

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane MIR-Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Sciences Biologiques de l'Environnement
Filière: Sciences Biologiques
Option: Sciences Naturelles de l'Environnement



Réf.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Analyse de la recolonisation après
incendie par le pin d'Alep (*Pinus
halepensis Mill*) au Parc Nationale de
Gouraya**

Présenté par:

Mr.BENYAHIA Abdelghani. & Melle.TADJINE/Hanane.

Soutenu le : 18 Juin 2017

Devant le jury composé de :

	Grade	
Mr. MOUSLI Med/Elaid.	MAA	Président
Mr. BEKDOUCHE Farid.	MCA	Encadreur
Mr. LAIMOUCHE A/Hafid.	MAA	Examineur

Année universitaire: 2016/2017

Dédicaces

Je dédie ce mémoire :

A la mémoire de mon père

A ma mère qui ont su m'insuffler la volonté de

Toujours aller de l'avant.

A mes frères et sœurs qui m'ont toujours soutenu en faisant

preuve de grande patience.

A tous mes amis exceptionnellement Nadjoua et Chanez

Mes camarades de promotion de 2eme année master SNE

(2016-2017) Sans exception.

Enfin, à tous ceux qui ont contribué de près Ou de loin à la

réalisation De ce travail exceptionnellement Lina

Hanane

Dédicaces

Je dédie ce mémoire :

*A mes chers parents qui ont su m'insuffler la volonté de
Toujours aller de l'avant.*

*A mes frères et sœurs qui m'ont toujours Soutenu en faisant
preuve de grande patience.*

A tous mes amis

*Mes camarades de promotion de 2eme année master SNE
(2016-2017) Sans exception.*

*Enfin, à tous ceux qui ont contribué de près Ou de loin à la
réalisation De ce travail exceptionnellement Lina*

Abdelghani

Remerciements

On remercie Allah, le Tout-Puissant, qui nous à donné la force et le courage pour poursuivre mes études.

On tient à remercier sincèrement Monsieur Bekdouche F, qui en tant que encadreur de mémoire, s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer.

On tient à exprimer également notre profonde gratitude à Mr Mousli M/El, qui nous a fait l'honneur de présider notre jury de mémoire. A Mr Laimouche A, on veut leur adresser notre profonde reconnaissance pour avoir accepté de consacrer de leur temps à l'examen de ce travail.

Merci aussi à tous nos enseignants. On leur exprime notre profonde sympathie et on leur souhaite beaucoup de bien.

....A vous tous, merci.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	01
CHAPITRE I : Analyse bibliographique : généralités sur les incendies de forêts et la régénération du pin d'Alep	
I-1-Définition de l'incendie de forêt.....	03
I-2-Les facteurs de prédisposition des incendies.....	03
I-2-1-Les facteurs naturels.....	03
I-2-2-Les facteurs humains.....	04
I-3-Les causes des incendies.....	04
I-3-1-Les causes naturelles.....	04
❖ La composition chimique des végétaux.....	04
❖ Le climat.....	04
I-3-2-Les causes anthropiques.....	05
❖ Les causes humaines involontaires.....	05
❖ Les causes humaines volontaire.....	05
I-4-La propagation des incendies.....	05
I-5-Bilan des incendies de forêt de la wilaya de Bejaia pour la période (2006-2016)...	06
I-5-1-Analyse du bilan de la campagne 2016.....	07
I-5-2-Répartition mensuelle des incendies.....	08
I-5-3-Analyse de l'incendie du 21 juillet 2016 au Parc National de Gouraya (PNG)..	09
I-6-Impact des feux de forêt.....	09
I-6-1-Le pin d'Alep face aux incendies.....	10
I-7-La régénération du pin d'Alep après feu.....	11
I-7-1-Production, stockage et disponibilité des graines.....	12
I-7-2-Dissémination des graines.....	12
❖ La pluie de graines.....	12
❖ Prédation des graines.....	13
❖ Germination des graines : taux et vitesse.....	13
CHAPITRE II : Méthodologie et caractérisation de la zone	
II-1-Caractérisation de la zone d'étude.....	15
II-1-1-Présentation de la zone d'étude.....	15
II-1-2-Présentation de la flore de la zone d'étude.....	16

❖ La courbe aire-espèces.....	16
II-1-3-Caractéristiques climatiques de la zone d'étude.....	18
❖ Les températures.....	18
❖ Les précipitations.....	19
II-1-4- Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен.....	20
II-1-5- Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger.....	20
II-2-Méthodologie.....	22
II-2-1-Objectif de l'étude.....	22
II-2-2- Estimation de la reprise du pin d'Alep.....	22
II-2-3- Estimation de la reprise végétative des principales espèces ligneuses du sous bois.....	23
CHAPITRE III : Résultats et discussion	
III-1-Résultats.....	24
III-1-1-Analyse de la régénération du pin d'Alep.....	24
III-1-2- Reprise végétative des principales espèces ligneuses du sous bois.....	26
III-2-Discussion.....	30
III-2-1-Analyse de la régénération du pin d'Alep.....	30
III-2-2-Analyse de la régénération des espèces ligneuses du sous bois.....	32
CONCLUSION.....	35

Liste des tableaux

<u>Tableau I</u> : Influence du taux d'humidité sur l'inflammabilité.....	05
<u>Tableau II</u> : Bilan des incendies de la dernière décennie pour la wilaya de Bejaia (DGF de Bejaia, 2016).....	07
<u>Tableau III</u> : Superficie incendiées en 2016 par formation végétale pour la wilaya de Bejaia.....	07
<u>Tableau IV</u> : Relevés floristiques de la pinède huit mois après incendie.....	17
<u>Tableau V</u> : Valeurs moyennes mensuelles des températures de la station de Bejaia (1978-2016).....	19
<u>Tableau VI</u> : Valeurs moyennes mensuelles des températures de notre station d'étude (1978-2016).....	19
<u>Tableau VII</u> : Valeurs moyennes mensuelles des précipitations (mm) pour la station de Bejaia et notre station d'étude (1970 - 2016).....	20
<u>Tableau VIII</u> : Valeurs du quotient pluviothermique d'Emberger pour Bejaia et notre station d'étude (Fort Lemercier, PNG).....	21
<u>Tableau IX</u> : Résultats du dénombrement des plantules du pin d'Alep dans les 3 zones échantillonnées autour des arbres brûlés.....	24
<u>Tableau X</u> : Statistiques descriptives.....	24
<u>Tableau XI</u> : Test de Kruskal-Wallis.....	25
<u>Tableau XII</u> : Comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Dunn.....	25
<u>Tableau XIII</u> : Mesure (en cm) de la hauteur des brins des espèces dominantes du sous-bois.....	27
<u>Tableau XIV</u> : Statistiques descriptives.....	28
<u>Tableau XV</u> : Test de Kruskal-Wallis.....	28
<u>Tableau XVI</u> : Comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Dunn.....	29

Liste des Figures

<u>Figure N°01</u> : Triangle du feu.....	03
<u>Figure N°02</u> : Répartition de la superficie incendiée par formation végétale et par espèce dominante (Source : DGF. Bejaia, 2016).....	08
<u>Figure N°03</u> : Répartition mensuelle des incendies et de la superficie brûlée de la campagne 2016 pour la wilaya de Bejaia (Source : DGF de Bejaia, 2016).....	08
<u>Figure N°04</u> : Limites de l'incendie du 22 juillet 2016 (versant sud). (Source : Google Earth, novembre 2016).....	15
<u>Figure N°05</u> : Limites de l'incendie du 22 juillet 2016.....	16
<u>Figure N°06</u> : Courbe aire-espèces de détermination de l'aire minimale.....	16
<u>Figure N°07</u> : Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gausson pour la station de Bejaia et notre station d'étude (Fort Lemercier, PNG). La partie hachurée correspond à la saison sèche.....	20
<u>Figure N°08</u> : Situation bioclimatique de Bejaia et du Fort Lemercier (Parc National de Gouraya) sur le climagramme d'Emberger extrait de Long (1974).....	21
<u>Figure N°09</u> : Schéma représentant le protocole d'échantillonnage avec les trois zones Considérées	23
<u>Figure N°10</u> : Histogramme représentant la densité des semis de pin d'Alep (<i>Pinus halepensis</i>) dans trois zones.....	25
<u>Figure N°11</u> : Histogramme représentant les moyennes des longueurs des brins des cinq espèces ligneuses (<i>Phillyrea media</i> , <i>Phillyrea media</i> , <i>Quercus coccifera</i> , <i>Myrtus communis</i> , <i>Pistacia lentiscus</i>).....	28

Introducción

Introduction

Le feu est un facteur écologique majeur et constant qui affecte la composition, la structure et la dynamique des écosystèmes méditerranéens (Naveh, 1975 ; Trabaud et Lepart, 1980 ; Arianoutsou, 1998 ; Pausas et *al.*, 2008). Il était perçu comme une perturbation menant vers des formations végétales de plus en plus basses et de plus en plus ouvertes (successions régressives). Néanmoins, les méthodes utilisées ne considéraient pas la répétitivité ou la fréquence des incendies.

Cette conception des successions après feu est remise en cause à partir des années soixante-soixante dix suite à des études plus fines menées par l'approche diachronique avec une connaissance parfaite de l'historique des milieux incendiés (Trabaud, 1980). Le feu n'apparaît plus comme un phénomène totalement négatif, mais comme une perturbation ayant un impact fugace sur les composantes des écosystèmes (Bekdouche, 2010). Les effets du feu sont évalués en fonction du régime des incendies : type, intensité, fréquence et saison (Trabaud, 1995), ainsi que la structure du combustible, les caractéristiques du milieu et les conditions météorologiques (Bekdouche, 2010).

Toutes les forêts présentent des risques d'éclosion d'incendies en fonction des caractéristiques de la végétation qui les composent et du climat local (Jappiot et *al.*, 2002). Les causes des incendies se répartissent en deux catégories : les causes naturelles qui représentent un faible pourcentage dans le bassin méditerranéen et les causes humaines, les plus importantes (Alexandrian et *al.*, 1998).

Le Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) est une essence forestière, arbre ayant une durée de vie courte, il possède une banque de graines aériennes constituée par certains cônes sérotineux qui ne s'ouvrent que lorsqu'ils sont soumis à de très fortes températures (Acherar, 1981). Sa régénération post-incendie dépend totalement de sa banque de semences stockée en partie au niveau de la canopée et en partie dans le sol. Les semis croissent rapidement et se reproduisent à un âge précoce. Les jeunes arbres de pin d'Alep (*Pinus halepensis*) allouent beaucoup de ressources pour la production de graines réduisant ainsi leur risque d'immaturation dans le cas d'un feu précoce (Ne'eman et *al.*, 2004).

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) n'atteint pourtant sa pleine maturité que vers vingt ans et ses graines sont assez peu mobiles. Si, dans une zone donnée, la fréquence des incendies devient inférieure à vingt ans, le pin d'Alep ne sera capable ni de s'y maintenir ni de la recoloniser et en sera donc exclu (Quezel et Medail, 2003).

Dans le cadre de ce mémoire, nous nous proposons d'analyser la régénération du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) huit mois après le passage de l'incendie du 21 juillet 2016 qui a ravagé le Parc National du Gouraya en général et la pinède du Fort Lemercier en particulier pour apporter notre contribution à la connaissance de la dynamique des milieux après feu.

Doit-on aider la nature par des opérations de restauration (reboisement par exemple à base des mêmes espèces que l'écosystème originel) ou laisser le milieu se cicatriser naturellement surtout que le site d'étude se situe à l'intérieur d'une zone protégée? Telle est la question principale à laquelle nous nous proposons de répondre à l'issue de l'analyse de la germination des graines de *Pinus halepensis* et de la mesure de la longueur des brins des principales espèces du sous bois.

Notre mémoire est structuré en trois chapitres :

- Analyse bibliographique sur l'impact du feu sur la régénération du pin d'Alep et généralités sur les incendies de forêt en mettant l'accent sur le bilan des incendies de forêts de la wilaya de Bejaia pour la période (2006-2016) et en particulier l'incendie du 21 juillet 2016 qui a parcouru le Parc National de Gouraya (Chapitre I),
- Méthodologie et caractérisation de la zone (Chapitre II),
- Résultats et Discussion (Chapitre III),
- Et on termine par une conclusion générale.

*Analyse
bibliographique:
généralités sur les
incendies de forêts et
la régénération du pin
d'Alep*

I-1-Définition de l'incendie de forêt

Un incendie est «une combustion qui se développe sans contrôle dans l'espace et dans le temps, qui s'alimente de tous les combustibles possibles et qui se propage jusqu'à l'épuisement de ceux-ci.» (Trabaud, 1992). On parle d'incendie de forêt lorsque le feu concerne une surface minimale d'un hectare d'un seul tenant détruisant au moins une partie des étages arbustifs et/ou arboré. C'est un phénomène qui échappe au contrôle de l'homme, tant en durée qu'en étendue. Pour qu'il y ait inflammation et combustion, trois facteurs doivent être réunis, chacun en proportion convenable : un combustible, une source externe de chaleur et de l'oxygène nécessaire pour alimenter le feu : cela s'appelle triangle de feu (Meddour, 2014) (fig.1).



Figure N°01 : Triangle du feu selon Meddour (2014)

I-2- Les facteurs de prédisposition des incendies

I-2-1- Les facteurs naturels

Toutes les forêts présentent des risques d'éclosion d'incendies en fonction des caractéristiques de la végétation qui les composent et du climat local. L'intensité, la fréquence et l'importance de l'incendie sont en rapport avec le milieu physique et la structure et composition de la végétation. La naissance et la propagation des incendies sont dépendantes de la réunion des différentes conditions naturelles et des causes des mises à feu d'origine souvent humaines. Ces conditions de prédisposition ne sont pas constantes dans le temps. Elles évoluent, par exemple, en fonction de l'état de la végétation qui est le résultat à la fois de sa dynamique naturelle, de la sylviculture qui lui est appliquée et des passages éventuels du feu (Jappiot et *al.*, 2002).

I-2-2-les facteurs humains

La majorité des incendies ont pour origine des activités humaines telles que les loisirs, les défrichements, certaines infrastructures de transport (routes, voies ferrées) qui peuvent être à l'origine de l'écllosion et de la propagation des feux. L'urbanisation a notamment une influence sur les risques d'incendie de forêt en raison de la mauvaise gestion de l'interface forêt - habitat et de l'absence de zones tampons constituées par les espaces cultivés. Cela est dû à l'abandon des espaces ruraux qui a pour conséquence la constitution de massifs entiers sans coupures pour les incendies et à l'extension des villes et villages jusqu'aux abords des zones boisées (Jappiot et *al.*, 2004).

I-3- Les causes des incendies

I-3-1-Les causes naturelles

Il existe de nombreuses interactions complexes entre les facteurs physiques des milieux naturels et les caractéristiques biologiques du combustible (végétations). Le climat et la composition chimique des végétaux conditionnent l'inflammabilité.

❖ Composition chimique des végétaux

Tous les végétaux ont une certaine teneur en eau qui exerce une grande influence sur l'inflammabilité. Le temps nécessaire à l'inflammabilité est influencé par la nature de la végétation (morte ou vivante). La combustibilité et l'inflammabilité ont toutes les deux un rapport avec la teneur en eau des végétaux (Margerit, 1998).

L'inflammabilité des espèces végétales varie selon leur teneur en essences volatiles ou en résine. Chez certaines espèces, la présence de cire et de résine ralentirait leur vitesse de dessèchement et donc leur inflammabilité. Ainsi, plus un végétal est riche en minéraux, moins son pouvoir calorifique théorique est élevé, moins il est combustible (Colin et *al.*, 2001).

❖ le climat

La teneur en eau des végétaux est influencé par différents paramètres climatiques tels que les précipitations, les températures, l'humidité de l'air, le vent et l'ensoleillement, ils constituent également les facteurs naturelles de l'écllosion.

- ✓ Précipitations : elles jouent un rôle important dans la teneur en eau des végétaux, leur effet varie selon leur durée, leur période, leur quantité ainsi que les types de combustible. Par exemple, une petite quantité d'eau suffit pour ralentir l'inflammabilité des graminées, mais cet effet ne dure pas (Kaiss et *al.*, 2007).

- ✓ L'humidité : l'inflammabilité du combustible est influencée par l'humidité. Afin de mieux comprendre cet effet, Margerit (1998) donne le tableau suivant :

Tableau I : Influence du taux d'humidité sur l'inflammabilité

Humidité relative (%)	Inflammabilité
> 70	Peu de risque
46 – 70	Risque faible
26 – 45	Risque fort
< 25	Risque élevé

I-3-2-Les causes anthropiques

Les causes des incendies se répartissent en deux catégories. Les causes naturelles qui représentent un faible pourcentage dans le bassin méditerranéen (1 à 5 % selon les pays) en raison de l'absence de certains phénomènes climatiques tels que les tempêtes sèches (Alexandrian et *al.*, 1998). Les causes humaines présentent un pourcentage trop élevé et se répartissent en deux catégories : volontaires et involontaires. Leur importance dépend de plusieurs contextes : social, économique, politique et législatif de chaque pays.

❖ Les causes humaines involontaires

Les causes humaines involontaires sont diverses, les imprudences et accidents dus à des défauts de fonctionnement d'équipements sont les causes les plus fréquentes des incendies de forêt.

❖ Les causes humaines volontaires

Il existe plusieurs causes volontaires. Parmi celle-ci, les incendies criminelles provoqués soit pour des raisons matérielles directes (par exemple en agriculture pour améliorer les pâturages et élargir les champs), ou indirectes pour des apports économiques (Khalid, 2008). Nous avons aussi des incendies mis par plaisir et par jeu, cela est fréquent chez la catégorie des jeunes qui trouvent du plaisir non seulement dans la mise à feu, mais aussi dans les manœuvres des pompiers et des collectivités locales.

I-4- La propagation des incendies

Le schéma le plus général de propagation d'un incendie de forêt est le suivant:

- Le feu commence à se développer au niveau de la litière, en restant très modéré et facile à éteindre.

- Il prend de l'ampleur lorsqu'il atteint la strate des broussailles. La hauteur des flammes atteignant 1,5 à 3 fois la hauteur de la strate en combustion, le feu sera d'autant plus violent que la broussaille sera plus haute et plus dense.
- Le feu peut atteindre les cimes des ligneux hauts et les embraser si la broussaille est suffisamment dense ou si des branches basses, des lichens ou des écoulements de résine, font relais (C.E.M.A.G.R.E.F, 1989).

La propagation est influencée par plusieurs paramètres parmi lesquels on cite :

- Structure et composition de la végétation : Chaque structure végétale a sa propre réaction envers le feu et chaque végétale à sa propre combustibilité (teneur en eau, taux de résine,...). Le risque et la puissance de l'incendie dépend de ces deux paramètres (Jappiot et *al.*, 2002).
- Le vent : Les trois facteurs indispensables au déclenchement d'un feu sont le combustible, l'énergie d'activation et l'air. Le vent joue ainsi un rôle capital dans le transport et la vitesse de la propagation du feu. Celle-ci varié entre 1 cm/s et 167 cm/s, vitesse maximale enregistrée pour un feu (Trabaud, 1979).
- La topographie : Les incendies de forêt selon Hetier (1993) sont influencés par les trois paramètres topographiques suivants :
 - L'inclinaison des pentes qui est proportionnelle a la vitesse de propagation.
 - L'exposition du versant.
 - L'élévation du terrain par rapport au niveau de la mer.

I-5-Bilan des incendies de forêt de la wilaya de Bejaia pour la période (2006-2016)

Le bilan de la dernière décennie montre que le nombre le plus élevé en incendies a été enregistré en 2012 (399 incendies) pour une superficie globale de 8 266,820 Ha. Les années 2013 et 2015 ont été relativement épargnées avec respectivement 104 et 70 mises à feu consumant une faible superficie respectives de 496,190 Ha et 544,850 Ha. L'année 2016 se classe juste derrière les années 2012 et 2014 avec 202 foyers et 3 946,665 Ha ravagés. Le ratio incendie (superficie incendiée / le nombre d'incendies enregistrés) est le plus élevé pour les années 2007, 2008, 2012 et 2016 avec une valeur de l'ordre de 19 à 20.

Tableau n° II: Bilan des incendies de la dernière décennie pour la wilaya de Bejaia (DGF de Bejaia, 2016).

Années	Nombre d'incendies	Superficies brûlées (Ha)	Ratio incendie
2006	220	2 974,620	13.52
2007	137	2 719,950	19.85
2008	183	2 797,910	20.27
2009	145	2 022,300	13.94
2010	394	3 706,310	9.40
2011	254	2 529,970	9.96
2012	399	8 266,820	20.71
2013	104	496,190	4.77
2014	440	4 321,240	9.80
2015	70	544,850	7.78
2016	202	3 946,665	19.53

I-5-1-Analyse du bilan de la campagne 2016

Durant cette campagne, la conservation des forêts a enregistré 202 incendies. La superficie brûlée est évaluée à 3 946,665Ha, toutes formations végétales confondues. Le tableau suivant donne la répartition de cette superficie par formation végétale.

Tableau III : Superficie incendiées en 2016 par formation végétale pour la wilaya de Bejaia.

Formation végétale	Superficie (Ha)
Forêt	681.380
Maquis	749.050
Broussaille	2 360.735
Fruitiers	155.500

Nous remarquons que la broussaille est largement la formation la plus généralement touchée par les incendies avec un taux global de 60% soit 2 360.735 Ha. Les formations forestières ne représentent que 17% de la superficie totale brûlée.

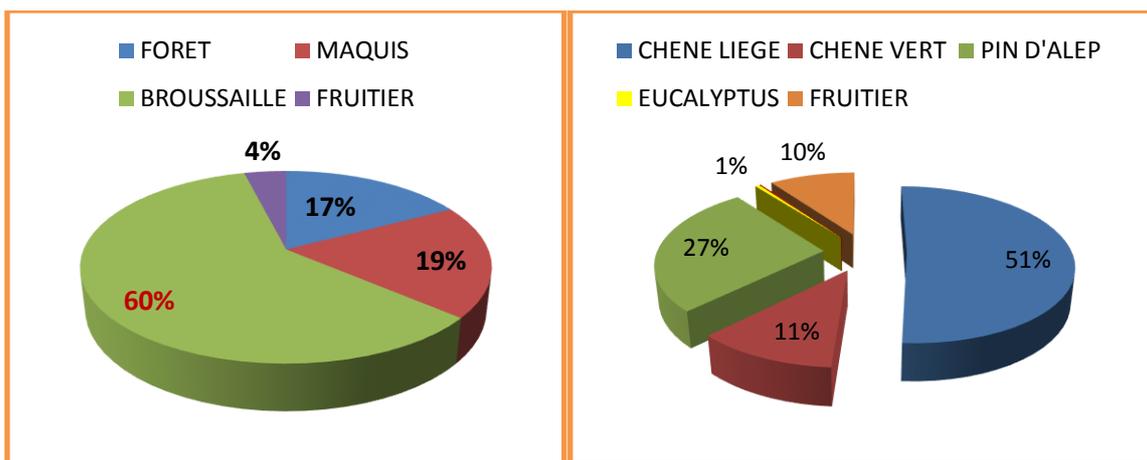


Figure N°01 : Répartition de la superficie incendiée par formation végétale et par espèce dominante (Source : DGF. Bejaia, 2016).

I-5-2- Répartition mensuelle des incendies

Le mois le plus sinistré est le mois de juillet avec 42.9% de la superficie brûlée et 72 foyers, suivi du mois d’octobre pour la première fois depuis des années avec 25.1% de la superficie incendiée. Le mois d’aout avec 50 foyers vient en deuxième position par rapport au nombre d’incendies. En termes de superficie, c’est plutôt le mois d’octobre qui affiche la deuxième valeur la plus élevée après juillet. Enfin comme chaque année, le mois de juin enregistre des taux insignifiants en termes de superficie et de nombre d’incendies (DGF de Bejaia, 2016).

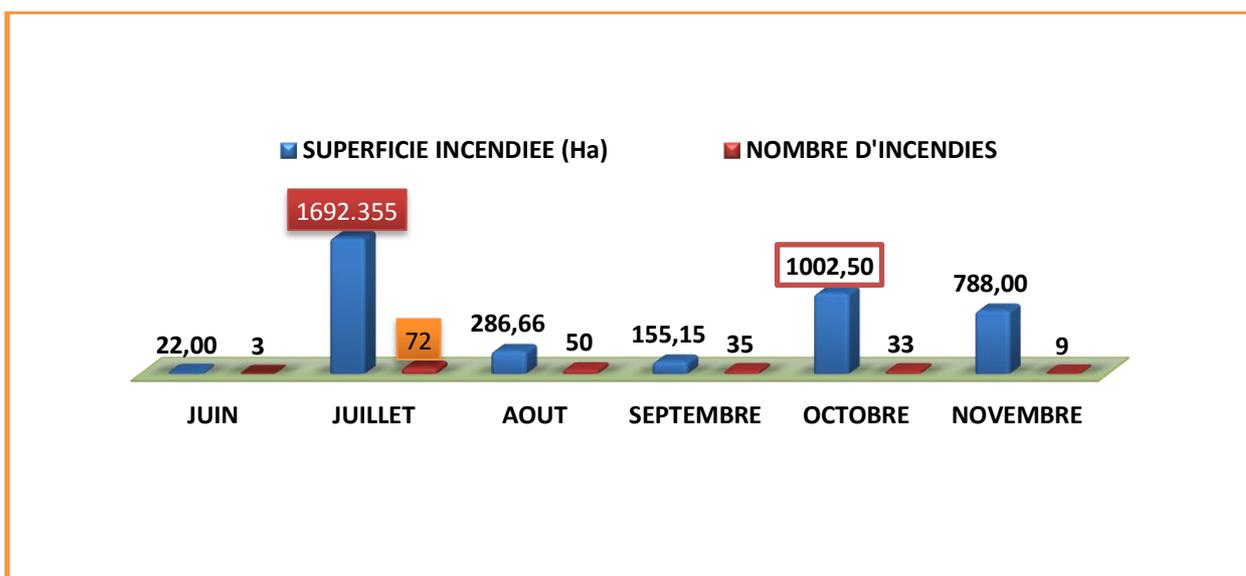


Figure N°02 : Répartition mensuelle des incendies et de la superficie brûlée de la campagne 2016 pour la wilaya de Bejaia (Source : DGF de Bejaia, 2016).

I-5-3-Analyse de l'incendie du 21 juillet 2016 au PNG)

Le dernier incendie ayant parcouru un bon territoire du Gouraya et représentant notre site d'étude s'est déclenché le 21 juillet 2016 à 17h15mn à Dar Nacer situé sur la limite inférieur sud du PNG suite à l'incinération de rémanents résultants d'un défrichage et désherbage dans un terrain privé. Il a ravagé un total de 167 ha avant de s'éteindre le 22 juillet 2016 à 22h30mn suite à l'intervention des services des forêts (DGF et PNG) et de la protection civile. Sur les 167 ha touchés, 160 ha représentent un maquis arboré essentiellement à pin d'Alep (DFN Gouraya : 70 ha ; DFN Madala : 90 ha), 03 ha de broussaille et 04 ha de fruitier.

I-6- Impact des feux de forêt

Les feux sont naturels et jouent un rôle important dans la dynamique des paysages, ils éliminent les arbres murs, qui sont les plus propices à l'activité des insectes nuisibles et au développement des maladies. Les feux de surface suppriment la matière accumulée dans le tapis forestier et favorisent la croissance de jeunes plantules. Certains espèces d'arbres ont besoin du feu pour permettre à leurs cônes de s'ouvrir et libérer les semences qui après germination constituent le début d'un nouveau cycle de vie. Les organismes pionniers (végétaux et animaux) profitent des nouveaux habitats (milieux ouverts) créés par le feu pour s'établir et se multiplier.

Dans presque tous les cas, après l'incendie, la végétation retourne rapidement à son état initial, sans intervention humaine. Cependant, la reconstitution du couvert végétal dépend de l'intensité et de la fréquence des feux. Suite à un feu modéré, la couverture végétale se reconstitue progressivement, par rejets, par germination, ou à partir d'organes souterrains de survie (bulbes, rhizomes, tubercules). L'écosystème évolue vers un état comparable à la situation floristique initiale d'avant le feu, progressivement pour la structure, quasi immédiatement pour la composition, mis-à-part l'apparition de végétaux transitoires colonisateurs qui disparaissent petit à petit. Un feu intense réduit les capacités de régénération : la chaleur peut détruire les organes souterrains de survie ou les graines, et donc limiter fortement la régénération de la végétation. Il en résulte un appauvrissement floristique. Des feux répétés conduisent à un appauvrissement floristique marqué puisque de nombreux végétaux n'ont pas le temps d'arriver à maturité sexuelle avant le passage d'un nouveau feu. Les espèces ayant les capacités de dissémination et de résistance à la chaleur les plus élevées comme les cistes et légumineuses constituent alors l'essentiel de la couverture végétale.

I-6-1- Le pin d'Alep face aux incendies

- ❖ **Inflammabilité:** Les aiguilles de pin d'Alep sont fortement inflammables et cela varie selon la teneur en eau du matériel végétal. Or cette dernière change sensiblement avec le stade phénologique et s'en suit une évolution saisonnière du paramètre d'inflammabilité. Ses valeurs les plus élevées sont affichées durant la saison sèche estivale.
- ❖ **Combustibilité:** La combustibilité intervient à une échelle plus grande que l'inflammabilité, elle caractérise les formations végétales avec les différentes strates qui les composent et non les espèces prises individuellement. Plusieurs paramètres interviennent dans la combustibilité d'une communauté végétale : caractéristiques physico chimiques de ses végétaux constitutifs tel que la teneur en eau et le taux de résine. La structure de la végétation (densité, recouvrement et stratification) ainsi que la nature de la litière influent également sur la combustibilité.

Le pin d'Alep est une essence très inflammable en raison de sa faible teneur en eau, son taux de résine élevé et la nature de sa litière, lorsque les aiguilles sont entières cela permet une excellente propagation du feu. La structure de la pinède à pin d'Alep est souvent complexe, car le couvert de cette essence est clair et permet le développement de strates basses puissantes et complètes. La continuité horizontalement et verticalement du combustible est souvent assurée par l'ensemble des espèces accompagnatrices du pin d'Alep. Les herbacées et plus particulièrement les graminées sont particulièrement combustibles et assurent la propagation rapide du feu sur la plan spatiale (horizontal). Le chêne kermès, la phyllaire, le calycotome, les genets et surtout les cistes assurent le passage des flammes des strates basses vers la cime des arbres (plan vertical).

A cela s'ajoutent deux autres facteurs qui contribuent à augmenter la combustibilité des pinèdes à *Pinus halepensis* :

- Le pin d'Alep s'élague mal naturellement et le continuum de combustible entre les arbustes hauts et les houppiers est alors assuré par les verticilles secs.
- Les aiguilles sèches sont piégées par les branches basses et par les arbustes. Elles constituent ainsi une litière suspendue très aérée et donc particulièrement inflammable (Alexandrian et Rigolot, 1992).

I-7- La régénération du pin d'Alep après feu

Dans les communautés végétales, la composition floristique et la distribution des espèces changent dans le temps (on parle de succession végétale) et dans l'espace (par exemple le long d'un gradient de productivité ou de perturbation). Pour comprendre ces changements, l'étude des phases de germination et d'établissement des espèces est importante.

La persistance des graines dans le sol est une stratégie que les espèces peuvent utiliser afin d'assurer leur persistance dans le temps. Ces graines, stockées dans le sol, constituent la banque de graines qui se forme à partir de la pluie de graines provenant des communautés végétales locales, voisines ou éloignées. Cette banque constitue une réserve qui va intervenir dans le mécanisme de régénération. Les graines germent soit lors de formation de trouées au sein des communautés végétales, provoquée par des micro-perturbations, soit directement dans la végétation fermée. L'alimentation en graines et leur survie dans la banque régulent l'émergence des jeunes plants essentiellement dans les trouées, et une banque de graines peu importante peut limiter le recrutement (Clarke et Davison, 2004 ; Pakeman et Small, 2005).

Le pin d'Alep présente des graines ailées qui se disséminent par le vent sur des distances supérieures à 30 mètres voir même 100 mètres à partir du pied mère. Les Graines de *Pinus halepensis* germent dès les premiers mois suivants le feu. Au cours des années suivantes, de nouvelles germinations proviennent de semenciers extérieurs ou épargnée par le feu car le pin d'Alep ne crée pas d'importantes banques de graine dans le sol (Acherar et al., 1984).

Le pin d'Alep est une espèce colonisatrice qui se régénère naturellement bien après incendie, les semis ayant besoin de lumière. C'est là l'un de ses principaux atouts qui explique pourquoi cette essence est actuellement en pleine extension. Le pin d'Alep est une essence à la fois très sensible aux incendies et peu vulnérable car elle tire partie de passage du feu pour accroître son envahissement à condition que les incendies ne soient pas trop fréquents.

Un feu modéré favorise la régénération par maturation accélérée puis éclatement des cônes et dissémination de nombreuses graines, cela dans les semaines qui suivent l'incendie. On revanche, un feu intense provoque la mort de la quasi-totalité des graines suite à l'éclatement des téguments en raison de la chaleur élevée.

I-7-1-Production, stockage et disponibilité des graines

Le pin d'Alep produit des cônes précocement (à 7-10 ans) et à la capacité de conserver des cônes fermés plusieurs années après leur maturation (sérotinie). On estime que 40 à 80 % des cônes produits annuellement sont sérotineux et que leurs graines présentent une forte viabilité, même au bout de vingt ans (Daskalakou et Thanos, 1996). La réserve aérienne de graines est représentée par les cônes murs avec des graines prêtes à être libérées. Par contre, leur durée de vie sur ou dans le sol est très courte (moins de deux ans) et il n'y a donc pas de banque de graines souterraines.

L'ouverture des cônes est assurée par le choc thermique et la dessiccation dus à la chaleur de l'incendie et favorisent donc la régénération des arbres qui ont beaucoup de cônes sérotineux. De plus, une fois libérées, les graines des cônes sérotineux présentent un plus fort taux de germination que des graines issues des cônes non sérotineux (Ne'eman et al., 2004). Il s'agit donc clairement d'une adaptation au feu. C'est pourquoi, même si le pourcentage de cônes sérotineux diminue avec l'âge des arbres, il est plus élevé dans les peuplements qui se sont établis après incendie (Ne'eman et al, 2004). Cette réserve ne commence cependant à être importante pour un pin d'Alep qu'à partir de 15-20 ans.

Les graines des cônes sérotineux résistent à de fortes températures. En effet, une expérimentation menée par Habrouk et al. (1999) a montré une viabilité encore très forte des graines après exposition des cônes à une température de 400°C pendant deux minutes. Pour des temps plus longs ou des températures plus fortes (incendie très intenses), la viabilité diminue et peut devenir nulle.

La longue durée de maturation des cônes (vingt-six mois sur trois saisons de végétation) accroît les risques d'accidents climatiques dommageables. Les grands gels, la neige et les sécheresses répétées réduisent la qualité des cônes femelles formés, ce qui provoque l'avortement de jeunes cônes fécondés et ralentit leur maturation. En affaiblissant les arbres, la taille des cônes diminue aussi et la quantité des graines potentielles s'en trouve donc réduite pour plusieurs années.

I-7-2-Dissémination des graines

❖ La pluie de graines

La pluie de graines en provenance des cônes ouverts par le feu démarre quelques heures après son passage et dure environ une semaine, avec un pic entre le premier et le troisième jour. Le nombre de graines libérées dans ce court laps de temps est de l'ordre de 60 à 80/m² en moyenne pour un peuplement adulte avec des houppiers bien développés et peut varier de 10 à plus de 200/m² (Vennetier, 2001). En année normale, ce nombre n'est

faible que dans les peuplements avec des semenciers très espacés (dans les peuplements clairs mais sans grand vide, les houppiers peu concurrencés produisent plus de cônes en compensant la faible densité d'arbres) et à un degré moindre dans les peuplements les plus denses ou la concurrence réduit la taille et la vigueur des houppiers et confine les cônes dans la cime. La pluie de graines décroît très fortement avec la distance, et près de 95% des graines tombent dans un rayon de 10 à 15 m autour de semenciers (Vennetier, 2001).

L'aile de la graine ne permet une dissémination lointaine que dans le cas de vent fort. Si l'incendie a été très intense et a éliminé une grande partie des obstacles végétaux et de la litière, les graines peuvent parcourir entre quelques mètres et quelques dizaines de mètres supplémentaires au sol sous l'effet de rafales de vent, avant que leur aile ne se détache. Elles finissent en général piégées contre des pierres, des souches ou des racines. Lorsque la graine, qui est pointue, se loge dans une anfractuosité du sol ou de la litière, les mouvements de l'aile sous l'effet du vent contribuent à son enfouissement, la protégeant des prédateurs et des températures extrêmes qui règnent à la surface des sols noircis par le feu Prévosto (2013).

❖ **Prédation des graines**

Certaines fourmis sont de grandes prédatrices des graines de pin d'Alep. Sur un sol dégagé, elles peuvent récolter la totalité des graines dans un rayon de plusieurs mètres autour de leurs nids. Cette prédation est d'autant plus forte qu'il ne reste plus beaucoup d'autres sources de nourriture à la surface du sol après un feu. Cependant, elles contribuent également à enfouir et donc protéger une partie de ces graines qui seront perdues ou ne seront pas consommées.

Quand le feu est de faible dimension et que le milieu environnant n'est pas devenu défavorable aux oiseaux granivores et aux rongeurs sur de grandes surfaces, ceux-ci font également une forte consommation de graines, au sol et dans les cônes ouvertes. Les prédateurs contribuent également à la dispersion des graines restées coincées entre les écailles (Prévosto, 2013).

❖ **Germination des graines : taux et vitesse**

Les graines de pin d'Alep fraîches ont habituellement un taux de germination supérieur à 90%. Les plus grosses germent mieux et plus vite. Toute réduction de la viabilité des arbres (vieillesse, climat difficile, accident) peut donc légèrement diminuer ce taux, sans qu'il passe généralement en dessous de 80%. La germination prend normalement entre une et quatre semaines après humectation (Prévosto, 2013).

Selon Izhaki et *al.* (2000), la germination d'une graine de la banque de graine de sol dépend d'un certain nombre de facteurs environnementaux tels que :

- ✓ L'exposition à la chaleur augmente la germination moyenne de la graine.
- ✓ La cendre inhibe la germination des graines.
- ✓ La lumière est un facteur qui agit positivement ou négativement sur la germination des graines de pin d'Alep, ceci dépend de sa qualité.
- ✓ La fumée est une source de chaleur, donc elle favorise la germination.
- ✓ Les nitrates sont indispensables à la germination
- ✓ Le pH affecte directement la disponibilité des éléments nutritifs et des minéraux essentiels pour la germination de *Pinus halepensis*.

Chapitre II.
Méthodologie et
caractérisation de la
zone

II-1-Caractérisation de la zone d'étude

II-1-1-Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude est localisée dans la pinède du fort Lemerrier, située à l'intérieur du territoire du Parc National de Gouraya (PNG) qui a été incendié huit mois auparavant. L'incendie s'est déclaré le 21 juillet 2016 et s'est scindé en deux fronts, un front vers l'Ouest (vers le village Aidounène) et l'autre vers la crête du mont Gouraya. Suite aux vents violents de l'Ouest, l'incendie s'est propagé et a menacé le village de Dar Nacer et le siège de secteur Ouest du Parc National de Gouraya (PNG).

Le feu a ravagé une superficie totale de 167 Ha dont 161 Ha du domaine forestier et 6 Ha de terrains privés. Le territoire incendié est essentiellement un matorral arboré de pin d'Alep. Le sous bois est constitué globalement de : chêne kermès, oléastre, caroubier, lentisque et myrte. Les terrains privés sont de petits vergers d'oliviers et d'autres arbres fruitiers où les propriétaires pratiquaient l'apiculture.

L'incendie s'est éteint le 22 juillet 2016 à 21h30mn, soit 28h après son déclenchement. Les limites de l'incendie sont données par les cartes suivantes (versant nord et versant sud) réalisées sur Google Earth sur des photographies de novembre 2016.



Figure N°03 : Limites de l'incendie du 22 juillet 2016 (versant sud). (Source : Google Earth, novembre 2016).



Figure N°04 : Limites de l'incendie du 22 juillet 2016 (versant nord). (Source : Google Earth, novembre 2016).

II-1-2-Présentation de la flore de la zone d'étude

Dans l'optique de caractériser floristiquement la pinède incendiée, nous avons dans une première étape déterminé l'aire minimale représentative sur laquelle seront exécuté les relevés floristiques en utilisant le dispositif classique. Après avoir réalisé la courbe aire-espèces, nous avons considéré le point de courbure maximale de la courbe pour déterminer l'aire minimale.

❖ La courbe aire-espèces

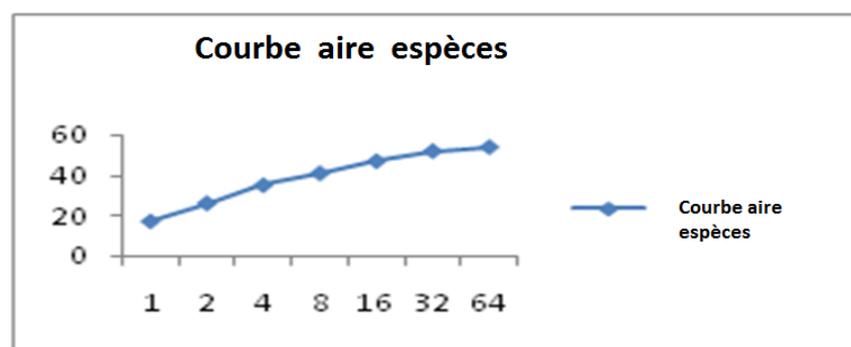


Figure N°05 : Courbe aire-espèces de détermination de l'aire minimale.

D'après la courbe aire-espèces, l'aire minimale représentative se situerait vers 32m². Ainsi pour caractériser notre zone d'étude, nous avons réalisé 05 relevés de 32m² disposés aléatoirement sur l'étendue de la pinède incendiée.

Tableau IV : Relevés floristiques de la pinède huit mois après incendie.

Relevé N°01	Relevé N°02	Relevé N°03
- <i>Allium trichocnemis</i>	- <i>Allium trichocnemis</i>	- <i>Ampelodesma mauritanica</i>
- <i>Allium sp.</i>	- <i>Allium sp.</i>	- <i>Anthyllis tetraphylla</i>
- <i>Ampelodesma mauritanica</i>	- <i>Ampelodesma mauritanica</i>	- <i>Arisarum vulgare</i>
- <i>Anagallis arvensis</i>	- <i>Anagallis arvensis</i>	- <i>Brachypodium sylvaticum</i>
- <i>Anthyllis tetraphylla</i>	- <i>Anthyllis tetraphylla</i>	- <i>Carex halleriana</i>
- <i>Arisarum vulgare</i>	- <i>Arisarum vulgare</i>	- <i>Calicotome spinosa</i>
- <i>Asparagus acutifolius</i>	- <i>Asparagus acutifolius</i>	- <i>Cistus monspeliensis</i>
- <i>Astragalus lusitanicus</i>	- <i>Brachypodium sylvaticum</i>	- <i>Cistus salviaefolius</i>
- <i>Carex halleriana</i>	- <i>Calendula arvensis</i>	- <i>Convolvulus althaeoides</i>
- <i>Calicotome spinosa</i>	- <i>Calicotome spinosa</i>	- <i>Erica multiflora</i>
- <i>Centaurea africana</i>	- <i>Carex halleriana</i>	- <i>Eryngium tricuspdatum</i>
- <i>Cistus monspeliensis</i>	- <i>Centaurea africana</i>	- <i>Euphorbia sp.</i>
- <i>Convolvulus althaeoides</i>	- <i>Cerastium glomeratum</i>	- <i>Fumaria capreolata</i>
- <i>Cuscuta epithimum</i>	- <i>Chrysanthemum segetum</i>	- <i>Galactites tomentosa</i>
- <i>Erica multiflora</i>	- <i>Cistus monspeliensis</i>	- <i>Geranium purpureum</i>
- <i>Eryngium tricuspdatum</i>	- <i>Convolvulus althaeoides</i>	- <i>Gladiolus segetum</i>
- <i>Euphorbia sp.</i>	- <i>Daucus carota</i>	- <i>Hypochoeris radicata</i>
- <i>Festuca sp.</i>	- <i>Erica multiflora</i>	- <i>Lactuca sp.</i>
- <i>Fumana thymifolia</i>	- <i>Eryngium tricuspdatum</i>	- <i>Linum usitatissimum</i>
- <i>Galactites tomentosa</i>	- <i>Fumana thymifolia</i>	- <i>Lotus ornithopodioides</i>
- <i>Galium sp.</i>	- <i>Fumaria capreolata</i>	- <i>Myrtus communis</i>
- <i>Geranium purpureum</i>	- <i>Galactites tomentosa</i>	- <i>Phillyrea media</i>
- <i>Gladiolus segetum</i>	- <i>Geranium purpureum</i>	- <i>Pinus halepensis</i>
- <i>Globularia alypum</i>	- <i>Gladiolus segetum</i>	- <i>Pistacia lentiscus</i>
- <i>Hippocrepis multisiliquosa</i>	- <i>Hippocrepis multisiliquosa</i>	- <i>Quercus coccifera</i>
- <i>Hypochoeris radicata</i>	- <i>Hypochoeris radicata</i>	- <i>Rubia peregrina</i>
- <i>Iris unguicularis</i>	- <i>Linum usitatissimum</i>	- <i>Ruta chalepensis</i>
- <i>Jasminum fruticans</i>	- <i>Lobularia maritima</i>	- <i>Scorpiurus muricatus</i>
- <i>Lavatera arborea</i>	- <i>Lotus edulis</i>	- <i>Silene nocturna</i>
- <i>Lotus ornithopodioides</i>	- <i>Lotus ornithopodioides</i>	- <i>Silla sp1.</i>
- <i>Medicago orbicularis</i>	- <i>Melica ciliata</i>	- <i>Silla sp2.</i>
- <i>Melica ciliata</i>	- <i>Mercurialis annua</i>	- <i>Sinapis arvensis</i>
- <i>Myrtus communis</i>	- <i>Myrtus communis</i>	- <i>Smilax aspera</i>
- <i>Olea europaea</i>	- <i>Olea europaea</i>	- <i>Stachys hirta</i>
- <i>Phillyrea media</i>	- <i>Origanum glandulosum</i>	- <i>Teucrium fruticans</i>
- <i>Pinus halepensis</i>	- <i>Phillyrea media</i>	
- <i>Pistacia lentiscus</i>	- <i>Pinus halepensis</i>	
- <i>Quercus coccifera</i>	- <i>Pistacia lentiscus</i>	
- <i>Rhamnus lycioides</i>	- <i>Quercus coccifera</i>	
- <i>Rubia peregrina</i>	- <i>Rhamnus lycioides</i>	
- <i>Scleropoa rigida</i>	- <i>Rubia peregrina</i>	
- <i>Scorpiurus muricatus</i>	- <i>Scorpiurus muricatus</i>	
- <i>Silene nocturna</i>	- <i>Sherardia arvensis</i>	
- <i>Silla sp1.</i>	- <i>Silene nocturna</i>	
- <i>Silla sp2.</i>	- <i>Sinapis arvensis</i>	
- <i>Sinapis arvensis</i>	- <i>Smilax aspera</i>	
- <i>Smilax aspera</i>	- <i>Stachys hirta</i>	
- <i>Stachys hirta</i>	- <i>Teucrium fruticans</i>	
- <i>Teucrium fruticans</i>		
- <i>Espèce non déterminée 1</i>		
- <i>Espèce non déterminée 2</i>		
- <i>Espèce non déterminée 3</i>		

Relevé N°04	Relevé N°05
- <i>Allium sp.</i>	- <i>Ampelodesma mauritanica</i>
- <i>Ampelodesma mauritanica</i>	- <i>Anthyllis tetraphylla</i>
- <i>Anagallis arvensis</i>	- <i>Arisarum vulgare</i>
- <i>Arisarum vulgare</i>	- <i>Asparagus acutifolius</i>
- <i>Brachypodium sylvaticum</i>	- <i>Astragalus lusitanicus</i>
- <i>Calicotome spinosa</i>	- <i>Carex glauca</i>
- <i>Carex glauca</i>	- <i>Cistus monspeliensis</i>
- <i>Cistus monspeliensis</i>	- <i>Cistus salvifolius</i>
- <i>Cistus salvifolius</i>	- <i>Clematis flammula</i>
- <i>Convolvulus althaeoides</i>	- <i>Erica multiflora</i>
- <i>Cyclamen africanum</i>	- <i>Gladiolus segetum</i>
- <i>Erica scoparia</i>	- <i>Iris unguicularis</i>
- <i>Erigeron canadensis</i>	- <i>Lavatera arborea</i>
- <i>Fumaria capreolata</i>	- <i>Lotus edulis</i>
- <i>Galactites tomentosa</i>	- <i>Lotus ornithopodiodes</i>
- <i>Gladiolus segetum</i>	- <i>Malva sylvestris</i>
- <i>Lotus edulis</i>	- <i>Myrtus communis</i>
- <i>Lotus ornithopodioides</i>	- <i>Phillyrea media</i>
- <i>Melica ciliata</i>	- <i>Pinus halepensis</i>
- <i>Mercurialis annua</i>	- <i>Quercus coccifera</i>
- <i>Myrtus communis</i>	- <i>Rubia peregrina</i>
- <i>Olea europaea</i>	- <i>Scorpiurus muricatus</i>
- <i>Phillyrea media</i>	- <i>Smilax aspera</i>
- <i>Pinus halepensis</i>	- <i>Stachys hirta</i>
- <i>Pistacia lentiscus</i>	- <i>Teucrium fructicans</i>
- <i>Quercus coccifera</i>	
- <i>Rubia peregrina</i>	
- <i>Scorpiurus muricatus</i>	
- <i>Smilax aspera</i>	
- <i>Solanum nigrum</i>	
- <i>Stachys hirta</i>	
- <i>Teucrium fructicans</i>	
- <i>Teucrium flavum</i>	

II-1-3- Caractéristiques climatiques de la zone d'étude

Pour déterminer le climat de notre zone d'étude (PNG, Bejaïa), Nous nous sommes contentés des paramètres climatiques les plus utilisés et dont les données sont disponibles : les précipitations et les températures. La station météorologique de Bejaia dispose en effet d'une longue série de 39 ans (1978-2016) pour les températures et 47 ans (1970-2016) pour les précipitations. Ce sont ces données qui seront extrapolées à notre site d'étude en utilisant les gardiens donnés par Seltzer (1946).

❖ Les températures

Les valeurs moyennes mensuelles des températures de la station de Bejaia sont représentées dans le tableau suivant.

Chapitre II : Méthodologie et caractérisation de la zone

Tableau V : Valeurs moyennes mensuelles des températures de la station de Bejaia (1978-2016)

Paramètres	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
M (°C)	16,63	17,02	18,62	20,42	22,95	26,40	29,55	30,24	28,21	25,48	20,85	17,68
m (°C)	07,51	07,59	09,00	10,91	13,91	17,58	20,36	21,18	19,12	15,93	11,79	08,71
M+m/2 (°C)	12,07	12,31	13,81	15,67	18,43	21,99	24,96	25,71	23,67	20,71	16,32	13,20

L'altitude de notre station d'étude située dans la pinède incendiée le 21 juillet 2016 au niveau du Fort Lemercier (PNG) est de 322 m. La station météorologique de Bejaia aéroport est à 2 m d'altitude. Ainsi, la différence altitudinale entre notre station d'étude et la station météorologique de Bejaia est de 320m.

Selon Seltzer (1946) :

- Pour les températures moyennes minimales (m), la décroissance est de 0,4 °C pour une élévation altitudinale de 100 m.
- Pour les températures moyennes maximales (M), la décroissance est de 0,7 °C pour une élévation altitudinale de 100 m.
- Les corrections à apporter sont donc les suivantes : - M= 2,24 - m=1,28.

La moyenne de la température mensuelle maximale (M) de notre station d'étude est égale a celle de la station de Bejaia moins 2,24°C. De même, la moyenne de la température mensuelle minimale (m) est égale a celle de la station de Bejaia moins 1,51°C. Ce qui donne les résultats consignées dans le tableau suivant :

Tableau VI : Valeurs moyennes mensuelles des températures de notre station d'étude (1978-2016).

Paramètres	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
M (°C)	14,39	14,78	16,38	18,18	20,71	24,16	27,31	28	25,97	23,24	18,61	15,44
m (°C)	6,23	6,31	7,72	9,63	12,63	16,30	19,08	19,90	17,84	14,65	10,51	7,43
M+m/2	10,31	10,55	12,05	13,90	16,67	20,23	23,20	23,95	21,91	18,95	14,56	11,44

D'après les résultats obtenu on constate que :

- Le mois le plus chaud est Aout, avec M = 28 °C.
- Le mois le plus froid est Janvier, avec m = 6.23 °C.

❖ Les précipitations

- Pluviométrie annuelle

Seltzer (1946) note que le gradient altitudinale pluviométrique varie de 40 à 80 mm de pluie pour une élévation altitudinale de 100 m en allant du niveau de la mer à l'intérieur du pays, ceci pour les différentes montagnes de la méditerranée allant de 100 à 2000 m

Chapitre II : Méthodologie et caractérisation de la zone

d'altitude. Etant sur le littoral et très proche de la station de référence, nous considérons le gradient le plus faible de 40 mm.

La pluviométrie annuelle pour la station de Bejaia est de 792,12 mm. La différence altitudinale entre notre station d'étude (Fort Lemercier) et la station de Bejaia est de 320 m.

La pluviométrie annuelle de notre station d'étude est donc égale à la pluviométrie annuelle de Bejaia plus 128 mm, soit $792,12 + 128 = 920,12$ mm.

Tableau VII : Valeurs moyennes mensuelles des précipitations (mm) pour la station de Bejaia et notre station d'étude (1970 - 2016).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Bejaia P (mm)	107,52	91,28	84,14	73,77	42,66	15,29	6,34	10,03	57,71	80,73	102,27	128,11	792,12
Station d'étude P (mm)	124,72	105,88	97,60	85,57	49,48	17,74	7,35	11,63	66,94	93,65	118,63	148,61	920,12

II-1-4- Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson

Bagnouls et Gausson (1957) ont élaboré une synthèse climatique dans laquelle ils considèrent qu'un mois est sec si le total de ses précipitations est inférieur ou égale au double de sa température moyenne ($P \leq 2T$).

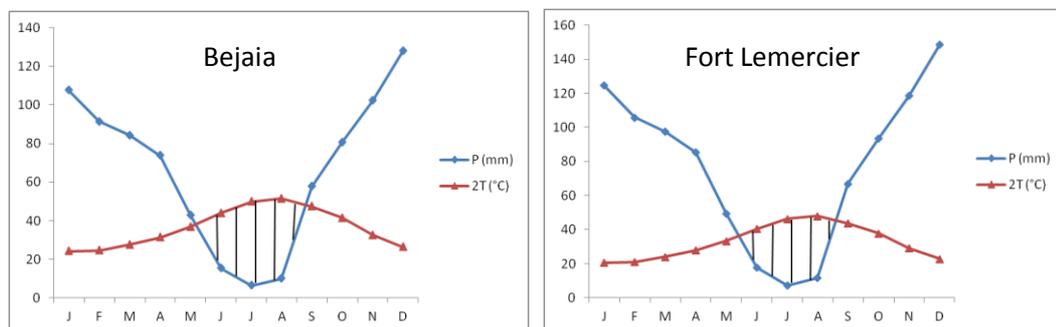


Figure N°06: Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gausson pour la station de Bejaia et notre station d'étude (Fort Lemercier, PNG). La partie hachurée correspond à la saison sèche.

Les diagrammes ombrothermiques montrent que la saison sèche est plus longue à Bejaia qu'au Fort Lemercier (PNG). Celle-ci débute à la mi-mai et s'achève vers la mi-septembre à Bejaia (soit 4 mois) et du début juin pour s'achever vers le début septembre pour notre station d'étude (soit 3 mois).

II-1-5- Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger

Le quotient pluviothermique d'Emberger est donné par la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{1000P}{\frac{M+m}{2} \times (M-m)}$$

Chapitre II : Méthodologie et caractérisation de la zone

Ce rapport met en rapport les précipitations et les températures qui sont exprimés respectivement en mm et en degré Kelvin.

TABLEAU VIII : Valeurs du quotient pluviothermique d'Emberger pour Bejaia et notre station d'étude (Fort Lemercier, PNG).

Station	P (mm)	M (K)	m (K)	Quotient
Bejaia	792,12	303,39	280,66	119.34
Station d'étude	920,12	301,15	279,38	145.61

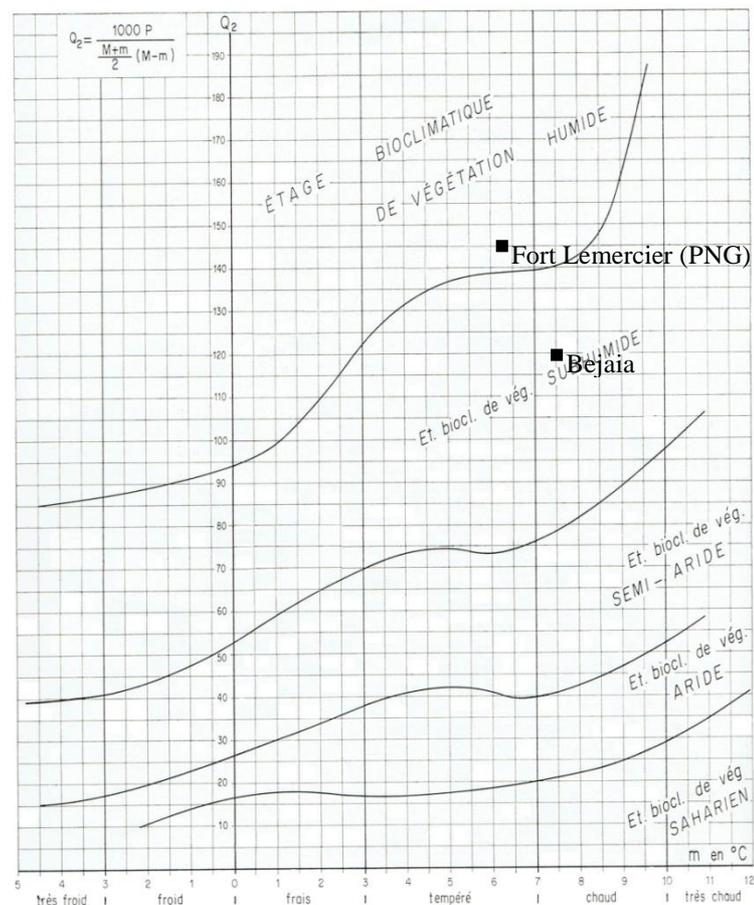


Figure N°07 : Situation bioclimatique de Bejaia et du Fort Lemercier (Parc National de Gouraya) sur le climagramme d'Emberger extrait de Long (1974).

Ces résultats placent Bejaia dans l'étage bioclimatique sub-humide à hivers chaud et notre zone d'étude (Fort Lemercier, PNG) dans l'étage bioclimatique humide à hiver tempéré.

II-2-Méthodologie

II-2-1- Estimation de la reprise du pin d'Alep

La régénération naturelle du pin d'Alep est estimée à travers le dénombrement des plantules selon un protocole définissant 03 zones : sous le houppier, à la limite du houppier et à 10 mètres du houppier (figure 8). Le dénombrement est fait en février 2017 sur des parcelles d'une superficie de 1m². Au total 15 arbres ont été considérés, ce qui constitue 15 répétitions par zone.

Les données sont analysées par le test de Kruskal-Wallis accompagné d'un test non paramétrique de comparaison multiple des rangs. Le recours à la statistique non paramétrique est le résultat de séries de données n'obéissant pas à la distribution normale (test de Shapiro et Wilk).

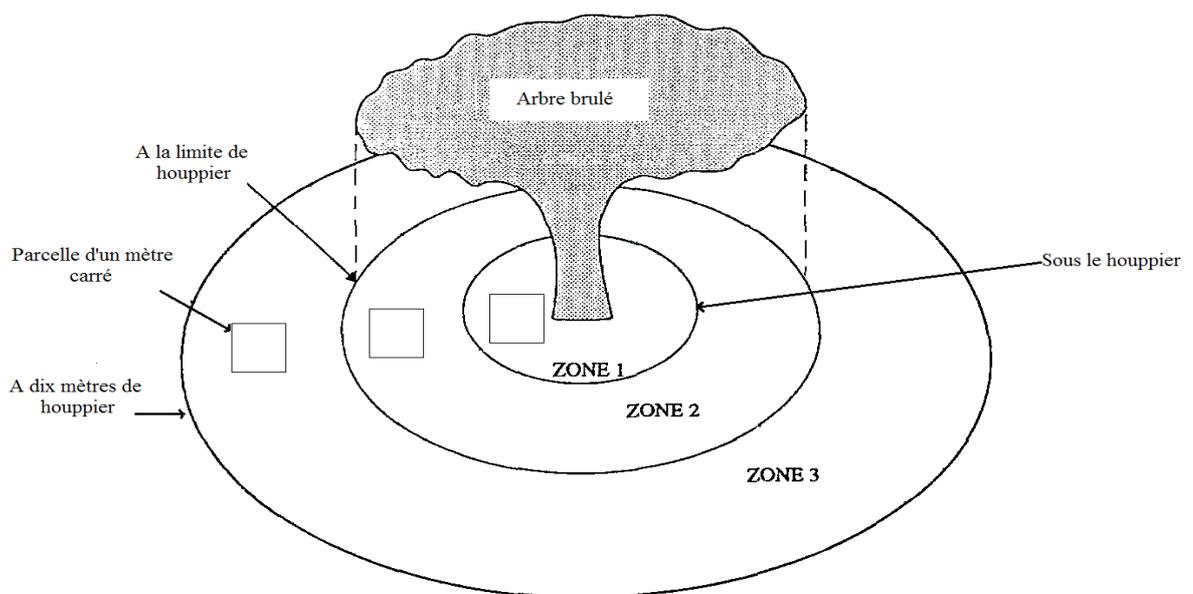


Figure N°08 : Schéma représentant le protocole d'échantillonnage avec les trois zones considérées (adapté de Ne'eman et *al.*, 1992).

II-2-3- Estimation de la reprise végétative des principales espèces ligneuses du sous bois

Dans le but d'estimer la régénération végétative des principales espèces ligneuses du sous bois, nous avons mesuré en avril 2017 la longueur des 3 brins dominants de 45 individus répartis aléatoirement au niveau de la zone déjà considérée pour la germination

Chapitre II : Méthodologie et caractérisation de la zone

des graines de *Pinus halepensis*. Les espèces mesurées sont les suivantes : *Phillyrea media*, *Erica multiflora*, *Quercus coccifera*, *Myrtus communis* et *Pistacia lentiscus*.

Les données sont analysées par le test de Kruskal-Wallis accompagné d'un test non paramétrique de comparaison multiple des rangs. Le recours à la statistique non paramétrique est le résultat d'une inégalité des variances des populations (test de Hartley).

Chapitre III.
Résultats et discussion

III-1-Résultats**III-1-1-Analyse de la régénération du pin d'Alep**

Afin d'estimer la reprise de pin d'Alep après feu, dans les trois zones sous les arbres brûlés un dénombrement des plantules a été réalisé dans les différents parcelles de 1m², les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau IX: Résultats du dénombrement des plantules du pin d'Alep dans les 3 zones échantillonnées autour des arbres brûlés.

Parcelles	Sous le houppier	A la limite du houppier	A dix mètres du houppier
1	1	4	2
2	1	6	3
3	3	10	3
4	4	11	3
5	5	12	4
6	5	12	4
7	5	13	4
8	7	16	5
9	7	19	5
10	7	22	7
11	9	22	8
12	12	24	9
13	14	30	12
14	17	37	15
15	38	38	43

L'analyse des résultats est faite à l'aide du test de Kruskal Wallis puisque les distributions n'obéissent pas à la loi normale. Les résultats du test sont les suivants :

Tableau X: Statistiques descriptives de dénombrement des plantules du pin d'Alep dans les trois zones considérées.

Variable	Observation	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Sous le houppier	15	1	38	09,00	09,21
A la limite	15	4	38	18,44	10,44
A dix mètres	15	2	43	08,46	10,23

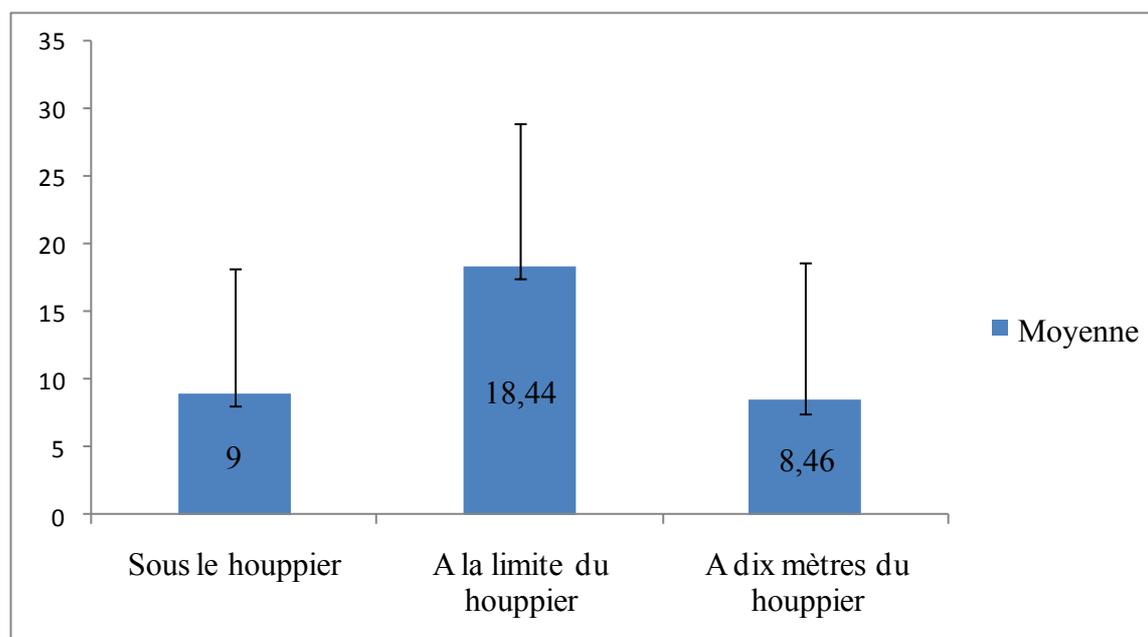


Figure N°09 : Histogramme représentant la densité des semis du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) dans trois zones considérées.

Tableau XI: Test de Kruskal-Wallis

K (Valeur observée)	12,07
K (Valeur critique)	05,99
Ddl	2
p-value	0,002
Alpha	0,05

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha = 0.05$, on rejette l'hypothèse nulle d'égalité. Le test de Kruskal Wallis révèle une hétérogénéité au niveau des 3 zones au seuil $\alpha = 0,05$. Autrement, le nombre de plantules dénombré diffère entre les 3 zones considérées. Pour compléter notre analyse et détecter les différences, le test de comparaison multiple de Dunn donne les résultats suivants :

Tableau XII: Comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Dunn

Echantillon	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes
à dix mètres du houppier	15	256	17,06	A
sous le houppier	15	291,5	19,43	A
à la limite du houppier	15	487,5	32,5	B

A la lumière des résultats du test, l'Echantillon1 (sous le houppier) et l'Echantillon3 (à dix mètres du houppier) forme un groupe homogène et différent de l'Echantillon2 (à la limite du houppier) au seuil de signification de 5%. Alors la régénération est meilleure à la limite du houppier (Groupe B) comparativement aux deux autres zones (Groupe A) au seuil $\alpha = 0,05$.

III-1-2- Reprise végétative des principales espèces ligneuses du sous bois

Pour estimer la reprise des principales espèces ligneuses du sous bois de la pinède, on a mesuré les 3 brins dominants de 45 individus répartis aléatoirement pour chacune des 5 espèces considérées. Ce travail est fait pour estimer le densité du sous bois et sa vitesse de cicatrisation dans l'optique de mieux connaître les conditions dans lesquelles évolueront les plantules de l'espèce forestière. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau XIII: Mesure (en cm) de la hauteur des brins des espèces dominantes du sous-bois.

<i>Phillyrea media</i>	<i>Erica multiflora</i>	<i>Quercus coccifera</i>	<i>Myrtus communis</i>	<i>Pistacia lentiscus</i>
70	03	22	22	23
71	03	27	26	25
73	03	27	28	28
73	03	29	29	30
73,5	3,5	32	31	34
74	3,5	33	31	41
78	3,5	33,5	40	45
79	4	35	42	45
80	4	38	44	46
82	5	41	45	48
83	6	41,5	47	48
85	6,5	42	47	48
85	6,5	42	49	49
85	7	43	49	49
87	7,5	45	50	50
87	8,5	47	50	50
87	9	47	51	50
87	10	50	52	50
88	10	50	53	51
89	10	53	54	51
89	10	53	55	52
90	10,5	55	56	53
90	10,5	55	57	53
91,5	10,5	55	58	53
92	11	55	58	53
94	11	57	59	53
95	11	58	61,5	54
96	12	59	63	55
97	12	60	64	56
98	12	60	65	57
98	12	62	65	58
102	12	66	65,5	59
102	12,5	67	67	60
103	12,5	68	67	60
103	13	70	68	60
104	13	70	69	62
105	14	70	70	62
106	14	73	72	65
107	14	74	73	65
107	15	80	74	65
110	15	80	74	65
119	16	80	79	68
120	19	89	81	74
126	22	90	84	91
127	23	100	100	97

L'analyse statistique faite au moyen du test de Kruskal Wallis du fait de l'inégalité des variances (test de Hartley) a donnée les résultats suivants :

Tableau XIV: Statistiques descriptives de la reprise végétative des principales espèces du sous bois.

Variable	Observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
<i>Phillyrea media</i>	45	70	127	93.06	14.29
<i>Erica multiflora</i>	45	3	23	10.08	04.91
<i>Quercus coccifera</i>	45	22	100	55.20	18.36
<i>Myrtus communis</i>	45	22	100	56.55	16.61
<i>Pistacia lentiscus</i>	45	23	97	53.57	14.04

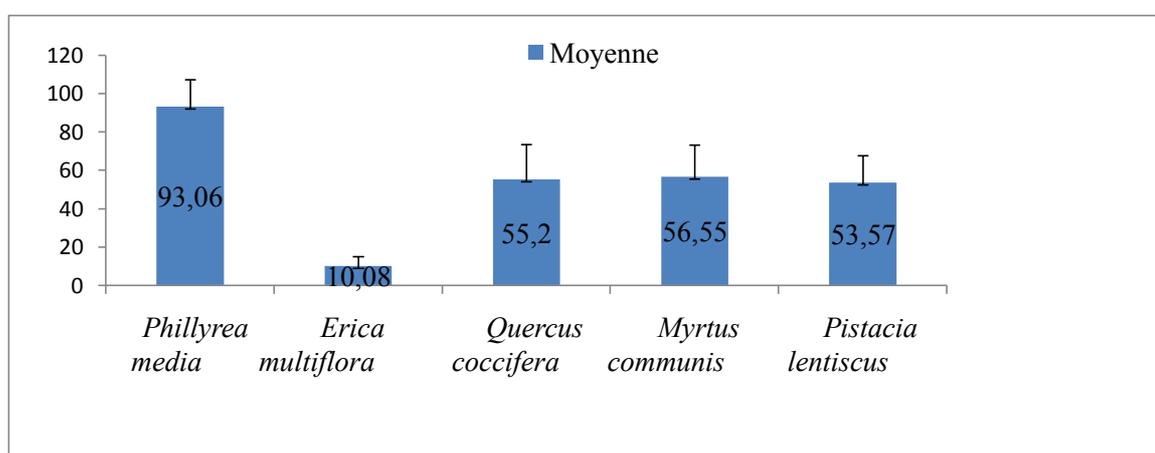


Figure N°10 : Histogramme représentant les moyennes des longueurs des brins des cinq espèces ligneuses du sous bois mesurées (*Phillyrea media*, *Erica multiflora*, *Quercus coccifera*, *Myrtus communis*, *Pistacia lentiscus*).

Tableau XV: Test de Kruskal-Wallis

K (Valeur observée)	162,58
K (Valeur critique)	9,48
ddl	4
p-value	<0,0001
Alpha	0,05

Etant donné que la p-value calculée est largement inférieure au niveau de signification $\alpha = 0.05$, l'hypothèse nulle d'égalité est alors refusée. Le test de Kruskal Wallis révèle ainsi une hétérogénéité des données au seuil $\alpha = 0,05$. Autrement, la longueur

des brins des différentes espèces du sous bois est différente. Pour compléter notre analyse et détecter les différences, le test de comparaison multiple de Dunn donne les résultats suivants :

Tableau XVI: Comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Dunn

Echantillon	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupe
<i>Erica multiflora</i>	45	1038,5	23,07	A
<i>Pistacia lentiscus</i>	45	4944	109,86	B
<i>Quercus coccifera</i>	45	5180,5	115,12	B
<i>Myrtus communis</i>	45	5367,5	119,27	B
<i>Phillyrea media</i>	45	8894,5	197,65	C

Les résultats du test de comparaison multiple de Dunn montrent que *Phillyrea media* est l'espèce qui affiche la meilleure reprise végétative au seuil de signification de 5 %. *Quercus coccifera*, *Myrtus communis* et *Pistacia lentiscus* forment un groupe homogène et affichent des résultats de reprise végétative statistiquement similaires et significativement inférieurs à ceux de *Phillyrea media*. Enfin, *Erica multiflora* affiche les valeurs les plus faibles en raison vraisemblablement de la nature moins élevée de cette espèce.

III-2-Discussion

III-2-1-Analyse de la régénération du pin d'Alep

Le feu est universellement connu pour être un facteur majeur qui a façonné les paysages végétaux. Dans les écosystèmes de type méditerranéen, les incendies sont récurrents et les végétaux en place sont adaptés à cette perturbation qu'ils subissent depuis des millénaires (Arianoutsou, 1998). Pour se régénérer, les végétaux pérennes utilisent deux stratégies: la voie végétative, en émettant des rejets et la voie sexuée à partir de graines portées par la plante mère ou enfouies dans le sol (Ne'eman et al., 2004 ; Keeley et al., 2005).

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) est l'un des arbres méditerranéens les plus étudiés. C'est une espèce qui ne survit pas aux feux, mais qui se régénère facilement à partir de la banque de graines du sol et des graines portées par les cônes sur les arbres calcinés (Trabaud, 1995). Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) est abondant dans les habitats du bassin méditerranéen exposés au feu, en raison de son opportunisme et de ses capacités à envahir les milieux dénudés et vierges. C'est une espèce pionnière des successions forestières après perturbations et plus particulièrement après incendie (Ne'eman et al., 2004 ; Lloret, 1998).

Une multitude de facteurs interviennent pour assurer et expliquer la densité de régénération du pin d'Alep (Guillaume, 1998). Il y a tout d'abord les facteurs qui caractérisent le peuplement initial d'avant l'incendie, comme la densité du peuplement et l'âge des arbres. Ensuite, les facteurs relatifs à la perturbation : date et intensité de l'incendie. D'autres facteurs non négligeables peuvent avoir également leur importance, c'est le cas de la densité du sous bois, de la prédation des graines et de l'intensité des précipitations lors des premiers mois suivant le feu.

Guillaume (1998) note que la concurrence exercée par les espèces qui reprennent juste après le passage du feu est importante. Dans ce sens, de multiples travaux (Trabaud et Oustric, 1989 ; Kazanis et Arianoutsou, 2004 ; Bekdouche *et al.*, 2011) focalisés sur la germination des cistes et des légumineuses signalent une possible entrave à l'évolution des plantules du pin d'Alep en raison de la concurrence qu'elles leur infligent.

Selon Trabaud (1995) la lumière est considérée comme un facteur favorisant la germination des graines du pin. Dans beaucoup de cas, elle peut lever la faible dormance

des graines (Thanos et Skordilis, 1987). Mais, elle peut également jouer un rôle défavorable, car l'éclairement rouge sombre des flammes, non seulement il inhibe la germination, mais induit aussi une dormance des graines (Thanos et Skordilis, 1987). Dans le même sens, les grandes quantités de cendre produite par la combustion de la végétation et plus particulièrement des arbres eux-mêmes et déposées autour des souches calcinées peuvent provoquer la salinité et des hautes valeurs osmotiques des soles. Ceci peut nuire à la germination des semences durant les premiers mois suivant l'incendie et fournir au-delà de cette période des conditions nutritionnelles qui ont un effet positif sur le développement de certaines espèces végétales (Kutiel et Naveh, 1987).

Les températures élevées ($>1200^{\circ}\text{C}$ en surface et 170°C à 5cm de profondeur) peuvent occasionner une forte mortalité au niveau de la banque des graines de la plupart des espèces (Malanson and Trabaud, 1987). Les températures modérées obtenues lors d'incendies de faible intensité stimulent plutôt favorablement la germination en levant la dormance des graines (Keely, 1987, 1991).

La dispersion des graines de *Pinus halepensis* est assurée par le vent, par conséquent on peut supposer que la plus part des graines seront dispersées à proximité des arbres brûlés (Augspurger et Franson, 1987). Ceci peut contribuer à expliquer les résultats obtenus pour la pinède du Fort Lemercier (PNG). En effet, la germination est meilleure à proximité des pieds-mères. Nos résultats s'écartent en partie de ceux de Ne'eman *et al.* (1992) qui note une meilleure régénération en dehors des houppiers des arbres brûlés. Néanmoins, ses résultats de germination sont nettement inférieurs aux nôtres. Nous avons enregistré une moyenne de 9 (valeur maximale : 38) plantules/m² sous le houppier, 18.44 (valeur maximale : 38) plantules/m² à la limite du houppier et 8.46 (valeur maximale : 43) plantules/m² à 10 mètres du houppier. Ne'eman *et al.* (1992) notent des valeurs moyennes allant de 3.5 (valeur maximale : 5) plantules/m² sous les houppiers à 7 (valeur maximale : 22) plantules/m² en dehors du houppier. Nos résultats sont également plus élevés que les valeurs de 0.1 à 1 plantule/m² notés par Trabaud *et al.* (1985) en France et 0.2 à 0.4 plantules /m² en Grèce (Thanos et Marcou, 1989).

La variabilité importante notée dans le cadre de notre travail à l'intérieur des différentes zones échantillonnées peut s'expliquer par divers facteurs. La densité de la végétation et l'âge et la dimension des arbres considérés en sont les principaux facteurs qui influent directement sur l'intensité de l'incendie, la disponibilité des graines sur les pieds-mères, l'accumulation des cendres et la dispersion des graines. Christensen (1994) écrit dans ce sens que la nature de la pinède d'avant le feu incluant de gros arbres, de petits

arbres, des arbustes et des herbacées jouent sur l'intensité de l'incendie qui à son tour occasionne une hétérogénéité dans les températures atteintes et dans la durée de l'embrassement.

III-2-2-Analyse de la régénération des espèces ligneuses du sous bois

Le passage du feu influence non seulement la composition floristique des communautés, mais il modifie aussi l'agencement des végétaux et leur phytomasse. L'agencement correspond à la répartition spatiale, aussi bien sur le plan vertical que sur le plan horizontal, des différentes plantes qui constituent les communautés. Assez rapidement après un incendie, la végétation réapparaît et recouvre la surface du sol. En effet, généralement, quinze jours à un mois après le feu, commencent à apparaître les premiers rejets ; puis progressivement la végétation devient de plus en plus dense (Trabaud, 1983).

La végétation se réinstalle rapidement après le passage de la flamme. Trabaud, (1983) donne un (01) an après le feu pour les taillis denses de chêne vert et les garrigues denses de chêne kermès du sud de la France. Divers auteurs, dont Raunkiaer (1905) et Godron *et al.* (1968) notent qu'il est préférable de suivre l'évolution du recouvrement en tenant compte des principales formes biologiques des végétaux qui composent les communautés d'après les formes qu'ils atteindraient normalement en absence de feu ou de tout autre traumatisme.

Les végétaux se répartissent en cinq grands groupes de formes biologiques d'après Raunkiaer (1905):

1. Les phanérophytes restent toujours bien visibles quelle que soit la saison de l'année, ce sont des plantes vivaces. Elles ont une longévité importante qui fait notamment que leur hauteur au-dessus du sol va de 30 cm à plus de 100 m. La plupart sont ligneux, mais quelques phanérophytes sont herbacés (graminées de la savane) ou succulents (cactus dans les milieux arides). Les plantes grimpantes (lianes) qui ont des racines mais dont la tige prend appui sur d'autres plantes sont rangées parmi les phanérophytes.
2. Les chaméphytes sont également des plantes ligneuses et vivaces mais elles se protègent du froid ou du vent desséchant par leur faible hauteur au-dessus du sol (inférieur à 30 cm) ; elles forment donc de petits buissons à l'aspect de touffe, de boule ou de coussinet.
3. Les hémicryptophytes sont des plantes à demi cachées pendant la mauvaise saison (orties par exemple). Leurs bourgeons restent au ras du sol en hiver et l'appareil aérien herbacé se développe en été.
4. Les cryptophytes sont invisibles pendant la mauvaise saison : leurs organes vivaces sont dissimulés à l'intérieur du sol (Géophytes), de la vase (Hélophytes) ou de l'eau

(Hydrophytes). Leur repousse est très rapide dès le début de la période favorable grâce aux réserves accumulées dans les tubercules, bulbes ou rhizomes.

5. Les thérophytes sont des plantes herbacées qui passent la saison défavorable sous forme de graines très résistantes au froid ou à la sécheresse. Leur développement est très rapide au printemps.

Les changements de recouvrement des différentes formes biologiques qui apparaissent au cours du temps dénotent de la concurrence qui existe entre les végétaux pour occuper la surface du sol, avant que s'établisse un équilibre métastable semblable à celui des communautés plus mûres ; cette succession des formes biologiques ne fait que projeter horizontalement les changements qui vont survenir au cours du temps dans la structure verticale (Trabaud, 1983).

Les cinq espèces considérées dans le cadre de ce travail sont toutes des phanérophyles à l'exception d'*Erica multiflora* qui est plutôt une chaméphyte. C'est la raison pour laquelle les brins de cette espèce sont largement dépassés par ceux des autres espèces. La hauteur naturelle que peuvent atteindre les quatre espèces restantes (*Phillyrea media*, *Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*) contribue à expliquer les différences notées. En effet, *Phillyrea media* peut atteindre dans des conditions favorables des arbres de plus de 10 mètres. C'est le cas de la réserve intégrale du Gouraya et des maquis de la zone littorale de Bejaia et plus particulièrement à Cap Sigli (Observations personnelles). Le chêne kermes et le lentisque peuvent également atteindre des hauteurs importantes surtout dans des végétations denses qui stimulent la compétition pour la lumière.

L'estimation de la hauteur du sous bois faite à travers nos mesures est faite dans l'optique de la mettre en relation avec la question principale traitée dans le cadre de ce mémoire à savoir la régénération naturelle du pin d'Alep après le passage du feu du 21 juillet 2016.

En effet, dans les pinèdes, les incendies ouvrent les milieux et cela favorise la régénération (Trabaud, 1995). Les plantules du pin peuvent se développer en sous bois pourvu qu'elles aient une luminosité suffisante (Acherar *et al.*, 1984 ; Trabaud *et al.*, 1985 ; Thanos *et al.*, 1989). L'influence de sous bois sur la régénération dépend de sa densité. Un couvert dense empêche la régénération du pin, de même un couvert trop faible ne peut pas assurer la couverture des plantules encore fragiles et vulnérables contre la forte insolation estivale.

Au niveau de la pinède du Fort Lemercier (PNG), la densité moyenne de la végétation du sous bois conjuguée à sa hauteur suffisamment élevée (environ 1 mètre en moyenne pour les espèces dominantes) constituent des conditions favorables qui devraient assurer la survie d'un bon nombre de plantules de pin. De ce fait, nous pouvons prévoir une réinstallation du pin d'Alep et donc une renaissance de la pinède à *Pinus halepensis* du Fort Lemercier. Les opérations de reboisement effectuées au niveau du site au cours des premiers mois de l'année 2017 ne sont qu'un gaspillage de ressources inutiles. Malgré le traumatisme et la désolation pour encore quelques années, la pinède incendiée reprendra sa composition et sa structure naturellement dans un laps de temps qui ne dépassera pas son âge d'avant l'incendie.

Conclusion

Conclusion

Les feux en Algérie apparaissent comme des événements courants qui ont existé depuis fort longtemps, Nos boisements sont habitués à cette perturbation naturelle et ont développé au cours du temps des mécanismes qui leur permettent de résister et de s'adapter. Le pin d'Alep par la constitution d'une double banque de graines arrive à se régénérer et à réoccuper son milieu.

Au terme de ce travail et à travers les résultats présentés, nous pouvons avancer, que la dynamique de la pinède du Fort Lemercier (PNG), montre de bonnes dispositions allant dans le sens d'une cicatrisation de la végétation et du milieu.

Les résultats obtenus montrent que le pin d'Alep réoccupe le milieu incendié surtout vers les limites du houppier et secondairement sous les houppiers et à dix (10) mètres du houppier. Ces résultats peuvent s'expliquer par la faible mobilité des graines qui atteignent faiblement la troisième zone et l'accumulation des cendres aux alentours des troncs qui inhibent la germination.

La régénération végétative des principales espèces ligneuses du sous bois est très satisfaisante, ce qui va constituer un écran vis-à-vis de l'ensoleillement intense de la saison estivale et assurer un bon taux de survie des plantules de *Pinus halepensis*.

A travers l'ensemble des résultats obtenus, il semble que la pinède du Fort Lemercier réagit favorablement au passage de l'incendie : la régénération de l'espèce forestière est meilleure que celles notées dans la littérature au niveau du bassin méditerranéen et les espèces du sous bois assurent bien leur rôle de couverture des plantules.

Il ne semble donc pas nécessaire de perturber le milieu en cicatrisation par des programmes de reboisement sans suivi. En effet, nous avons observé que l'essentiel des sujets plantés lors des différentes campagnes de reboisement allant de janvier à mars 2017 sont complètement desséchés en raison d'une absence totale de suivi et de mauvaises conditions de mise en terre.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

- **Acherar M., 1981.-** La colonisation des friches par le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) dans les basses garrigues du Montpeliérais. Thèse Doct. 3^{ème} cycle. U.S.T.L., Montpellier. 210 p.
- **Acherar M., Lepart J. & Debussche M., 1984.** La colonisation des friches par le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) en Languedoc méditerranéen. *Acta Oecol. Oecol. Plant*, 5 : 179–189.
- **Alexandrian D., & Rigolot E., 1992.-**Sensibilité du pin d'Alep à l'incendie. *For. Méditerr.*, T.XIII, n°3 : 185-198.
- **Alexandrian D., Esnault F. & Calabri G., 1998.-** Analyse des tendances des feux en Méditerranée et des causes sous-jacentes liées aux politiques. Rapport de la F.A.O sur les politiques publiques concernant les feux de forêt. Rome (Italie).
- **Arianoutsou M., 1998.** – Aspects of demography in post-fire mediterranean plant communities of Greece. Pp. 273 – 295, *In* : P.W. Rundel, G. Montenegro & F. Jaksic (eds). *Landscape degradation in mediterranean-type ecosystems, Ecological studies 136*. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg.
- **Augspurger C.K. & Franson S.E., 1987.-** Wind dispersal of artificial fruits varying in mass, area, and morphology. *Ecology*, 68, 27-42.
- **Bagnouls F. & Gaussen H., 1953.** - Saison sèche et indice xerothermique. Documents pour les cartes des productions végétales, 3 : cartographie des limites écologiques. 6, art. 8, Fac. Sci., Toulouse. 47 p.
- **Bekdouche F., 2010.-** Evolution après feu de l'écosystème subéraie de Kabylie (Nord Algerien). Thèse Doct, Faculté des Sci Bio et Sci Agro, Univ. Tizi ouzou. 147 p.
- **Bekdouche F., Sahnoune M., Krouchi F., Achour S., Geumati N. & Derridj A., 2011.-** The contribution of legumes to post-fire regeneration of *Quercus suber* and *Pinus halepensis* Forest in North-Eastern Algeria. *Rev. Ecol. (Terre Vie)* 66: 29-42.
- **C.E.M.A.G.R.E.F., 1989.-** Le Guide technique du forestier méditerranéen français, chapitre IV : Protection des forêts contre les incendies. Division technique forestière, Aix- en - Provens (France).
- **Christensen, N. L., 1994.-** The effects of fire on physical and chemical properties of soils in Mediterranean-climate shrublands. In *The role of fire in Mediterranean-type ecosystems*, Vol. 107, Moreno, J. M. and Oechel, W. C. eds, pp. 79-95. Springer Verlag, New York.

- **Clarke P. J., & Davison E. A., 2004.**- Emergence and survival of herbaceous seedlings in temperate grassy woodlands : Recruitment limitations and regeneration niche, *Austral Ecol.*, 2004, 29: 320-331.
- **Colin P.Y., Jappiot M., Mariel A., Lampin C., & Veillon S., 2001.**- Protection des forêts contre l'incendie, Edit. FAO/C.E.M.A.G.R.E.F, Cahier FAO, Conservation n°36, 149 p.
- **Daskalakou, E. N. & Thanos, C. A. 1996.**- Aleppo pine (*Pinus halepensis*) postfire regeneration: the role of canopy and soil seed banks. *Int. J. Wildland Fire*, 6: 59–66.
- **DGF. Bejaia, 2016.**-Bilan de prévention et de lutte contre les incendies de forêt.
- **Godron M., Daget Ph., Emberger L., Long G., le Floc'h E., Poissonet J., Sauvage C. & Wacquant J.P., 1968.**- Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu. Ed. C.N.R.S., Paris, 296 p.
- **Guillaume D., 1998.**- Les peuplements mixtes de pin d'Alep et chênes en Provence. *For. Méditerran.*, T.XIX, n°3 : 261-266.
- **Habrouk A., Retana J. & Espelta J.M., 1999.**- Role of heat tolerance and cone protection of seeds in the response of three pine species to wildfires. *Plant Ecol.*, 145: 91-99.
- **Hetier J.P., 1993.**- "Forêt méditerranéenne : vivre avec le feu ? Élément pour une gestion patrimoniale des écosystèmes forestiers littoraux", Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres, 147 p.
- **Izhaki I. Hening-Sever N. & Ne'eman G., 2000.**- Soil seed banks in Mediterranean Aleppo pine forests : the effect of heat, cover and ash on seedling emergence. *J. Ecol.*, 88: 667-675.
- **Jappiot M., Blanchi R., & Alexandrian D., 2002.**- Cartographie du risque d'incendie de forêt. Recherche méthodologique pour la mise en adéquation des besoins, des données et des méthodes. C.E.M.A.G.R.E.F, ENSMP-ARMINES, Agence M.T.D.A, Colloque de restitution des travaux de recherche du S.I.G Incendies de forêt, 4 Décembre 2002, Marseille (France).
- **Jappiot M., Lampin C., & Borgniet L., 2004.**-Méthode de cartographie des types d'urbanisation au contact des zones boisées pour une aide à la mise en place des PPRIF. MEDD, Rapport final, 40 p.

- **Kaiss A., Zekri L., Zekri N., Porterie B., Clerc J-P., & Picard C., 2007.-** Efficacité des coupures de combustible dans la prévention des feux de forêts. *C. R. Physique*, 8 : 462–468.
- **Kazanis D. & Arianoutsou, M. 1996.** – Vegetation composition in a post–fire successional gradient of *Pinus halepensis* forests in Attica, Greece. *Int. J. Wildland Fire*, 6 : 83 – 91.
- **Keeley, J. E. 1987.-** Role of fire in seed germination of woody taxa in California chaparral. *Ecology* 68: 434–443.
- **Keeley J.E., 1991.-** Seed germination and life history syndromes in the California chaparral. *Bot. Rev.*, 57: 81 – 116.
- **Keely J.E., Pfaff A.H & Safford H.D., 2005.** - Fire suppression impacts on postfire recovery of Sierra Nevada chaparral shrublands. *Int. J. Wildland fire*, 14: 255-265.
- **Khalid F., 2008.-** Contribution à l'élaboration d'un plan de prévention des risques incendies de forêt, cas de la commune de Tlemcen (Nord-Ouest d'Algérie). Mém. Mag. Univ. Aboubakre Belkaid-Tlemcen. 162 p + annexes.
- **Kutiel P., & Naveh Z., 1987.** - The effect of fire on nutrients in a pine Forest Soil. *Plant Soil*, 104: 269-274.
- **Lloret F., 1998.-**Fire, canopy cover and seedling dynamics in Mediterranean shrubland of northeastern Spain. *J. Veg Sci.*, 9: 417-430.
- **Long G., 1974.-** *Diagnostic phytoécologique et aménagement du territoire*. Tome1: principes généraux et méthodes. Collection d'écologie. Masson, Paris. 252 p.
- **Malanson, G.P. & Trabaud, L. 1987.** - Ordination analysis of components of resilience of *Quercus coccifera* garrigue. *Ecology* 68: 463-472.
- **Margerit J., 1998.-** Modélisation et simulations numériques de la propagation de feux de forêts. Thèse Doctorat Inst. Nat. Polytechnique de Lorraine. Nancy, France, 260 p.
- **Meddour. O., 2014.** - Les feux de forêt en Algérie ; Analyse de risque, étude des causes, évaluation du dispositif de défense et des politiques des gestions. Thèse de doctorat en foresterie. Univ Tizi- Ouzou. 295p.
- **Nahal I., 1962.** - Le pin d'Alep. Etude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. *Ann. Eco. Nat. Eaux et Forêts*, 19 (4) : 533-627.
- **Naveh Z., 1975.** – The evolutionary significance of fire in the Mediterranean region. *Vegetation*, 29: 199 – 208.

- **Ne'eman G., Lahav H. & Izhaki I. 1992.-** Spacial pattern of seedling 1year after fire in a Mediterranean pine forest. *Oecologia*, 91: 365-370.
- **Ne'eman G., Goubitz S., & Nathan R., 2004.-** Reproductive traits of *Pinus halepensis* in the light of fire – a critical review. *Plant Ecol.*, 171 : 69–79.
- **Pakeman R., & Small J., 2005.-** The role of the seed bank, seed rain, and the timing of disturbance in gap regeneration. *J. Veg. Sci.* 16(1): 121-130.
- **Pausas J.G., Lloret J., Rodrigo A. & Vallejo V.R., 2008.-** Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin? –A review. *Int. J. Wildland Fire*, 17: 713 – 723.
- **Prévosto B., 2013.-** Le pin d'Alep en France, 17 fichiers pour connaitre et gérer. Edition Quae, France. 160 p.
- **Quezel P. & Medail F., 2003. –** *Ecologie et biogéographie des forêts du bassin Méditerranéen*. Edition Elsevier, Paris, 571 p.
- **Raunkiaer C., 1905.-** Types biologique pour la géographie botanique. Kgl. Danske Videnskab. Selskalss Forhandl., 5: 347-437.
- **Seltzer P., 1946. –** *Le climat de l'Algérie*. IMPG Univ. d'Alger, Carbonel, Alger. 219 p.
- **Thanos C.A., Marcou S., Christodoulakis D., Yannitsaros A. 1989.-** Early post-fire regeneration in *Pinus brutia* forest ecosystems of Samos island (Greece). *Acta Oecol. (Oecol. Plant.)*, 10: 79-94.
- **Thanos C.A., Skordilis A. 1987.-** The effects of light, temperature and osmotic stress on the germination of *Pinus halepensis* and *P. brutia* seeds. *Seed Sci. Tech.*, 15 : 163-174.
- **Trabaud L., 1979.-** Etude du comportement du feu dans la garigue de chêne kermès à partir des températures et des vitesses de propagations. *Ann. Sci. For.*, 36(1) : 13-38.
- **Trabaud L., 1980. –** Impact biologique et écologique des feux de végétation sur l'organisation, la structure et l'évolution de la végétation des zones de garrigues du Bas-Languedoc. Thèse Doct. d'Etat. U.S.T.L., Montpellier. 288 p.
- **Trabaud L., 1983.-** Evolution après incendie de la structure de quelques phytocénoses méditerranéennes du Bas-Languedoc (Sud de la France). *Ann. Sci. For.*, 40 (2) : 177 - 196.
- **Trabaud L., 1992.-** Les feux de forêts : mécanismes, comportement et environnement. Éditions France- Sélection, 278 P.
- **Trabaud L., 1995.-** Modalités de germination des cistes et des pins méditerranéens et colonisation des sites perturbés. *Rev. Ecol. (Terre Vie)* 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. Ecol. Manag.*, 12 (3-4): 269-277.
- **Trabaud L. & Lepart J., 1980.-** Diversity and stability in garrigue ecosystems after fire. *Vegetatio*, 43: 49 – 57.
- **Trabaud L. & Oustric J., 1989.-** Comparaison des stratégies de régénération après incendie chez deux espèces de cistes. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 44 : 3 – 13.
- **Vennetier M., 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.

Titre : Analyse de la régénération du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) après feu au Parc National de Gouraya (PNG).

Mots- clés : incendie de forêt, pin d'Alep, régénération.

Résumé : Les paysages de la région méditerranéenne sont façonnés par l'action des feux récurrents. Les feux sont des événements courants qui ont existé depuis fort longtemps, les végétaux sont habitués à cette perturbation naturelle, et ont développé au cours du temps des mécanismes qui leur permettent de résister et de s'adapter. Dans le cadre de ce mémoire, nous avons analysé la régénération du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) huit mois après le passage de l'incendie. La régénération naturelle du pin d'Alep est estimée à travers le dénombrement des plantules selon un protocole définissant 03 zones : sous le houppier, à la limite du houppier et à 10 mètres du houppier. Les résultats obtenus montrent que le pin d'Alep réoccupe le milieu incendié surtout vers les limites du houppier et secondairement sous les houppiers et à dix (10) mètres du houppier. Ces résultats peuvent s'expliquer par la faible mobilité des graines qui atteignent faiblement la troisième zone et l'accumulation des cendres aux alentours des troncs qui inhibent la germination. La mesure de la longueur des brins des principales espèces du sous bois est faite dans le but d'avoir une idée sur les conditions dans lesquelles vont évoluer les plantules de pins particulièrement au cours de la saison estivale. La régénération végétative des principales espèces ligneuses du sous bois est très satisfaisante, ce qui va constituer un écran vis-à-vis de l'ensoleillement intense de la saison estivale et assurer un bon taux de survie des plantules de *Pinus halepensis*. A travers l'ensemble des résultats obtenus, il semble que la pinède du Fort Lemerrier réagit favorablement au passage de l'incendie.

Title: Regeneration analysis of Aleppo pine (*Pinus halepensis*) after fire in the National Park of Gouraya (PNG).

Keywords: forest fire, Aleppo pine, regeneration.

Abstract: The landscapes of the Mediterranean region are shaped by the action of recurrent fires. Fires are common events that have existed for a long time, plants are accustomed to this natural disturbance, and have developed mechanisms over time that allow them to resist and adapt. In this paper, we analyzed the regeneration of Aleppo pine (*Pinus halepensis*) eight months after the fire. The natural regeneration of Aleppo pine is estimated through seedling counts according to a protocol defining 03 zones: under the crown, at the edge of the crown and at 10 meters from the crown. The results show that Aleppo pine re-occupies the burned environment, especially towards the crown and secondarily under crowns and ten (10) meters from the crown. These results can be explained by the low mobility of the seeds that reach the third zone weakly and the accumulation of ash around the trunks which inhibit germination. The measurement of the length of the strands of the main species in the undergrowth is done with the aim of obtaining an idea of the conditions under which the pine seedlings will evolve particularly during the summer season. The vegetative regeneration of the main ligneous species in the undergrowth is very satisfactory, which will constitute a shield against the intense sunshine of the summer season and ensure a good survival rate of *Pinus halepensis* seedlings. Through all the results obtained, it seems that the pine forest of Fort Lemerrier reacts favorably to the passage of the fire.