ⁺			2	He
<i>Centaurea acaulis</i>	2 ¹	1 ²			2	He
<i>Catananche coerulea</i>	2 ¹²	1 ¹			2	He
<i>Sedum sediforme</i>	3 ⁺¹	1 ⁺			2	Ge
<i>Diplotaxus harra</i>	1 ¹	1 ¹			2	Th
<i>Euphorbia falcata</i>	1 ¹	1 ¹			2	Th
<i>Filago spathulata</i>	1 ¹	2 ⁺¹			2	Th
ESPECES ABSENTES DANS LES VIEUX STADES						
<i>Lotophyllis argenteus ssp argenteus</i>	1 ⁺	3 ⁺	1 ¹		3	Ch
<i>Scleropoa rigida</i>	1 ⁺	2 ¹	1 ¹		3	Th
<i>Carlina lanata</i>	1 ¹	1 ¹	1 ¹		3	Th
<i>Avena sterilis</i>	2 ⁺¹	2 ¹	1 ¹		3	Th
ESPÈCES "INTERMÉDIAIRES"						
<i>Calycotum spinosa</i>		3 ¹	1 ¹		2	nPh
<i>Cistus salvifolius</i>		1 ¹	1 ¹		2	nPh
<i>Pistacia lentiscus</i>		4 ¹	2 ¹		2	nPh
<i>Fumana thymifolia</i>		1 ¹	1 ⁺		2	Ch
<i>Silene nocturna</i>		1 ¹	1 ¹		2	He
<i>Sideritis incana</i>		2 ⁺	1 ⁺		2	He
<i>Kentranthus calcitrapa</i>		1 ⁺	1 ⁺		2	Th
<i>Galium viscosum ssp viscosum</i>		1 ⁺	1 ¹		2	Th
<i>Arenaria serpyllifolia</i>		3 ⁺	1 ⁺		2	Th
ESPECES ABSENTES DANS LE PREMIER STADE						
<i>Thapsia villosa</i>		1 ⁺	2 ⁺	1 ⁺	3	He

<i>Galium mollugo ssp corrudifolium</i>		2 ⁺	3 ¹	2 ⁺¹	3	He
<i>Anarrhinum fruticosum</i>		2 ⁺²	1 ¹	3 ⁺¹	3	He
<i>Cirsium acarna</i>		2 ⁺¹	1 ¹	1 ¹	3	Th
ESPÈCES DES VIEUX STADES						
<i>Helianthemum croceum</i>			2 ¹	1 ¹	2	Ch
<i>Bromus madritensis</i>			4 ¹	3 ⁺¹	2	Th
<i>Alyssum parviflorum</i>			1 ⁺	1 ⁺	2	Th
<i>Arabis auriculata</i>			1 ⁺	1 ⁺	2	Th
ESPÈCES INDIFFÉRENTES (PYROPHYTES)						
<i>Juniperus phoenicea</i>	1 ⁺	2 ¹	1 ¹	1 ⁺	4	Ph
<i>Juniperus oxycedrus</i>	1 ¹	2 ⁺	3 ⁺¹	2 ⁺	4	Ph
<i>Quercus rotundifolia</i>	4 ¹²	3 ⁺	3 ¹	6 ¹²	4	Ph
<i>Pinus halepensis</i>	4 ¹²⁴	5 ⁺¹²	5 ¹²³	5 ⁺¹²	4	Ph
<i>Phillyrea angustifolia ssp angustifolia</i>	3 ¹	2 ¹	4 ¹	3 ⁺¹	4	nPh
<i>Rosmarinus tournefortii</i>	4 ⁺¹²	2 ¹	4 ¹²³	6 ¹²	4	nPh
<i>Cistus villosus</i>	4 ¹²	5 ⁺¹²	5 ²³⁴	5 ⁺¹²	4	nPh
<i>Genista pseudo-pilosa</i>	2 ¹	1 ⁺	2 ¹	2 ¹²	4	nPh
<i>Genista microcephala</i>	3 ⁻¹	1 ¹	5 ⁺¹	6 ¹²⁴	4	Ch
<i>Teucrium pollium ssp capitatum</i>	1 ¹	2 ⁺¹	3 ¹	4 ¹²	4	Ch
<i>Helianthemum cinerea ssp rubellum</i>	2 ¹	3 ⁺¹	3 ⁺¹	4 ⁺¹	4	Ch
<i>Aster linosyris</i>	4 ¹	3 ¹	1 ¹	3 ¹	4	He
<i>Centaurea parviflora</i>	4 ⁺¹²	2 ¹	4 ¹²³	6 ¹²	4	He
<i>Asperula hirsuta</i>	2 ¹	5 ⁺¹	2 ¹	3 ⁺¹	4	He
<i>Avena bromoides</i>	2 ¹	2 ¹	3 ⁺¹	2 ⁺¹	4	He
<i>Carex halleriana</i>	2 ¹	2 ⁺¹	1 ¹	2 ⁺¹	4	He
<i>Dactylis glomerta</i>	1 ¹	4 ¹	2 ¹	2 ¹	4	He
<i>Allium paniculatum var typicum</i>	1 ¹	2 ¹²	3 ¹	3 ⁺¹	4	Ge
<i>Ampelodesmos mauritanicum</i>	1 ¹	5 ⁺¹	2 ⁺¹	2 ⁺¹	4	Ge
<i>Helianthemum ledifolium</i>	4 ¹	2 ¹	2 ¹	2 ¹	4	Th
<i>Micropus bombycinus</i>	3 ¹	4 ¹²	3 ¹²	4 ⁺¹	4	Th
<i>Cynosurus elegans</i>	2 ⁺¹	2 ¹	1 ²	4 ¹²	4	Th
<i>Senecio leucanthemifolius</i>	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	4	Th
<i>Linum strictum</i>	1 ¹	3 ⁺¹	1 ⁺	1 ⁺	4	Th
<i>Jasminum fruticans</i>	1 ¹	3 ⁺¹		1 ¹	3	nPh
<i>Teucrium pseudo-chamaeypitis</i>	1 ⁺	2 ⁺¹		1 ⁺	3	He
<i>Polygala rupestris</i>	1 ⁺	1 ¹		1 ⁺	3	Ch
<i>Globularia alypum</i>	3 ⁺¹		5 ¹	4 ⁺¹	3	nPh
<i>Thymelaea virgata</i>	1 ¹		2 ¹	1 ⁺	3	Ch
<i>Leuzea conifera</i>	1 ⁺		2 ⁺¹	2 ⁺¹	3	He
<i>Stipa tenacissima</i>	4 ⁺¹		3 ¹	4 ⁺¹	3	He
<i>Brachypodium distachyum</i>	1 ⁺		1 ⁺	5 ⁺¹²	3	Th
<i>Linaria simplex</i>	1 ¹		2 ¹	2 ¹	3	Th
<i>Lotus creticus ssp collinis</i>	1 ¹		2 ¹		2	He
<i>Centaurea incana</i>	1 ¹		2 ¹		2	He
<i>Dianthus caryophyllis ssp virgineus</i>	2 ⁺			1 ¹	2	He
<i>Linum suffruticosum</i>	1 ⁺			2 ¹	2	He
<i>Ebenus pinnata</i>	1 ⁺			1 ⁺	2	Th

<i>Santolina rosmarinifolia</i>		2 ⁺		1 ¹	2	Ch
<i>Helianthemum pilosum</i>		2 ⁺¹		3 ¹	2	Ch
<i>Ferula communis</i>		2 ¹		1 ⁺	2	He
<i>Ammoides atlantica</i>		2 ⁺		1 ⁺	2	Ge
<i>Anagallis arvensis ssp parviflora</i>		1 ¹		1 ⁺	2	Th
<i>Polycarpon tetraphyllum</i>		2 ⁺		1 ⁺	2	Th

Tableau 16. Tableau floristique de la pinède (reboisement) de Zenadia. Comparaison de la flore entre les états brûlés et les états non brûlés (témoins). TB= types biologiques; Th= Thérophytes, He= Hémicryptophytes, Ge= géophytes, Ch= Chamephytes, nPh= nanoPhanérophytes et Ph= Phanérophytes

Sites	Brûlé	Non brûlé		
Pente moyenne (%)	28,93	18,89		
Recouvrement moyen de la strate arborée (%)	0,00	88,33		
Recouvrement moyen de la strate arbustive (%)	1,43	0,00		
Recouvrement moyen de la strate herbacée (%)	76,79	5,00		
Nombre d'espèces moyen	29,00	7,33		
Densité moyenne des pins (nombre/m2)	0,57	0,28		
ESPECES PRESENTES DANS LE SITE BRULE			TB	FAMILLES
<i>Reseda alba</i> L.	14 ⁺¹²³		He	Resedaceae
<i>Bromus rubens</i> L.	13 ¹²³⁴		Th	Poaceae
<i>Pinus halepensis</i> Mill. (seedling)	13 ⁺¹³⁴		Ph	Pinaceae
<i>Ononis natrix</i> L.	12 ⁺¹²³		He	Fabaceae
<i>Bromus madritensis</i> L.	10 ¹²³⁴		Th	Poaceae
<i>Avena sterilis</i> L.	10 ⁺¹²⁴		Th	Poaceae
<i>Lithospermum arvense</i> L.	10 ⁺¹²³		Th	Boraginaceae
<i>Anacyclus clavatus</i> (Desf.)Pers.	10 ⁺¹²		Th	Asteraceae
<i>Silene nocturna</i> L.	10 ⁺¹²		Th	Caryophyllaceae
<i>Crepis vesicaria</i> L.	9 ⁺¹		He	Asteraceae
<i>Eryngium campestre</i> L.	9 ⁺¹		He	Apiaceae
<i>Scabiosa stellata</i> L.	9 ⁺¹		Th	Dipsacaceae
<i>Medicago minima</i> Grufb.	8 ⁺¹²		Th	Fabaceae
<i>Anthyllis tetraphylla</i> L.	7 ⁺¹		Th	Fabaceae
<i>Hordeum murinum</i> L.	7 ⁺¹²³		Th	Poaceae
<i>Carlina lanata</i> L.	6 ⁺¹		Th	Asteraceae
<i>Filago spathulata</i> Pres.	5 ⁺¹³		Th	Asteraceae
<i>Atractylis cancellata</i> L.	5 ⁺¹²		Th	Asteraceae
<i>Sanguisorba minor</i> Scop.	5 ⁺¹		He	Rosaceae
<i>Convolvulus cantabrica</i> L.	4 ¹²		He	Convolvulaceae
<i>Scrophularia canina</i> L.	4 ¹²		He	Scrophulariaceae
<i>Quercus rotundifolia</i> Lamk.	4 ⁺²		nPh	Fagaceae
<i>Dactylis glomerata</i> L.	4 ⁺¹		He	Poaceae
<i>Micropus bombycinus</i> Lag.	4 ⁺¹		Th	Asteraceae
<i>Paronychia argentea</i> (Pourr.)Lamk.	4 ⁺¹		He	Illecebraceae
<i>Silene secundiflora</i> Otth.	4 ⁺¹		Th	Caryophyllaceae
<i>Thymelaea tartonraira</i> All.	4 ⁺¹		Ch	Thymelaeaceae
<i>Marrubium vulgare</i> L.	4+		Ch	Lamiaceae
<i>Papaver rhoeas</i> L.	4 ⁺		Th	Papaveraceae
<i>Carduus tenuiflorus</i> (Curt.)Batt.	4 ¹		He	Asteraceae

<i>Reseda luteola</i> L.	4 ¹		He	Resedaceae
<i>Silene coeli-rosa</i> (L.) Godron	3 ¹		Th	Caryophyllaceae
<i>Hedypnois cretica</i> (L.) Willd.	2 ¹		Th	Asteraceae
<i>Ormenis africana</i> (Jord.&F.) Lit & M.	2 ¹		Ch	Asteraceae
<i>Plantago psyllium</i> L.	3 ¹³		Th	Plantaginaceae
<i>Brassica amplixicaulis</i> (Desf.) Pomel.	3 ⁺¹		Th	Brassicaceae
<i>Capsella bursa-pastoris</i> L.	3 ⁺¹		Th	Brassicaceae
<i>Carduncellus pinnatus</i> (Desf.) DC.	3 ⁺¹		He	Asteraceae
<i>Koeleria phleoides</i> (Vill.)	3 ⁺¹		Th	Poaceae
<i>Linum strictum</i> L.	3 ⁺¹		Th	Linaceae
<i>Picnomon acarna</i> (L.) Cass.	3 ⁺¹		Th	Asteraceae
<i>Ajuga iva</i> (L.) Schreber	3 ⁺		He	Lamiaceae
<i>Carlina racemosa</i> L.	3 ⁺		He	Asteraceae
<i>Antirrhinum orontium</i> L.	2 ⁺¹		Th	Scrophulariaceae
<i>Carthamus pectinatus</i> Desf.	2 ⁺¹		He	Asteraceae
<i>Erodium malachoides</i> (L.) Wold.	2 ⁺¹		Th	Geraniaceae
<i>Eruca vesicaria ssp. sativa</i> (L.) Car.	2 ⁺¹		Th	Brassicaceae
<i>Ferula nodiflora</i> L.	2 ⁺¹		He	Apiaceae
<i>Nardurus cynosuroides</i> (Desf.) B. et T.	2 ⁺¹		Th	Poaceae
<i>Cynosurus elegans</i> Desf.	2 ¹²		Th	Poaceae
<i>Lactuca serriola</i> L.	2 ⁺		He	Asteraceae
<i>Thapsia villosa</i> L.	2 ⁺		He	Apiaceae
ESPECES COMMUNES ENTRE LES SITES BRULE ET NON BRULE				
<i>Hirschfeldia incana</i> L.	10 ¹²	3 ⁺²	Th	Brassicaceae
<i>Silene tridentata</i> Desf.	9 ⁺¹²	1 ⁺	Th	Caryophyllaceae
<i>Plantago lagopus</i> L.	8 ¹²	2 ¹	He	Plantaginaceae
<i>Centaurea parviflora</i> Desf.	7 ⁺¹²³	1 ⁺	He	Asteraceae
<i>Thapsia villosa</i> L.	7 ⁺¹	1 ⁺	He	Apiaceae
<i>Hippocrepis multisiliquosa</i> L.	7 ⁺	2 ⁺	Th	Fabaceae
<i>Helianthemum cinereum</i> (Cav.) Pers.	6 ⁺¹²	5 ⁺¹	He	Cistaceae
<i>Thymus ciliatus</i> (Desf.) Batt.	6 ⁺¹	2 ⁺	Ch	Lamiaceae
<i>Alyssum scutigerum</i> (L.) Dur.	6 ⁺¹	1 ⁺	Th	Brassicaceae
<i>Helianthemum racemosum</i> (L.) PAU	5 ⁺¹²	1 ¹	He	Cistaceae
<i>Astragalus armatus subsp. numidicus</i> Willd.	5 ⁺¹	3 ⁺	nPh	Fabaceae
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	5 ⁺¹	1 ⁺	Th	Asteraceae
<i>Melilotus macrocarpa</i> Cass. et Dur.	4 ⁺¹	5 ⁺¹	Th	Fabaceae
<i>Astragalus tenuifoliosus</i> Maire	4 ⁺¹	2 ⁺	Ch	Fabaceae
<i>Teucrium pollium</i> L. (p.p.)	4 ⁺¹	1 ⁺	Ch	Lamiaceae
<i>Fumana thymifolia</i> (L.) Desf.	3 ⁺¹	2 ⁺	Ch	Cistaceae
<i>Daphne gnidium</i> L.	2 ⁺	2 ⁺	nPh	Thymelaeaceae
<i>Euforbia falcata</i> L.	2 ⁺	1 ⁺	Th	Euphorbiaceae
<i>Pallenis spinosa</i> (L.) Cass.	2 ⁺	1 ⁺	He	Asteraceae
<i>Medicago lupulina</i> L.	1 ⁺	5 ⁺²	He	Fabaceae
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	1 ⁺	2 ⁺¹	He	Apiaceae
<i>Brachypodium distachyum</i> L.	1 ⁺	1 ⁺	Th	Poaceae
<i>Lathyrus annuus</i> L.	1 ⁺	1 ⁺	Th	Fabaceae
<i>Malva sylvestris</i> L.	1 ⁺	1 ⁺	He	Malvaceae

<i>Sedum caeruleum</i> L.	1 ⁺	1 ¹	Th	Crassulaceae
<i>Stipa retorta</i> Cav.	1 ⁺	1 ⁺	Th	Poaceae
ESPECES PRESENTES DANS LE REBOISEMENT NON BRULE				
<i>Pinus halepensis</i> Mill. (Arbre)		9 ³⁴	Ph	Pinaceae
<i>Cupressus sempervirens</i> L.		4 ⁺²	Ph	Cupressaceae
ESPECES PRESENTES AVEC UNE FAIBLE FREQUENCE				
<i>Anchusa azurea</i> Mill.	1 ⁺		He	Boraginaceae
<i>Androsace maxima</i> L.	1 ⁺		TH	Primulaceae
<i>Cardamine hirsuta ssp hirsuta</i> Syme.	1 ⁺		Th	Brassicaceae
<i>Convolvulus althaeoides</i> L.	1 ⁺		He	Convolvulaceae
<i>Coronilla scorpioides</i> Koch	1 ⁺		Th	Fabaceae
<i>Ferula communis</i> L.	1 ⁺		He	Apiaceae
<i>Inula viscosa</i> (L.) Ait.	1 ⁺		He	Asteraceae
<i>Matthiola fruticulosa</i> (L.) Maire	1 ⁺		He	Brassicaceae
<i>Salvia sp</i>	1 ⁺		He	Lamiaceae
<i>Silybum marianum</i> Goerth	1 ⁺		He	Asteraceae
<i>Tlaspi perfoliatum</i> L.	1 ⁺		Th	Brassicaceae
<i>Vulpia myuros</i> (L.) Gmel.	1 ⁺		Th	Poaceae
<i>Teucrium pseudochamaepitys</i> L.	1 ⁺		He	Lamiaceae
<i>Cynoglossum cheirifolium</i> L.	1 ¹		He	Boraginaceae
<i>Lagurus ovatus</i> L.	1 ¹		Th	Poaceae
<i>Matthiola longipetala</i> (Vent.) DC.	1 ¹		Th	Brassicaceae
<i>Reseda lutea</i> L.	1 ¹		He	Resedaceae
<i>Scabiosa atropurpurea</i> L.	1 ¹		He	Dipsacaceae
<i>Scolymus hispanicus</i> L.	1 ¹		He	Asteraceae
<i>Thymelaea virgata</i> Desf.	1 ¹		Ch	Thymelaeaceae
<i>Tolpis virgata</i> (Desf.) Pers.	1 ¹		He	Asteraceae

Tableau 17. Tableau floristique de la pinède d'El Mellah au PNEK. Comparaison entre les états brûlés et le témoin. TB= Type biologique. A=Annuels, V=Vivaces, L=ligneux.

Temps depuis feu (Années)	1	2	5	Témoin	
Recouvrement global moyen (%)	46,67	70	85	85	
Recouvrement moyen de la strate arborée (%)	0	0	0	20	
Recouvrement moyen de la strate arbustive (%)	43	70	73	70	
Recouvrement moyen de la strate herbacée (%)	33	20	13	8	
Nombre moyen d'espèces	42	38	23	28	
Densité moyenne des pins (nombre/m ²)	1,33	1,88	0,42	\	
Hauteur moyenne maximale (cm)	12,67	85,00	213,33	\	
ESPÈCES DES JEUNES STADES					TB
	3 ⁺¹				A
<i>Solanum nigrum L.</i>	3 ⁺¹				L
<i>Cerastium glomerata</i>	3 ¹				A
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	2 ⁺²				A
<i>Malcolmia aegyptiaca Spr.</i>	2 ⁺²				A
<i>Euphorbia peplis L.</i>	2 ⁺¹				A
<i>Galium murale</i>	2 ⁺¹				A
<i>Silene coeli-rosa</i>	2 ⁺¹				A
<i>Parietaria lusitanica L.</i>	2 ⁺				A
<i>Hypochaeris achyrophorus L.</i>	2 ¹				A
<i>Lythrum junceum Soland.</i>	1 ¹				V
<i>Myositis collina</i>	2 ⁺¹	2 ¹			A
<i>Sherardia arvensis</i>	1 ⁺	2 ⁺¹			A
<i>Veronica pollita Fries</i>	1 ⁺	2 ⁺			A
<i>Scirpus setaceum</i>	1 ⁺	1 ⁺			A
<i>Aira cupaniana</i>	1 ⁺	1 ¹			A
<i>Medicago italica</i>	1 ¹	2 ¹			A
<i>Brachypodium distachyum</i>	2 ⁺¹	1 ¹	1 ¹		A
<i>Erigeron canadensis L.</i>	2 ⁺¹	1 ¹	1 ¹		A
<i>Scrofularia sambucifolia L.</i>	2 ⁺²	1 ²			V
<i>Pteridium aquilinum</i>	1 ⁺	2 ¹	2 ⁺		V
<i>Briza minima</i>	1 ⁺	1 ¹	1 ¹		A
<i>Anagallis arvensis</i>	1 ⁺	3 ⁺¹	1 ¹		A
<i>Kentranthus calcitrapa</i>	3 ¹²	1 ¹	1 ⁺		A
<i>Olea europea var oleaster</i>	2 ¹²	2 ¹	2 ⁺¹		L
<i>Sedum altissimum</i>	3 ⁺¹	2 ¹²	1 ⁺		V
<i>Stachys marrubifolia Viv.</i>	2 ⁺²	2 ⁺¹	1 ¹		A
<i>Bellis annua</i>	3 ⁺¹	3 ⁺¹	1 ⁺		A
<i>Cytisus trifloris</i>	2 ⁺	2 ⁺²	1 ⁺		L
<i>Papaver dubium subsp eu dubium</i>	2 ⁺	1 ⁺	1 ⁺		A
<i>Trifolium arvense L.</i>	2 ⁺¹	1 ¹	1 ⁺		A
<i>Dianthus sp.</i>		2 ⁺			V
<i>Matthiola sp.</i>		1 ⁺			A
<i>Linaria sp. (fleur rouge)</i>		2 ¹	1 ⁺		V

<i>Leontodon hispidus</i> L.		2 ¹	1 ¹		V
<i>Galium murale</i> (L.) All.		1 ¹	1 ¹		A
<i>Catapodium rigidum</i> (L.) C.E.Hubb.		2 ⁺¹	1 ¹		A
ESPÈCES RENCONTRÉES QUE DANS LES TÉMOINS					
<i>Juniperus phoenicea</i>				2 ⁺¹	L
<i>Pinus halepensis</i> (arbre)				2 ¹²	L
<i>Juniperus oxycedrus</i>				1 ¹	L
ESPÈCES INDIFFÉRENTES (PYROPHYTES)					
<i>Quercus coccifera</i>	3 ⁺²³	3 ¹³	3 ⁺²³	2 ¹²	L
<i>Phillyrea angustifolia</i>	3 ⁺¹²	3 ¹	2 ¹	2 ¹²	L
<i>Pistacia lentiscus</i>	3 ⁺¹²	2 ¹	3 ¹²³	2 ¹²	L
<i>Chamerops humilis</i>	3 ⁺¹	3 ⁺¹	2 ⁺¹	2 ⁺¹	L
<i>Erica arborea</i>	3 ⁺¹	2 ⁺¹	1 ¹	2 ¹	L
<i>Linaria microphylla</i>	3 ⁺¹	3 ¹²³	1 ¹	1 ¹	V
<i>Rubus ulmifolius</i>	2 ⁺	2+3	2 ⁺¹	2 ⁺¹	L
<i>Lonicera implexa</i>	2 ⁺	2 ⁺¹	1 ⁺	1 ¹	L
<i>Smilax aspera</i> var <i>genuina</i>	2 ⁺	1 ¹	2 ⁺¹	1 ¹	L
<i>Sedum</i> sp. (des dunes)	2 ⁺¹	1 ⁺	2 ⁺	1 ¹	V
<i>Asparagus acutifolius</i>	2 ⁺¹	1 ¹	2 ⁺	1 ⁺	L
<i>Helianthemum halimifolium</i> Willd	2 ⁺¹	1 ¹	1 ¹	1 ¹	L
<i>Galactites tomentosa</i>	1 ⁺	2 ⁺¹	1 ⁺	2 ⁺	A
<i>Cistus salvifolius</i>	3 ¹²	3 ¹²	3 ⁺¹	1 ¹	L
<i>Pinus halepensis</i> (régénération)	3 ¹²	3 ¹²	3 ¹²³	2 ⁺	L
<i>Calycotum villosa</i>	3 ¹²	2 ¹	3 ⁺¹	2 ¹	L
<i>Geranium robertianum</i>	3 ¹	3 ⁺¹	1 ⁺	1 ⁺	V
<i>Cynosurus elegans</i>	3 ¹	3 ¹	1 ¹	1 ⁺	A
<i>Solanum sodomaeum</i> L.	1 ¹	3 ⁺¹	1 ¹	1 ⁺	L.
<i>Fedia cornicopii</i>	1 ¹	2 ¹²	1 ⁺	1 ⁺	A
<i>Arbutus unedo</i>	1 ¹	2 ¹	2 ⁺	1 ¹	L
<i>Myrtus communis</i>	1 ¹	2 ¹	1 ¹	2 ¹	L
<i>Scrofularia canina</i> L.	11	1 ²	1 ¹	1 ⁺	V
<i>Urginea maritima</i>	1 ¹	1 ¹	1 ⁺	2 ⁺¹	V
<i>Clematis</i> sp.		2 ⁺¹	1 ¹	1 ¹	L
<i>Retama retam</i>		1 ⁺	1 ⁺	2 ¹²	L
<i>Ruscus aculeatus</i>		1 ⁺	1 ⁺	1 ¹	L
<i>Cerastium pentadrum</i>		3 ¹²	1 ⁺	1 ⁺	A
<i>Euphorbia</i> sp.		1 ¹	1 ¹	1 ¹	A
<i>Carex distachya</i> Desf.		2 ⁺¹		1 ⁺	V
<i>Helianthemum</i> sp.		2 ¹		1 ¹	V
<i>Phalaris caerulea</i> Desf.		2 ¹		1 ¹	V
<i>Trifolium campestre</i> Schreb.	2 ⁺²	1 ²		1 ¹	A
<i>Rhamnus alaternus</i>	2 ¹	2 ⁺¹		2 ¹	L
<i>Daphne gnidium</i>	1 ¹		1 ⁺		L
<i>Lagurus ovata</i> L.	1 ¹		1 ⁺		A
<i>Polycarpon tetraphyllum</i>	2 ¹		1 ¹		A
<i>Coronilla scorpioides</i>	3 ⁺¹		1 ⁺		V
<i>Rubia peregrina</i>	2 ⁺			1 ¹	L
<i>Cerastium arvensis</i>	2 ¹			1 ⁺	A
<i>Filago gallica</i>	1 ²			1 ⁺	A

ملخص

تعتبر الحرائق اضطرابات طبيعية التي تلامت معها بشكل طبيعي النظم الإيكولوجية الغابية . هاته الحرائق ليست دخيلة عن هذه النظم وانما جزء لا يتجزؤ من وظيفتها الإيكولوجية . رغم أنها تسبب خسائر فورية في مادة الخشب والإنتاج في الأجلين القصير والمتوسط المدى، فإنها لا تؤثر في شيء على ديمومة الغابات . بعض انواع النباتات تستوجب أو تكون مفضلة بفضل الحرائق في تكاثرها وتجديدها و الصنوبر الحلبي خير مثال على ذلك.

الدراسات التي أجريت حول تأثير الحرائق على الغابات تمت أساسا في الجهة الشمالية للبحر الأبيض المتوسط . لكن القليل من الدراسات خصصت لهذا الموضوع في الجزائر . من ناحية، دراستنا تأتي لتملأ هذه الفجوة في المعرفة وثانيا دراسة ما إذا كانت غابات الصنوبر الحلبي (الغابات المزروعة) هي أيضا مقاومة للحرائق مثل الغابات الطبيعية، وأيضا، إذا كانت مقاومة غابات الصنوبر الحلبي للحرائق في المناطق ذات المناخ شبه الجاف (بو طالب) بنفس الكيفية مثل تلك الموجودة في المناطق شبه الرطبة (PNEK).

أعتمدت هذه الدراسة على الطريقة السنكرونية لمتابعة النباتات التي نمت بعد الحريق في غابة بو طالب، بينما أعتمدت الطريقة الديكرونية في متابعة تجديد و نمو الصنوبر الحلبي بعد الحريق في غابة زنادية (سطيف) و الحضيرة الوطنية للقالية (الطارف).

نتائجنا تظهر أنه بعد الحريق، نباتات الغابات للصنوبر الحلبي الطبيعية تظهر بسرعة مرة أخرى و تستعيد المجموعات تركيبها النباتية منذ السنوات الأولى بعد الحريق . وهذه الخاصية تكون أسرع في المناطق شبه رطبة (الحضيرة الوطنية للقالية) من المناطق شبه الجافة (بو طالب).

بينما هذه الميزة لم تلاحظ في غابة زنادية (سطيف) حيث ليس هناك عودة مثالية إلى حالة ما بعد الحريق و ثلاثة سنوات بعده ، غابات الصنوبر الحلبي الناتجة عن التشجير لا تتبع النمط العام المعروف عند الغابات الطبيعية.

فيما يخص نمو و تطور شتلات الصنوبر الحلبي بعد الحريق ، على الرغم من أن كثافتها غير متجانسة، فإنها تطورها مع الوقت متشابهة في الأماكن المدروسة جميعا و يتبعان نفس النموذج مهما كانت نوعية الغابات . إذ تكون كثافتها عالية في تالسنوا الأولى التي تلي الحريق ثم تبتدئ في التناقص بسبب الوفيات و التنافس فيما بينها . لكن طول هذه الشتلات تستمر في الارتفاع متبعة في ذلك منحني خطي و تكون متأثرة بالعوامل المناخية المحلية حيث يكون طولها أكبر في القالة منه عن سطيف.

مفاتيح كلمات : حرائق الغابات ، الاضطرابات الطبيعية، إعادة لتحريجا، التجديد الطبيعي، تطور الغابات.

Titre : *Les incendies de forêts en Algérie. Étude de la régénération après feu des peuplements de Pinus halepensis Mill. dans l'Est algérien. Cas de la forêt de Bou-Taleb, du reboisement de Zenadia et du parc national d'el Kala.*

Mots clés : *Régénération, dynamique forestière, reboisement, perturbation, feu de forêt.*

Résumé : *Les feux de forêts sont des perturbations naturelles auxquelles les écosystèmes forestiers sont bien adaptés. Ces feux ne sont pas nouveaux, mais ils font partie intégrante du fonctionnement des systèmes écologiques. S'ils provoquent immédiatement la perte du matériel sur pied et amoindrissement de la production à court et moyen terme, ils n'affectent en rien la permanence des boisements. Certaines espèces nécessitent ou sont favorisées par le passage du feu pour se renouveler et se reproduire, et le pin d'Alep en est un bon exemple.*

Les études réalisées sur la cicatrisation post-incendie ont été conduites sur la rive nord de la méditerranée sur des peuplements naturels; alors que peu de travaux ont été consacré au sujet en Algérie. D'une part, notre étude vient combler ce manque de connaissance et d'autre part vérifier si les reboisements de Pin d'Alep (peuplements artificiels) sont aussi résilients aux feux comme les peuplements naturels, et si la reconstitution des pinèdes dans le climat semi aride (Bou-Taleb) s'opère de la même façon que ceux dans le subhumide (PNEK). La méthode synchronique à été suivie pour l'évolution floristique dans le Bou-Taleb, alors que le suivie de la régénération du pin d'Alep a été suivi de façon diachronique dans le cas de Zenadia et du PNEK.

Nos résultats montrent qu'après le feu, les peuplements naturels de pin d'Alep se reconstituent rapidement et retrouvent leur composition floristique depuis les premières années suivant le feu. Cette reconstitution est plus rapide en climat subhumide (Parc national d'el Kala) qu'en climat semi aride (Forêt de Bou-Taleb). Toute fois, dans le cas du reboisement de Zenadia, la reconstitution floristique et structurelle semble défailante après le feu. Il n'y a pas de retour parfait à l'état pré incendie, et à trois années après feu, la dynamique forestière des reboisements ne suit pas le modèle général constaté dans les peuplements naturels.

Ce qui est à trait à l'évolution des plantules de pin d'Alep après le feu, bien que la densité de semis régénérés soit variable spatialement, elle est par contre temporellement similaire et suit le même modèle quelque soit le type de peuplement. Elle est importante les premières années, puis diminue avec les années à cause de la mortalité et de la compétition. Toute fois, la hauteur des semis continue à augmenter en suivant une courbe linéaire. Elle est liée aux conditions climatiques locales et est plus importante au PNEK qu'à Sétif.

En fin, nos résultats suggèrent la protection des reboisements incendiés en cours de succession, contre toute forme de dégradation, surtout que la régénération naturelle du pin d'Alep réussie par endroit est importante dans ce type de forêts compte tenu des coûts associés au reboisement des sites perturbés et à leurs entretiens.

Title : *Forest fires in Algeria. Study of post fire regeneration of Pinus halepensis stands in eastern Algeria. The forest of Bou-Taleb, the plantation of Zenadia and the national parc of El Kala case.*

Key words : *Plantation, disturbance, forest fires, forest succession, Pinus seedlings.*

Abstract. *Forest fires are natural disturbances that forests ecosystems are well adapted and are part include the functioning of ecological systems. If they cause immediate loss of stock and lessening of the production in the short and medium term, they do not affect the permanence of stands. Some species require or are enhanced by the passage of fire to renew and reproduce, and the Aleppo pine is a good example.*

Studies on the reconstitution post-fire were conducted on the north shore of the Mediterranean on natural stands, while little studies has studied the subject in Algeria. First, our study fills this lack of knowledge and also check whether the reforestation of Aleppo pine (plantation) are also resilient to fire as natural stands, and if the post fire reconstruction of pine forests in the semi-arid climate (Bou-Taleb) operates the same way as those in the sub humid (PNEK). Synchronic method was used for the development of flora in the Bou-Taleb, while the post fire seedling of Aleppo pine was followed diachronically in the case of Zenadia and PNEK.

Our results show that after the fire, natural stands of Aleppo pine are recovering quickly and regain their floristic composition since the early years following the fire. This reconstruction is faster in sub humid climate (El Kala National Park) than in semi-arid climate (Forest of Bou-Taleb). Any time, in the case of reforestation Zenadia, floristic and structural rebuilding after the fire seems faulty. There is no perfect back in the pre fire, and three years' post-fire forest dynamics reforestation does not follow the general pattern found in natural stands.

Which is related to the evolution of Aleppo pine seedlings after fire, although the seeding is regenerated spatially variable, it is against temporally similar and follows the same pattern regardless of the type of settlement. It is important the early years, and then decreases with age because of mortality and competition. Any time, seedling height continues to increase following a linear curve. It is related to local climatic conditions and is more important in PNEK than in Setif.

In the end, our results suggest the protection of plantations burned during succession, against all forms of degradation, especially as the natural regeneration of Aleppo pine successful in some places is important in this type of forests in view of the costs associated to reforestation disturbed sites and their preservation.