

REPUBLICQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique
Université Chadli Bendjedid
El Tarf



جامعة الشاذلي بن جديد
UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشاذلي بن جديد
الطارف

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologies

كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم العلوم البيولوجية



**Mémoire Pour l'Obtention du Diplôme de
Master 2 en Ecologie et Environnement
Filière: Ecologie et Environnement
Spécialité : Biodiversité et Environnement**

Thème

**Emergence post-incendie de la flore dans la
région de ZITOUNA**

Présenté par : Melle DOUADI Nada

Soutenu le : 25/06/2023

Devant le jury composé de :

Dr BELDI Moncef	MCA	Président	UCBET
Pr LAZLI Amel	Pr	Examinatrice	UCBET
Dr Louhi Haou Sihem	MCA	Encadreure	UCBET

Année universitaire 2022/2023

Remerciements

On remercie en premier lieu notre Dieu qui nous a donné la santé et la patience pour terminer ce travail.

Ce mémoire a été réalisé sous la direction de Dr Louhi Haou Sihem. Je lui adresse également mes plus vifs remerciements pour la confiance qu'elle m'accorde. Je tiens à lui exprimer ma profonde reconnaissance pour son aide, son soutien et d'être toujours rendu disponible lorsque j'ai besoin d'elle. J'ai énormément appris de votre contact et j'ai beaucoup de respect pour votre travail et votre vision de la recherche.

Je tiens à remercier les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail en dépit des différentes responsabilités qui leur incombent et pour l'attention qu'ils ont porté au manuscrit de ce mémoire :

L'enseignant le président, Dr BELDI MONCEF

L'enseignante l'examinatrice, Prof LAZLI AMEL

Parce que les pensées et les idées avancées dans un manuscrit de mémoire ne sont évidemment pas le fruit d'une seule personne, je veux également remercier tous ceux et celles, qui de près ou de loin, ont contribué à nourrir ma réflexion sur les

vastes sujets que constituent cette thèse. Ma gratitude va aussi à mes compagnons de thèse, aussi bien pour nos discussions scientifiques que pour les beaux moments passés sur le terrain, ou au bureau, (Douaa, Malak).

Enfin, il ne nous est pas souvent donné l'occasion de remercier les personnes qui nous sont chères et qui ont une influence sur nos pensées, généralement sur notre vie. Je tiens donc à adresser ici mes salutations sincères à tous les membres de ma famille, qui ne liront sans doute jamais ce mémoire (mis à part, peut-être les remerciements!), mais qui m'ont tous encouragé à un moment ou à un autre, et qui y ont participé chacun à sa manière.

Nombreux sont certainement, tous ceux qui ont été pour moi une aide précieuse et je ne peux nommer tous, merci à tous.

DOUADI NADA

Dédicace

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers.

A Mes très chers parents :

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour tous le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours :

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices. Puisse Dieu, vous accorder santé, bonheur et longue vie.

*A Mes chères sœurs : SOUAD ; ROUMAYSSA;
ROUFAIDA; OUMETMA.*

A mon neveu : SAJED ABD ELRAHIM.

A mes belles nièces : ISRA, ZIENEH, MAYEN.

A mon oncle et sa femme : NOUR EDDIN, (Noucin) et tante NADIA.

Au maris de mes sœurs : HAKIM et RAMZI.

A Toute la famille DOUADI et DRICI.

*A Mes 2emes sœurs : YASMINE, BOUCHRA, NOURHANE,
SOUDEES. ANA.*

A l'esprit de mes grands-mères (que Dieu leur fasse miséricorde) :
HAFSA, MABOUBA.

Résumé

La région de Zitouna est une commune dans la wilaya d'El-Tarf, situé en dehors de la PNEK (Le Parc Nationale d'El Kala). Cependant, c'est l'une des régions les plus riches et les plus abondantes dans le couvert végétal, et avec la présence des subéraies autour d'elle, elle l'a fait regorger des espèces variées et nombreuses, cela la rendait également vulnérable aux incendies en abondance. Dans le but de valoriser la flore post incendie et de mettre en évidence leur diversité et leur distribution, nous avons établi un inventaire floristique après incendie pendant deux saisons (L'hiver et Le printemps) réalisé sur 20 station dans la subéraies au niveau de «Loulidja» qui est situer au Zitouna. Dans cette étude nous avons travaillé selon la méthode phytoécologique associée à une méthode d'échantillonnage aléatoire simple systématique à l'intérieur de chaque relevé d'étude pour la flore. Des analyses granulométrique et chimique de sol ont été effectuées pour mieux comprendre l'état de notre biotope. Les résultats de terrain et leurs discussion basé sur un inventaire de 106 espèces végétales ont mis en évidence la première stratification post-incendie de la flore avec une prédominance de la strate herbacée (78 espèces), après la strate arbuste (18 espèces), enfin strate arborée. Le calcule de la diversité et l'estimation de la fréquence de la flore ont montré un retour assez important de la flore préexistante avant incendie. Dans cette étude nous estimé l'émergence floristique à 60%.

Mots clés : Zitouna ; Feu de forêt ; Flore post incendie ; Phytoécologique ; Subéraie ; Succession.

Abstract

Zitouna is a commune in the state of El-Tarf and located outside the PNEK (El Kala National Park). However, it is one of the richest and most abundant regions in vegetation cover, and together with the presence of the cork oak forests around it, it has made it teeming with varied and numerous species, this also made it vulnerable abundant fires. In order to enhance the post-fire flora and highlight their diversity and distribution, we have established a post-fire floristic inventory in two seasons (winter and spring) carried out on 20 stations in the cork oak forests at "Loulidja" which is located in Zitouna. In this study we worked according to the phytocological method associated with the simple random sampling method for the post-fire flora, and soil granulometric and chemical analyzes to better understand the state of our region. The field results highlight an inventory of 106 plant species. These species are divided into 05 strata; the predominance is the herbaceous stratum with 78 species, after the shrub stratum with 18 species, finally tree stratum. The calculation of the diversity and the estimation of the frequency of the flora showed a fairly significant return of the pre-existing flora before the fire. In this study we estimated the floristic emergence at 60%.

Keywords: Zitouna; Forest fire; Post-fire flora; Phytocological; Cork oak; Succession.

ملخص:

الزيتونة هي بلدية في ولاية الطارف و هي تقع خارج الحظيرة الوطنية للقاللة . مع ذلك, فهي تعد من أكثر المناطق غنى ووفرة من حيث الغطاء النباتي. و مع وجود غابات بلوط الفلين من حولها, جعلها هذا تزخر بأنواع متنوعة و كثيرة, هذا جعلها أيضا عرضة للحرائق بكثرة. بهدف تحسين نباتات ما بعد الحريق و إبراز تنوعها و توزيعها, قمنا بإجراء جرد لها خلال فصلين (الشتاء و الربيع) تم إجراؤه على 20 محطة في غابات بلوط الفلين على مستوى "الوليجة" الموجودة ببلدية الزيتونة. في هذه الدراسة عملنا وفق طريقة علم البيئة النباتية المرتبطة بطريقة أخذ العينات العشوائية البسيطة لنباتات ما بعد الحريق, و التحليلات الكيميائية والحبيبية للتربة, لفهم أكثر لحالة المنطقة خاصتنا. نتائج الميدان سلطت الضوء على جرد 106 نوع نباتي. هذه الأنواع تنقسم إلى 5 طبقات, الأكثر غلبة هي الطبقة العشبية ب78 نوع, ثم طبقة الشجيرة ب18 نوع, أخيرا طبقة الشجرة. أظهر حساب التنوع و تقدير تواتر النباتات عائدا كبيرا إلى حد ما للنباتات الموجودة مسبقا قبل الحريق. في هذه الدراسة قدرنا ظهور الأزهار بنسبة 60 %.

الكلمات المفتاحية: الزيتونة, حريق الغابة, نباتات ما بعد الحريق, علم البيئة النباتية, غابات بلوط الفلين, الخلافة.

LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
01	Surface des forêts dans les pays du pourtour de la Méditerranée en 2010	02
02	Tendances de l'évolution des surfaces forestières dans les pays Méditerranéens entre 1990 et 2010	04
03	Répartition de la couverture forestière par wilaya en Algérie (2007)	07
04	Répartition de la superficie forestière par wilaya en Algérie (2007)	08
05	Sources des données sur les feux de forêts pour la période 2000–2010	11
06	Disponibilité des données pour plusieurs variables sur les feux de forêts entre 2000 et 2010	11
07	Pays dans les différentes zones de la région méditerranéenne (Est, Ouest et Sud)	12
08	Causes des feux de forêts rapportées par cinq pays de la région méditerranéenne en 2010	13
09	Evolution annuelle des superficies parcourues par le feu en Algérie (1876-1962)	14
10	Evolution annuelle des nombres d'incendies en Algérie (période 1876-1915)	15
11	Evolution annuelle des superficies parcourues par le feu (1963-2014)	16
12	Evolution annuelle des nombres d'incendies en Algérie (1979-2014)	17
13	Triangle du feu	21
14	Feux de cimes	21
15	Feux de surface	22
16	Feux de terre	22
17	les processus de développement d'un feu de forêt	24
18	Croisement des couches pour la détermination des niveaux de l'aléa	29
19	Succession écologique: une succession de stades et d'interstades	33
20	Succession autogénique d'une forêt après avoir une perturbation	33
21	Notion de succession secondaire	34
22	Cycles biologiques des espèces végétales. Chaque étape peut être isolée et l'on peut prévoir une série de projets de recherche qui contribueront à la compréhension de l'ensemble	36
23, 24, 25	La zone d'étude en générale « Loulidja ».	40
26	Localisation géographique et découpage administratif de la wilaya d'El Tarf.	42
27	Carte géographique de la commune de Zitouna et station d'étude au niveau de Mechta Loulidja	42

28	Classification climatique de Koppen-Geiger	44
29	Histogramme présente la température et la précipitation moyenne d'El Tarf	46
30	La moyenne des vitesses des vents moyens horaires	48
31	La station N° 01	49
32	La station N° 02	49
33	La station N° 03	49
34	La station N° 04	50
35	La station N° 05	50
36, 37	La station N° 06	50
38, 39	La station N° 07	51
40, 41	La station N° 08	51
42	La station N° 09	51
43	La station N° 10	52
44	La station N° 11	52
45	La station N° 12	52
46, 47	La station N° 13	53
48	La station N° 14	53
49	La station N° 15	53
50	La station N° 16	54
51, 52	La station N° 17	54
53, 54	La station N° 18	54
55	La station N° 19	55
56	La station N° 20	55
57	technique de sondage aléatoire simple	57
58	Le diamètre des granulats (particule)	61
59	L'échelle internationale de la classification de sol	61
60	Triangle de texture du GEPPA	62
61, 62	Les mailles et le tamis	64
63	Evolution du recouvrement végétal du sol et du ciel	77
64	Variabilité du recouvrement du sol en pierre et en litière	78
65	Evolution de la stratification	82

66	Evolution de la phénologie du Quercus suber	84
67	Effet du diamètre sur la densité des frondaisons du Chêne liège	84
68	Evolution de la hauteur du Chêne liège	85
69	Evolution de la richesse spécifique de chaque station	86
70	Représentes de la fréquence centésimale	87
71	Variabilité de la classe des fréquences d'occurrence pour les espèces étudiées	88
72	Variation de l'abondance spécifique de chaque station	89
73	AFC des stations	91
74	AFC des espèces	92

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
01	Surface forestière dans les pays méditerranéens	03
02	Principales essences des forêts algériennes	05
03	Répartition mondiale de la subéraie	09
04	Les stades de forêt par années	33
05	Données climatique à El Tarf	45
06	Répartition des températures mensuelles maximales, minimales et moyennes (°C) corrigé par rapport à l'altitude moyenne de la forêt Zitouna (98m)	46
07	Les précipitations moyennes mensuelles d'El Kala, corrigées par rapport à l'altitude moyenne de la station du Zitouna (98m)	47
08	Analyse granulométrique du sol	75
09	Analyse physicochimique du sol	76
10	Représente des espèces et leur chiffres du calcules	78

Remerciements

Dédicace

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des figures

Liste des tableaux

Sommaire

Sommaire

Titre	P
INTRODUCTION GÉNÉRALE	
CHAPITRE I: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	01
I. Les forêts méditerranéennes	01
I.1. État des ressources forestières dans la région méditerranéenne.....	01
I.1.1. Les surfaces forestières en Méditerranée.....	02
I.2. État des ressources forestières en Algérie.....	04
I.2.1. Les surfaces forestières en Algérie.....	06
I.3. Formations forestières de la wilaya d'El Tarf.....	08
II. La subéraie	08
II.1. Distribution.....	08
III. Les feux de forêts en Méditerranée	09
III.1. Causes des feux de forêts dans le pourtour de la Méditerranée.....	12
IV. Le feu de forêt en Algérie	13
IV.1. Période coloniale 1876-1962	13
IV.1.1. Les surfaces incendiées	13
IV.1.2. La fréquence des feux	14
IV.2. La période de l'Algérie indépendante 1963-2014	15
IV.2.1. Les surfaces incendiées.....	15
IV.2.2. La fréquence des feux	17

IV.3. Le feu et les facteurs écologiques	18
IV.3.1. Les combustibles	18
IV.3.2. Le carburant CO ₂ de l'air.....	19
IV.4. L'inflammabilité et la combustibilité	20
IV.4.1. Inflammabilité	20
IV.4.2. Combustibilité.....	20
IV.5. Comportement du feu.....	21
IV.5.1. Les types de feux de végétation.....	21
IV.6. Facteurs favorisant les incendies	24
IV.6. 1. Facteurs biotiques	24
IV.6.2. Facteurs abiotiques	25
IV.6.3. Facteurs anthropiques et naturels.....	25
IV.7. Evaluation du risque d'incendie	25
IV.7.1. L'analyse préalable	25
IV.7.1.1. Bassin de risque.....	26
IV.7.2. Détermines l'aléa feux de forêts.....	27
IV.7.2.1. L'aléa.....	27
IV.7.2.2. L'analyse des composantes.....	28
IV.7.2.2.1. La composante végétation.....	28
IV.7.2.2.2. La composante climatique.....	28
IV.7.2.2.3. La composante topographique.....	29
IV.7.2.2.4. La composante liée à l'activité humaine.....	29
IV.8. Les causes de feu de forêt en Algérie.....	30
IV.9. Les forêts ont besoin de feu.....	31
V. Succession écologique.....	32
V.1. Définition de succession écologique.....	32
V.1.1. Succession autogénique	33
V.1.1.1. Succession autogénique primaire.....	34
V.1.1.2. Succession autogénique secondaire.....	34
V.1.1.3. Notion de succession primaire et secondaire.....	35
V.1.2. Succession allogénique.....	35
V.1.2.1. Série régressive.....	35

V.1.2.2. Succession primaire.....	35
V.1.3. Succession cyclique.....	35
V.1.4. Processus complexe.....	37
V.1.5. Processus itératif.....	37
V.1.6. Importance et utilité de la notion de « succession ».....	37
V.2. Succession forestière.....	38
V.3. Notion de perturbation et de résilience des écosystèmes.....	38
V.3. Notion de stratégie adaptative.....	39
CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES.....	40
I. Choix de la zone d'étude.....	40
II. Présentation de la zone d'étude.....	41
II.1. Description de station d'étude.....	41
II.1.1. Géographie.....	41
II.1.2. Toponymie.....	43
III. Synthèse climatique.....	43
III.1. Le climat.....	44
III.2. La température.....	46
III.3. La précipitation.....	47
III.4. Le vent.....	47
III.5. Humidité.....	48
IV. Les stations.....	48
V. Méthode d'échantillonnage.....	55
V.1. Matériels de terrain.....	55
V.2. Echantillonnage aléatoire simple.....	56
V.2.1. Introduction.....	56
V.2.2. Définition.....	56
V.2.3. Les avantages et les inconvénients de l'échantillonnage aléatoire simple.....	57
VI. Méthode d'étude.....	57
VI.1. Méthode phytoécologique.....	57
VI.1.1. Notion de relevé phytoécologique.....	58
VI.1.2. Les facteurs écologiques.....	58
VI.1.3. Facteurs édaphiques.....	59

VI.1.4. Facteurs topographiques.....	59
VI.1.5.Facteurs climatiques.....	60
VII. Méthode d'analyse le prélèvement du sol.....	60
VII.1. La Granulométrie.....	61
VII.1.1.Définitions.....	61
VII.1.2.Classes Granulaires.....	63
VII.1.3.Objectif.....	64
VII.1.4.Principe de l'essai.....	64
VII.1.5.Matériel utilisé	64
VII.1.6.Résultats	64
VII.2. Analyses chimiques.....	65
VII.2.1. Les élément chimique.....	65
VII.2.1.1.Le fer	65
VII.2.1.2.Le CaO (Oxyde de calcium).....	66
VII.2.1.3.Le MgO (Oxyde de magnésium).....	67
VII.2.1.4.L'Al ₂ O ₃	67
VII.2.1.5.Le SiO ₂ (Le dioxyde de silice).....	68
VIII. Etude des données écologique	69
VIII.1.Richesse spécifique(S)	69
VIII.2.Richesse moyenne (s).....	70
VIII.3.Fréquence relative (fi).....	70
VIII.4.Fréquence centésimale (d'occurrence) (F)	70
VIII.5.Abondance des espèces	71
VIII.6.Dominance	71
VIII.7.La diversité.....	72
VIII.7.1.L'indice de diversité.....	72
VIII.7.2.L'équitabilité ou taux d'égalité numérique	73
IX. Méthode d'analyses numériques des données de terrain.....	73
IX.1. Analyse factorielle des correspondances	73
CHAPITRE III : RESULTATS ET INTERPRETATIONS.....	75
I. Etude du sol.....	75
I.1.Analyses granulométrique du sol.....	75
I.1.1.L'interprétation.....	75

I.2.Analyse physicochimique du sol.....	76
I.2.L'interprétation.....	76
II. Analyses des paramètres environnementaux.....	76
II.1.La densité végétale du sol et de ciel.....	76
II.1.1. L'interprétation.....	77
II.1.1.1.Densité végétale sol (DVS).....	77
II.1.1.2.Densité végétale ciel (DVC).....	77
II.2.Le pourcentage de la pierre et la litière.....	77
II.2.1.L'interprétation	78
II.2.1.1.Pierre	78
II.2.1.2.Litière	78
III. Etat de la flore.....	78
III.1. Matrice des espèces.....	78
III.2. Etat de la stratification.....	82
III.2.1.L'interprétation.....	82
III.3.Etat phénologique du Chêne liège.....	83
III.3.1.L'interprétation	85
IV. Analyses numérique des données floristiques	86
IV.1. La richesse spécifique.....	86
IV.1.1. L'interprétation.....	86
IV.2. Variation de la fréquence.....	87
IV.2.1. La fréquence centésimale	87
IV.2.1.1. L'interprétation.....	87
IV.2.2.La fréquence d'occurrence	88
IV.2.2.1. L'interprétation.....	88
IV.3.L'abondance.....	89
IV.3.1. L'interprétation.....	90
IV.4. La dominance	90
IV.5. Evaluation de la diversité (l'indice de Shannon).....	90
IV.6. Emergence de la végétation	91
IV.6.1.Le graphe AFC des stations.....	91
IV.6.2.Le graphe AFC des espèces.....	92
V. LA DISCUSSION.....	93

CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	96
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	97
ANNEXE.....	113

Introduction Générale

Introduction générale

La composition de la végétation et la distribution des espèces varient selon plusieurs échelles spatiales et temporelles. A une échelle géologique, la variation des conditions climatiques et la dérive des continents ont entraîné une multitude de changements dans la composition de la végétation. **(Louis, 1991)**.

La succession végétale qui se mettra en place à la suite d'une perturbation est influencée par l'intensité et la récurrence de cette perturbation sur le territoire et la superficie de forêt qui est touchée **(Oliver, 1981)**. Le temps nécessaire à l'établissement de la succession augmente avec la sévérité de la perturbation. Aussi, une grande distance à la forêt intacte ou épargnée allonge le temps nécessaire pour la colonisation des espèces **(Rydgren et al, 1998)**. La facilité avec laquelle les espèces végétales récupèrent ou colonisent à la suite d'une perturbation dépend grandement de leurs traits fonctionnels **(Rydgren et al, 1998)**.

L'initiation de ce processus de transformation se caractérise, soit par la colonisation d'un nouveau site, ou tout simplement par la recolonisation d'un site suivant une perturbation. Ce phénomène de succession se définit comme un changement directionnel dans le temps, de la composition en espèces et de la physiologie végétale d'un site particulier, où le climat demeure constant **(Finegan, 1984)**.

Selon **Clements (1916)**, suite à une perturbation, il y a invasion par vague d'un groupe d'espèces, qui pendant un certain temps domine l'habitat, tout en le modifiant profondément. Ces changements auto-géniques se font au détriment des espèces dominantes, mais favorisent l'invasion et l'établissement du prochain groupe d'espèces **(Weaver et Clements, 1938; Egler, 1954; Clements, 1963; Noble et Slatyer, 1980)**. Le climax est atteint quand l'occupation et la réaction de une ou des l'espèce(s) dominante(s) prévient l'invasion d'autres espèces. La succession selon **Clements (1916)** est directionnelle et prévisible, dans la mesure où elle converge vers un climax unique et stable **(Whittaker, 1974)**. De plus, le climax communauté climacique est conditions environnementales est permanent, car seule la en équilibre avec les qui règnent **(Noble et Slatyer, 1980)**.

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**).

Actuellement, les incendies de forêts constituent un phénomène affectant une grande partie des forêts à travers le monde, mettant ainsi en danger des espèces rares et détruisant des milliers d'hectares d'arbres, d'arbustes et d'herbacées (**Buxton et al. 2011**). Ils présentent une perturbation majeure des écosystèmes méditerranéens à travers le monde (**Gonçalves et Sousa 2017**) et, en particulier, dans le bassin méditerranéen où de grandes surfaces ont brûlé au cours des dernières décennies (**Oliveira et al. 2012**).

Dimitrakopoulos et Mitsopoulos (2006) estiment que plus de 55 000 incendies parcourent en moyenne, chaque année, de 500 000 à 700 000 ha de forêts méditerranéennes, causant des dommages écologiques et économiques énormes, ainsi que des pertes de vies humaines.

Les paysages de la région méditerranéenne sont façonnés par l'action de feux récurrents (**Naveh, 1975; Trabaud et Lepart, 1980; Arianoutsou, 1998; Pausas et al, 2008**). Cette perturbation est considérée comme une force écologique naturelle contre laquelle les végétaux ont acquis des mécanismes d'adaptation pour survivre et se régénérer (**Pausas et al, 2004; Pausas et Verdu, 2005**). Néanmoins, certains travaux considèrent le feu récurrent comme un désastre qui aboutit à une régression des communautés (**Kazanis et Arianoutsou, 2004; Rodrigo et al, 2004; De Luis et al, 2006**) ou à une forte érosion des sols (**De Luis et al, 2005**).

La conséquence des perturbations causées par le feu dépend d'un large éventail de facteurs tels que le climat, le type de sol, la couverture végétale et sa structure, la teneur en humidité, la pente, l'exposition, la superficie de la zone brûlée, le temps écoulé depuis le dernier incendie, les conditions météorologiques post-incendie et la gestion forestière (**Certini 2005 ; Bodí & al. 2012 ; Pereira et al. 2016 ; Francos et al. 2018**). En tant que perturbations récurrentes, les incendies de forêts ont des conséquences biophysiques et écologiques importantes à plusieurs échelles (**Veraverbeke et al. 2012**). Ils agissent comme une pression évolutive qui façonne les traits de la végétation des écosystèmes méditerranéens déterminant ainsi sa distribution, sa composition et sa structure (**Keeley et al. 2012**) et affectent la plupart des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol (**Certini, 2005 ; Mataix-Solera et al. 2011 ; Christopoulou et al. 2019**).

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 (Monnier, 1968; Trabaud, 1970, 1980; Trabaud et Lepart, 1980 ; Clement et Touffet, 1982; Metailie, 1978, 1984 ; Forgeard, 1985, 1987; Moravec, 1990 ; Calvo et al., 1992; Madoui et al., 2006, Bekdouche et al., 2008 etc.). L'idée de situer les forêts naturelles brûlées dans des stades régressives (Braun-Blanquet, 1936 et Barry, 1960) a été remise en cause par les travaux de Trabaud (1970-1980). Cependant, avec l'augmentation de sa fréquence au niveau national (Madoui, 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. L'Algérie possède une flore extrêmement riche et variée représentée par des plantes aromatiques et médicinales dont la plupart existe à l'état spontané. La valorisation de ces plantes demeure un domaine de grande importance pour le pays. (Amroune 2018).

L'Algérie est l'un des pays du bassin méditerranéen où le problème des feux de forêts se pose avec acuité par son impact dévastateur. Les superficies affectées, sur la période 1963-2012, ont été estimées à une moyenne de 35 315 ha/an (Haou. 1999 ; Meddour. et Bouisset 2013). À l'échelle nationale, très rares sont les études relatives à l'effet du feu sur la végétation. Les plus importantes sont celles Haou. 1999 ; Ouelmouhoub Benhouhou (2007) et de Bekhdouche (2010), ayant abordé la dynamique de la végétation d'une subéraie après le passage de l'incendie, et de Madoui et al. (2006), de Madoui (2013) et de Madoui et al. (2016) qui ont traité de la composition de la végétation après feu de pinèdes.

En Algérie, la pinède à *Pinus halepensis* est la communauté végétale la plus touchée par l'incendie avec 48,36 % de la superficie forestière brûlée entre 1985 et 2010 et un maximum de 9 104 ha en 1994 (Meddour et Derridj, 2010).

En Algérie les rares travaux menés sur le sujet l'ont été par l'approche exclusivement comparative et les auteurs se sont contentés de décrire des stades de la végétation considérés comme appartenir à des séries régressives (Quezel, 1956; Debazac, 1959; Le Houerou, 1980). Plus récemment, quelques travaux relatifs surtout à la floristique ont vu le jour sur la subéraie (Wojterski, 1990; Haou. 1999 ; Ouelmouhoub et Benhouhou, 2007; Bekdouche et al, 2008) et sur la pinède (Moravec, 1990; Madoui et al, 2006).

Il est intéressant d'étudier quels sont les végétaux qui se réinstallent après le feu et quelles communautés ils vont constituer. L'évolution pourrait avoir lieu selon quatre directions :

- 1) une ouverture plus importante de ce qu'était le couvert végétal avant le feu, associée à une diminution de la proportion des végétaux ligneux ;
- 2) un retour à la végétation antérieure, après un laps de temps plus ou moins long et des stades intermédiaires ;
- 3) un retour immédiat à la végétation antérieure, sans stade de transition ;
- 4) une évolution progressive vers des communautés différentes de celle qui a brûlé mais plus proches de celles en équilibre avec les conditions du climat.

Au fur et à mesure que les plantes vont occuper le territoire brûlé, un agencement plus complexe de l'architecture des communautés va se produire entraînant des changements : les végétaux vont occuper l'espace à la fois horizontalement et verticalement. Comment évoluera ce développement ? Les changements seront-ils comparables entre les différentes communautés ? Autrement dit, le blocage de l'évolution floristique provoquera-t-il un blocage de l'évolution des phytocénoses, ou vice versa ? Y a-t-il un retour vers une structure comparable à celle qui existait avant le feu ? (**Trabaud. 1983 ; Haou. 1999**) :

Le but de ce travail est d'établir une première approche d'évaluation de l'émergence de la flore végétale post incendie dans la région de Zitouna, incendiée en 2021 selon le service de Forêt de la région de Bouhadjar. Le travail entrepris sur terrain consiste à établir une évaluation floristique (abondance, diversité et degré de stratification) pour un seul site (une année et demi après le passage d'un feu) selon une méthode d'étude synchronique matérialisée par une série de relevés phytocécologiques selon un mode d'échantillonnage systématique et aléatoire pour le choix du premier relevé.

Notre mémoire comporte 4 chapitres:

CH I- Synthèse bibliographique générale sur la problématique.

CH II- Caractérisation et explication des matériels et des méthodes d'étude sur terrain et au laboratoire. CH III- dans ce chapitre nous exposons les résultats et leurs interprétations.

Nous finalisons ce travail avec une discussion et une conclusion incluant certaines perspectives.

CHAPITRE I : Synthèse bibliographique

CHAPITRE I: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Les forêts méditerranéennes

I.1. État des ressources forestières dans la région méditerranéenne

Les forêts ont toujours jouées un rôle important dans le développement des populations méditerranéennes. Depuis toujours les forêts méditerranéennes ont été exploitées pour leurs différents usages et appréciées pour les multiples biens et services qu'elles procurent à ces populations. Cependant, la surexploitation se traduit par des impacts négatifs sur l'environnement et est responsable aujourd'hui de la dégradation des forêts dans de nombreux espaces méditerranéens. (Arfa, 2019)

Des situations différentes caractérisent la région méditerranéenne : au Nord, les écosystèmes forestiers sont souvent inexploités, alors qu'au Sud et à l'Est, les pressions anthropiques contribuent à la dégradation des espaces boisés. Ces situations contrastées accroissent les menaces sur les bénéfices que les forêts procurent aux populations et elles requièrent de nouvelles stratégies pour gérer durablement ces écosystèmes fragiles. (Arfa, 2019)

Les forêts méditerranéennes et autres espaces boisés (macchia, maquis ou dehesas) sont des écosystèmes communs à basse altitude dans les étages bioclimatiques thermo-méditerranéen et méso-méditerranéen. Aux plus hautes altitudes, des types de forêts complètement différents colonisent les étages supra-méditerranéen, montagnard-méditerranéen et oroméditerranéen (Quézel, 1985). En fait, lorsque l'altitude augmente, les forêts sont constituées non seulement d'espèces endémiques méditerranéennes mais également d'espèces originaires d'autres régions du continent européen (*Fagus sylvatica* et *Castanea sativa* avec e.g. *Pinus nigra*, *Pinus leucodermis*, *Pinus sylvestris*, *Abies alba* et *Cedrus sp.*) (Scarascia-Mugnozza et al, 2000).

Les forêts méditerranéennes typiques sont formées par des espèces feuillues (principalement chênes), aussi bien à feuilles persistantes qu'à feuilles caduques, *Quercus ilex*, *Quercus suber*, *Quercus coccifera*, *Quercus pubescens*, *Quercus cerris*, *Quercus pyrenaica*, *Quercus toza*, *Quercus calliprinos*, *Quercus ithaburensis*, et conifères comme *Pinus halepensis*, *Pinus brutia*, *Pinus pinea*, *Pinus pinaster* et *Juniperus*. La dégradation de ces forêts a produit une végétation à faible densité : le maquis et la garrigue. Là où il n'y a pas

de stress hydrique, les forêts de *Quercus robur*, *Quercus petraea*, *Fraxinus sp*, *Populus alba* et *Pinus nigra* peuvent prospérer. (Arfa, 2019)

I.1.1. Les surfaces forestières en Méditerranée

En 2010, la surface forestière des pays méditerranéens s'élevait à 85 millions d'hectares, représentant environ deux pour cent de la surface forestière mondiale (4033 millions d'hectares, F.A.O., 2010). Les surfaces forestières sont inégalement distribuées autour du bassin méditerranéen avec des différences significatives entre les pays (Figure 1).

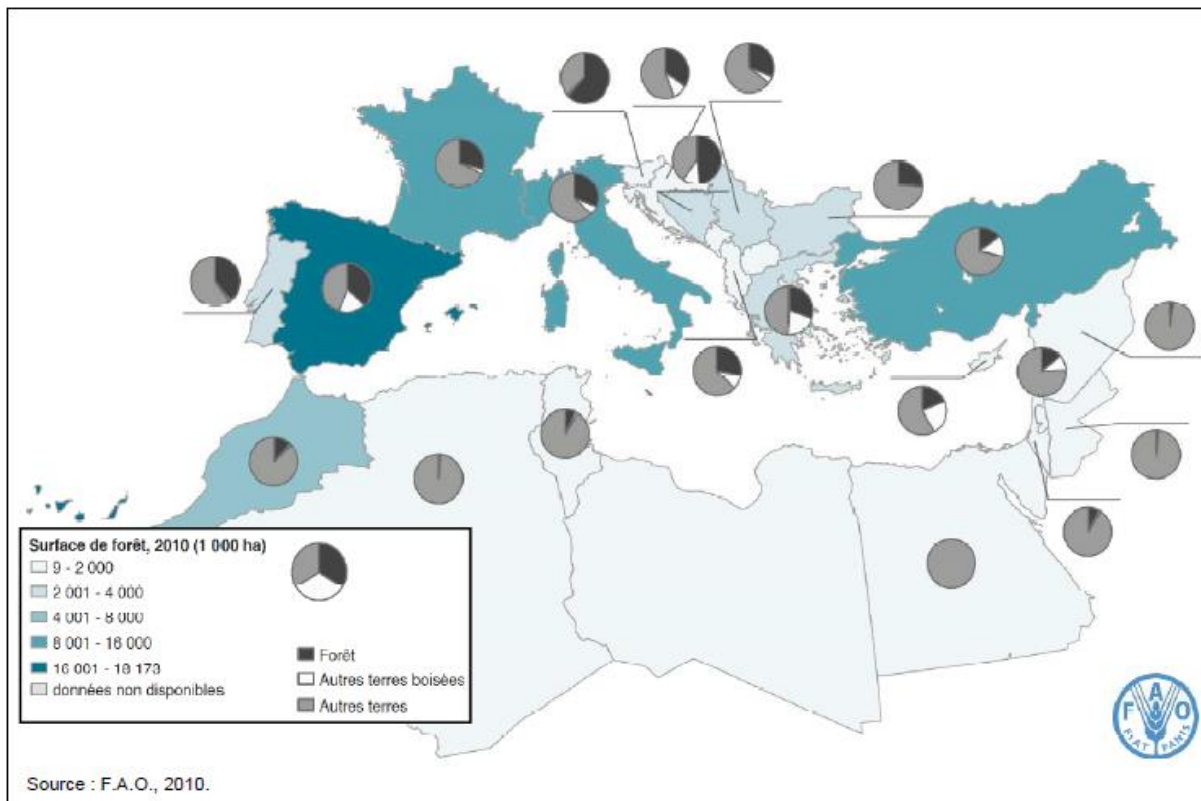


Figure N°01 : Surface des forêts dans les pays du pourtour de la Méditerranée en 2010. (F.A.O., 2010)

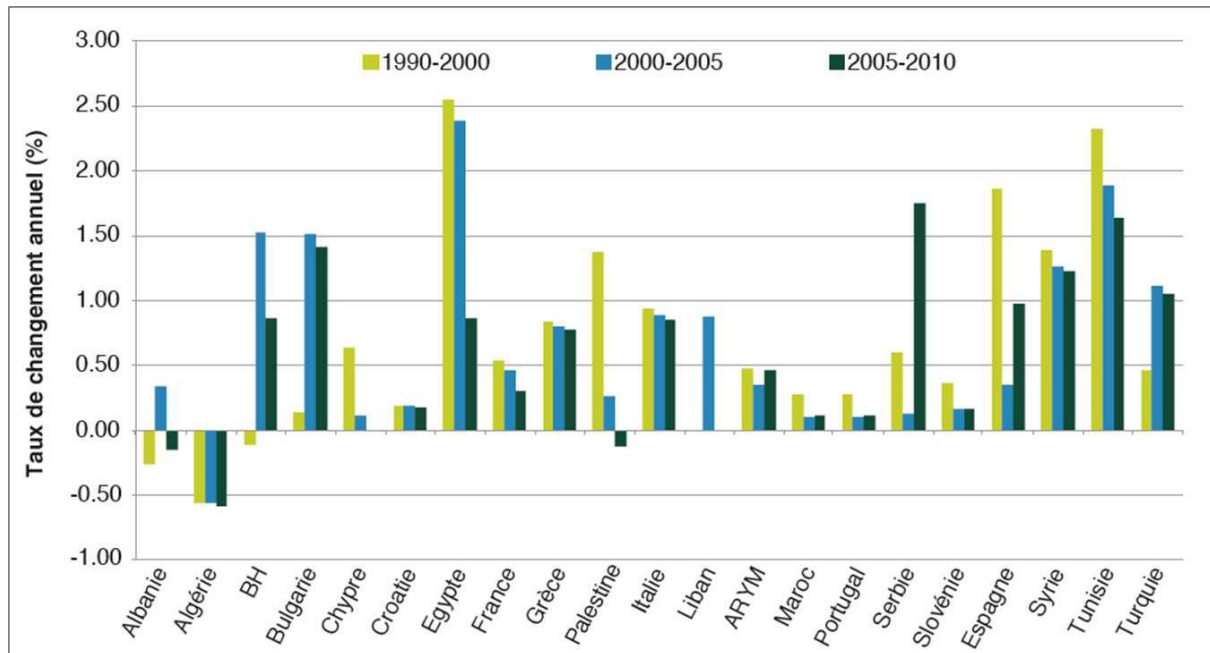
Plus de 50 pour cent des surfaces forestières, sont concentrées en Espagne, en France et en Turquie. Les autres terres boisées représentent seulement 3,73 pour cent de la surface totale des terres dans les pays du pourtour de la Méditerranée. Comme les conditions climatiques et édaphiques du Sud de la Méditerranée favorisent la végétation buissonnante, les autres terres boisées représentent respectivement 20 pour cent, 19 pour cent et 13 pour cent de la surface totale en Grèce, en Espagne et en Turquie (Tableau 1). (Arfa, 2019)

Tableau N°01 : Surface forestière dans les pays méditerranéens (F.A.O, 2010)

Pays	Surface totale (1000 ha)	Forêts		Autres terres boisées		Autres terres		% de la surface totale de forêts dans les pays méditerranéens
		1000 ha	% de la surface totale	1000 ha	% de la surface totale	1000 ha	% de la surface totale	
Espagne	49919	18173	36	9574	19	22171	44	21
France	55010	15954	29	1618	3	37438	68	19
Turquie	76963	11334	15	10368	13	55261	72	13
Italie	29411	9149	31	1767	6	18495	63	11
Maroc	44630	5131	11	631	1	38868	87	6
Bulgarie	10864	3927	36	0	0	6937	64	4.6
Grèce	12890	3903	30	2636	20	6351	49	4.6
Portugal	9068	3456	38	155	2	5457	60	4.1
Serbie	8746	2713	31	410	5	5623	64	3.2
Bosnie-Herzégovine	5120	2185	43	549	11	2368	46	2.6
Croatie	5592	1920	34	554	10	3118	56	2.3
Algérie	238174	1492	1	2685	1	233997	98	1.8
Slovénie	2014	1253	62	21	1	740	37	1.5
Tunisie	15536	1006	6	300	2	14230	92	1.2
ARYM	2543	998	39	143	6	1402	55	1.2
Albanie	2740	776	28	255	9	1709	62	0.9
Syrie	18378	491	3	35	0.002	17852	97	0.6
Monténégro	1382	467	34	277	20	627	45	0.5
Libye	175954	217	0.001	330	0.002	175407	100	0.3
Chypre	924	173	19	214	23	537	58	0.2
Palestine	2164	154	7	33	2	1977	91	0.2
Liban	1023	137	13	106	10	780	76	0.2
Jordanie	8824	98	1	51	1	8676	98	0.1
Egypte	99545	70	0.0007	20	0.0002	99455	100	0.1
Autres	686	25	4	0	0	661	96	0.1
Total	878100	85202	9.70	32732	3.73	760137	86.57	100

Note : ARYM = Ancienne République Yougoslave de Macédoine; Syrie = République arabe syrienne. Autres pays = Andorre, Gibraltar, Le Vatican, Malte, Monaco et Saint- Marin. Source : F.A.O., 2010.

Au cours des vingt dernières années, les surfaces forestières dans les pays du pourtour de la Méditerranée ont augmenté de près de 12 millions d'hectares. En moyenne elles se sont accrues de 0,68 pour cent par an. A l'exception de l'Albanie, de l'Algérie, de la Palestine et de la Bosnie-Herzégovine qui présentent des épisodes de diminutions du couvert forestier (F.A.O, 2010) les pays du pourtour de la Méditerranée ont continuellement accru leurs surfaces forestières (Figure 2). Ces changements sont principalement liés à l'accroissement naturel des forêts, aux boisements et aux reboisements.



Note : ARYM = Ancienne République Yougoslave de Macédoine; BH = Bosnie-Herzégovine; Syrie = République arabe syrienne. Source : F.A.O., 2010.

Figure N°02 : Tendances de l'évolution des surfaces forestières dans les pays Méditerranéens entre 1990 et 2010. (F.A.O, 2010)

I.2. État des ressources forestières en Algérie

La forêt algérienne apparaît comme une formation végétale dont les arbres sont en état de lutte continuelle contre la sécheresse (plusieurs mois secs consécutifs l'été). Compte tenu de tous les éléments historiques qui la marquèrent et des pressions qu'exercent sans cesse sur elle l'homme et son bétail, la forêt semble glisser rapidement sur la voie d'une dégradation progressive des essences principales et de son remplacement par les maquis et les broussailles, dont le rôle reste néanmoins extrêmement important pour le contrôle et la fixation des sols en terrain à forte pente. Les forêts algériennes sont caractérisées par leur hétérogénéité (biogéographique, historique, climatique, géomorphologique et physiologique), leur instabilité (érosion, fragilité des sols, violence des orages) et leur vulnérabilité (liée à la diversité géomorphologique).

L'état des forêts est très variable mais, de manière générale, les espèces nobles régressent par rapport aux espèces rustiques. Les grands traits caractérisant la forêt algérienne peuvent se résumer comme suit :

- une forêt essentiellement de lumière, irrégulière, avec des peuplements feuillus ou résineux le plus souvent ouverts, formés d'arbres de toutes tailles et de tout âge en mélange parfois désordonné ;

- présence d'un épais sous-bois composé d'un grand nombre d'espèces secondaires limitant la visibilité et l'accessibilité et favorisant la propagation des feux ;
- faiblesse du rendement moyen en volume ligneux ;
- existence d'un surpâturage important (surtout dans les subéraies) et empiétement sur les surfaces forestières par les populations riveraines.

La forêt algérienne couvre environ 4 millions d'ha soit, moins de 2% de la superficie du pays. La vraie forêt ne représente cependant que 1,4 millions d'ha, le reste étant constitué de maquis (Tableau 2). La production de bois reste modeste (2,37 millions de m³ en 1993). Le déficit forestier représente aujourd'hui environ 3,8 millions d'ha. Il faut pratiquement doubler la superficie forestière pour atteindre le niveau d'équilibre biologique requis (20 à 25%).

Or, l'effort national destiné à étendre la couverture forestière n'arrive même pas à compenser les pertes dues aux feux, au surpâturage, et à l'exploitation anarchique de la forêt.

Tableau N°02 : Principales essences des forêts algériennes (2007). (D.G.F)

Essences	Superficie	Taux %
Pin d'Alep	881 000	21,5%
Chêne liège	230 000	5,6%
Chêne vert	108 000	2,6%
Chêne zéen et Chêne Afares	48 000	1,2%
Eucalyptus	43 000	1%
Pin maritime	31 000	0,8%
Cèdre de l'Atlas	16 000	0,4%
Autres (Thuya +Genévrier + Frêne)	124 000	3%
Reboisement et protection	717 000	17,5%
Maquis et broussailles + vides	1 902 000	46,4%
Total	4 100 00	100%

Source : D.G.F.

La végétation forestière est par conséquent en constante régression. La lutte contre la déforestation liée aux feux répétitifs et d'origine aussi bien accidentelle que volontaire, mérite un effort soutenu d'autant que les métiers qu'ouvre la forêt constituent un réservoir d'emplois, dans un pays qui souffre d'un très fort taux de chômage. Par ailleurs la politique forestière

constitue un instrument primordial pour lutter contre l'érosion des terres particulièrement en pente (D.G.F, 2004).

I.2.1. Les surfaces forestières en Algérie

Sur les 48 wilayas que compte l'Algérie, 40 disposent d'une couverture forestière, les huit wilayas du Sud sont dépourvues de forêts. La wilaya d'El Tarf dispose du taux de couverture forestière le plus élevé (57,51%), alors que pour la wilaya de Naama le taux de couverture n'est que de 0,36% (Figure 3). En ce qui concerne la superficie forestière c'est la wilaya de Batna qui dispose de la plus grande superficie avec 314.565 ha, la plus petite superficie revient à la wilaya d'Alger (5000 ha) (Figure 4). Cette répartition s'explique en grande partie par le climat, en effet les massifs littoraux du nord-est, les plus humides, sont aussi les régions les plus forestières. Les 4,1 millions d'hectares de couverture forestière ne représentent qu'un taux de boisement de 10,89% en ne considérant que le nord du pays, et seulement 1,72% si l'on prend en ligne de compte tout le territoire national. Dans les deux cas, cette couverture forestière est nettement insuffisante en comparaison au taux de 25%, mondialement admis (Arfa *et al*, 2009).

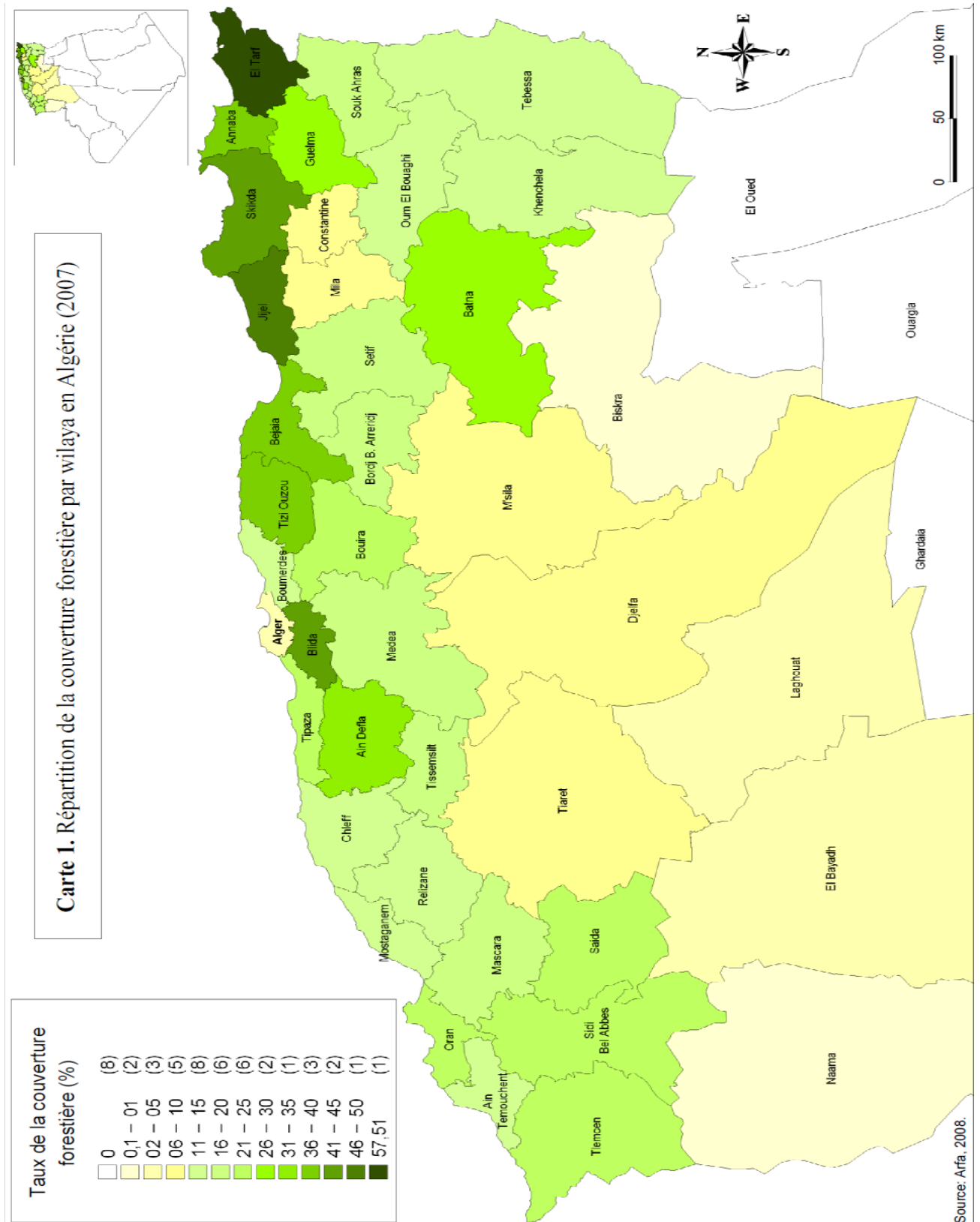


Figure N°03 : Répartition de la couverture forestière par wilaya en Algérie (2007) (Arfa, 2008)

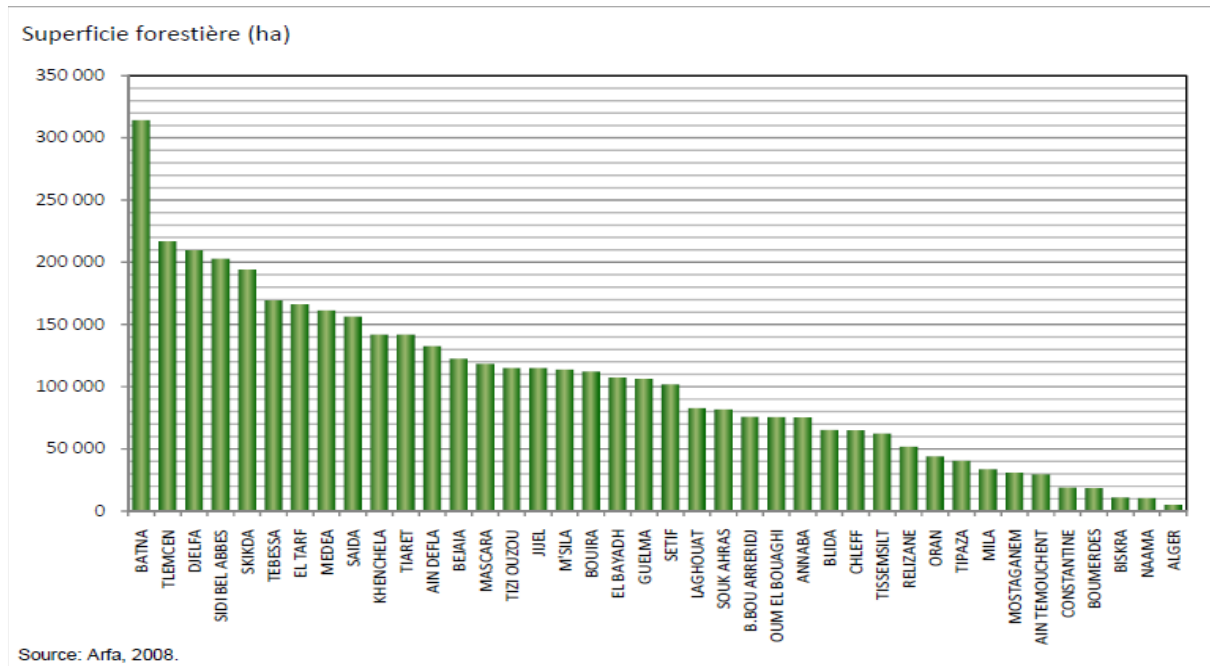


Figure N° 04 : Répartition de la superficie forestière par wilaya en Algérie (2007). (Arfa, 2008)

I.3. Formations forestières de la wilaya d'El Tarf

Dans son cadre biogéographique, la wilaya d'El Tarf appartient au domaine méditerranéen, appelé aussi domaine méditerranéen Nord-Africain et plus particulièrement au secteur numidien (Maire, 1926). Sa vocation est agro-sylvo-pastorale ; mais les types de végétation forestière et la flore y varient beaucoup suivant les conditions climatiques et édaphiques. Les massifs forestiers occupent une superficie de plus de 165.828,31 ha représentant un taux de couverture de 57%.

II. La subéraie

II.1. Distribution

Le chêne-liège est circonscrit à la région de la Méditerranée occidentale (Quézel et Santa, 1962-1963) et déborde au Portugal et au Maroc le long de la façade atlantique, où les influences de la mer et de l'océan permettent de tempérer la grande amplitude des oscillations thermiques et l'aridité de la saison estivale du climat méditerranéen. Cependant, les fortes variations climatiques et anthropiques ont réduit considérablement son aire de répartition. La subéraie mondiale serait d'environ 2.687.000 hectares, répartis exclusivement sur sept pays (Tableau 03).

Tableau N° 03: Répartition mondiale de la subéraie (Silva et Catry, 2006).

PAYS	Superficie (hectares)	%
Portugal	730.000	32.2
Espagne	500.000	22.0
Algérie	410.000	18.1
Maroc	340.000	15.0
France	100.000	4.4
Tunisie	99.000	4.3
Italie	90.000	4.0

Le chêne-liège totalise plus d'un million et demi d'hectares en Europe et près d'un million d'hectares en Afrique du Nord (**Pausas et al, 2009**).

En Algérie, le chêne-liège domine dans la partie humide, de l'Est d'Alger jusqu'à la frontière tunisienne, il s'étend d'une manière assez continue le long de la zone littorale où il offre le maximum de son aire de répartition. Dans la partie Ouest, il reste disséminé et constitue des îlots de moindre importance. L'Algérie offre une superficie appréciable de 410 000 hectares selon les estimations données par **Silva et Catry (2006)**. Les différentes estimations de la superficie de la subéraie algérienne données par **Zeraia (1981)** se situent entre 400 000 et 480 000 hectares. **Khelifi (1987)** pour sa part, note suite aux diverses dégradations, une réduction de cette aire pour se situer autour de 200 000 hectares.

Le chêne liège descend à ses plus basses altitudes dans la région d'El Kala (200m). De Cap Rosa jusqu'au sommet de Djebel Rhorra, il se présente sous forme d'une formation clairsemée où la hauteur des arbres dépasse à peine le maquis, sur des altitudes qui varient entre 200 et 400 m. Par contre depuis le versant Nord de l'Edough jusqu'au sommet du Djebel Rokba, le chêne liège se présente en forme arborescente plus dense ; le chêne liège ne se développe que dans les zones à fortes précipitations ; il est d'autant plus luxuriant que ces précipitations sont importantes, il caractérise l'étage bioclimatique subhumide doux, mais la subéraie typique se trouve dans les sous-étages subhumide moyen et supérieur doux. Il exige une température minimale moyenne comprise entre 4,5 et 7°C, un sol profond, meuble et non calcaire. (**Arfa, 2019**).

III. Les feux de forêts en Méditerranée

Les feux causent d'importantes dégradations dans la région méditerranéenne. Depuis des millénaires les activités humaines dans les territoires méditerranéens ont modifié les dynamiques naturelles des feux et la capacité de la végétation à répondre à cette perturbation (résilience). Les conditions climatiques jouent également un rôle important : l'humidité contenue dans la litière est affectée par une saison chaude et sèche prolongée (de juin à fin octobre) avec des températures moyennes journalières de 30°C, peu de précipitations, et des vents caractérisés par une grande vitesse et un fort pouvoir de dessiccation. Le changement climatique peut se traduire par des événements climatiques extrêmes de grandes amplitudes (sécheresse et vague de chaleur) accentuant les menaces liées aux feux de forêts (F.A.O., 2007).

Dans la région méditerranéenne, des séries de données sur le long terme sont disponibles pour la France, la Grèce, l'Italie, le Portugal et l'Espagne alors que la situation dans les autres pays méditerranéens est souvent analysée séparément à cause de la disparité des données. Le Système Européen d'Information sur les Feux de Forêts (EFFIS), mis en place par le Centre Commun de Recherche et la Direction Générale de l'Environnement de la Commission Européenne pour améliorer la gestion des feux de forêts en Europe, est la principale source de données harmonisées sur les feux de forêts en Europe. Ces bases de données reposent sur des informations envoyées volontairement par les pays membres d'EFFIS. Depuis 2010, EFFIS a aussi intégré les pays du Nord de l'Afrique dans les cartes traitant les zones brûlées et le suivi des risques de feux de forêts. Cette intégration constitue une étape vers une extension d'EFFIS aux pays méditerranéens non Européens dans le cadre de la collaboration entre la Commission Européenne et le Comité de la F.A.O. sur les Questions Forestières Méditerranéennes *Silva Mediterranea*. Du fait de leur récente inclusion dans EFFIS, les données, pour les pays d'Afrique du Nord et du Proche Orient, proviennent essentiellement des représentants nationaux. D'autres données ont été collectées dans les rapports nationaux réalisés par les différents pays pour l'évaluation des ressources forestières mondiales 2010 (F.A.O., 2010) et 2006 (F.A.O., 2006a & b) ainsi que d'autres sources citées dans la Figure 5.

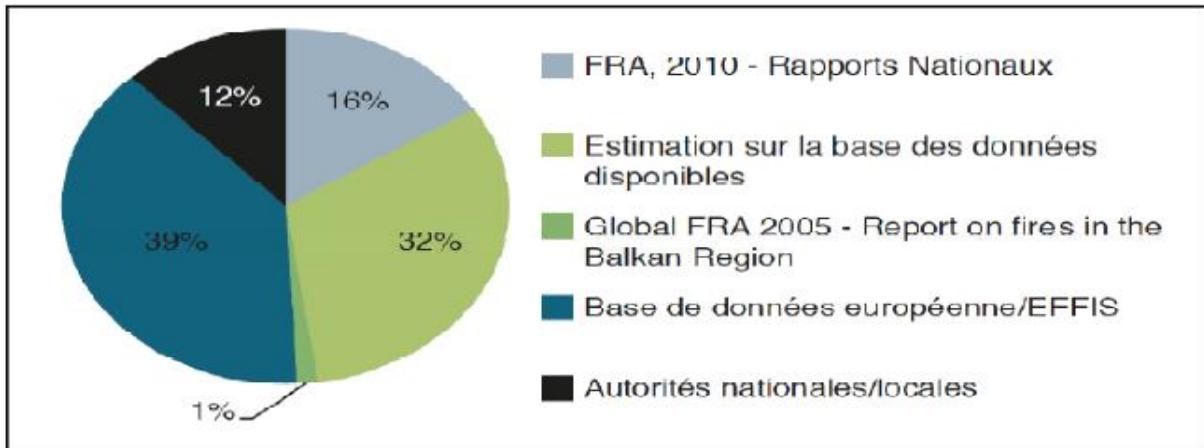


Figure N°05 : Sources des données sur les feux de forêts pour la période 2000–2010. (F.A.O, 2010).

Considérant la longueur des séries homogènes de données disponibles pour certains pays, la période analysée est 2000-2010, avec une attention particulière pour la période 2006- 2010. La Figure 6 montre les données disponibles pour plusieurs variables clés pour la période 2000–2010. Pour analyser la distribution spatiale des feux de forêts dans la région méditerranéenne les pays ont été classés en trois groupes : pays de l’Ouest de la Méditerranée, pays de l’Est de la Méditerranée et pays du Sud de la Méditerranée (Figure 7). Ce choix repose sur une dynamique des feux de forêts et des niveaux de risques qui diffèrent d’une zone à une autre dans l’espace méditerranéen (F.A.O, 2013).

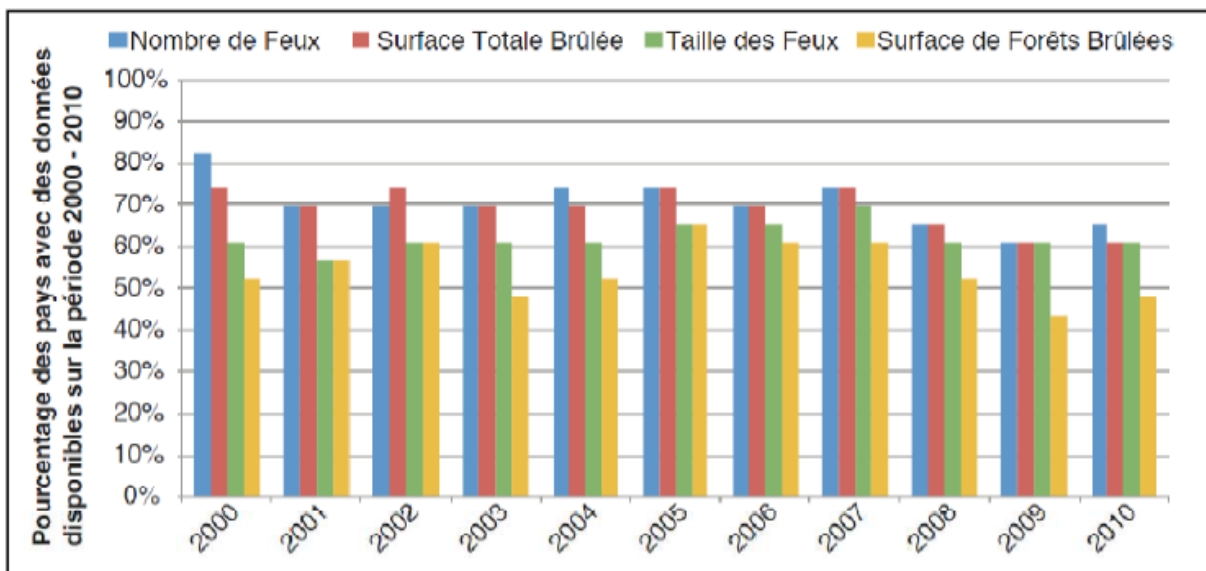


Figure N°06 : Disponibilité des données pour plusieurs variables sur les feux de forêts entre 2000 et 2010. (F.A.O, 2013)

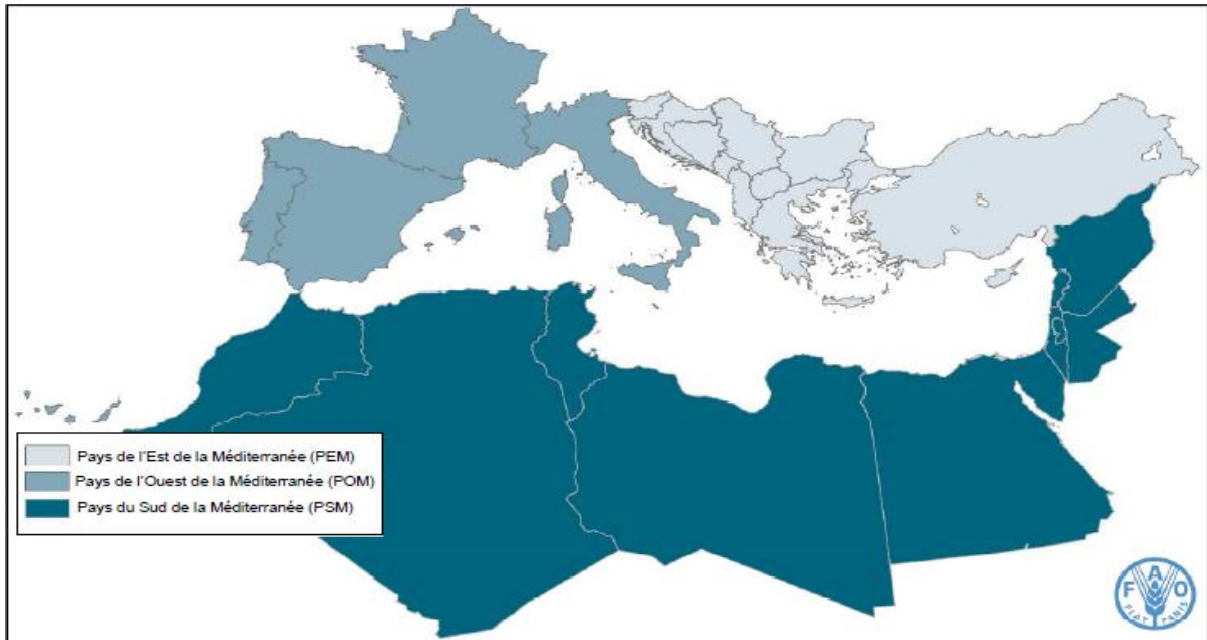


Figure N°07 : Pays dans les différentes zones de la région méditerranéenne (Est, Ouest et Sud). (F.A.O)

III.1.Causes des feux de forêts dans le pourtour de la Méditerranée

Le peu d'information harmonisée disponible sur les causes de feux de forêts montre que la région méditerranéenne est caractérisée par une forte prévalence des feux de forêts d'origine humaine. La Figure 08 présente les causes de feux de forêts dans cinq pays du pourtour de la Méditerranée en 2010. La cause "Inconnue" compte pour 51 pour cent du total (allant de 88 pour cent en Algérie à 48 pour cent au Portugal ou à 12 pour cent en Turquie). Cette situation confirme le besoin déjà mis en évidence par la Commission Européenne (2011) d'améliorer les connaissances et le suivi sur les causes de feux de forêts et de capitaliser sur les méthodes d'investigations après les feux de forêts.

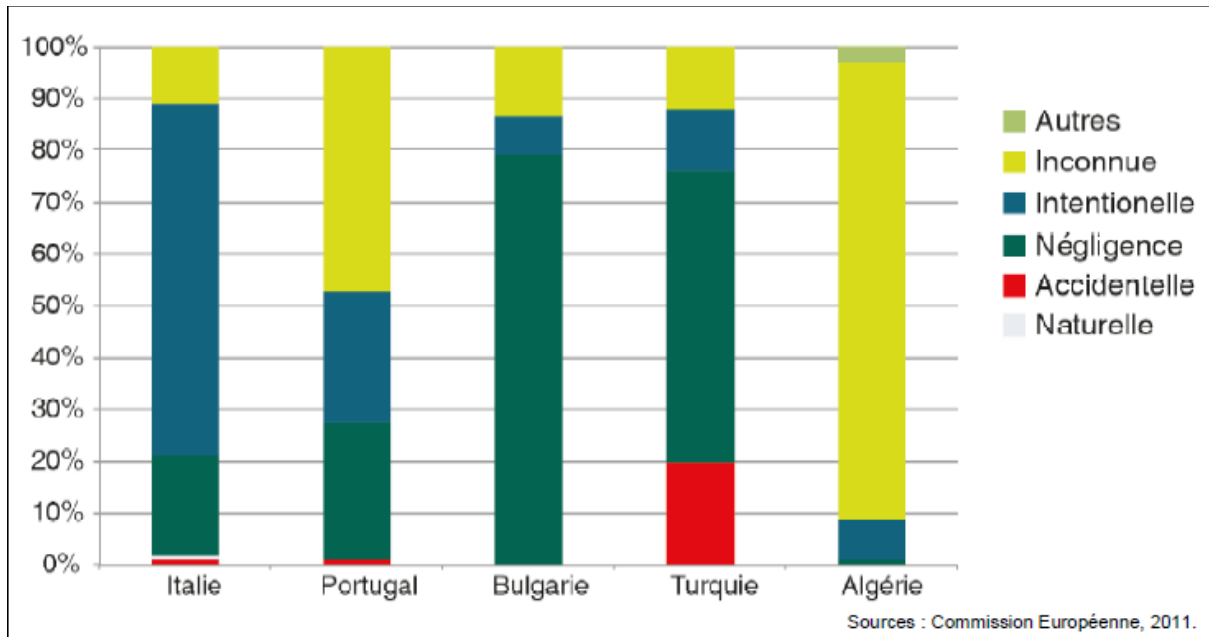


Figure N°08 : Causes des feux de forêts rapportées par cinq pays de la région méditerranéenne en 2010. (Commission Européenne, 2011).

Une nouvelle classification européenne sur les causes des feux de forêts a été adoptée en 2011. La démarche italienne pour les investigations sur les causes des feux de forêts a contribué au développement d'une nouvelle classification européenne élaborée dans le contexte d'un projet européen piloté par le Cemagref (France) et EFFIS. Ce projet visait l'harmonisation des données entre les pays et la meilleure compréhension des principales causes de départs des feux de forêts (F.A.O, 2013).

IV. Le feu de forêt en Algérie

En Algérie, un bilan très lourd a été enregistré. Les feux de forêt ont ravagé plus 89.000 hectares à travers 35 wilayas du pays où un total de 1.186 foyers d'incendie a été enregistré causant la mort d'au moins 90 personnes, parmi lesquels 33 militaires, selon divers bilans des autorités locales et du Ministère de la défense. [1]

IV.1. Période coloniale 1876-1962

IV.1.1. Les surfaces incendiées

Marc (1930), à l'occasion du centenaire de la colonisation, réaffirme qu'en 1830, existait un domaine forestier assez beau, estimé à 5 millions d'hectares. L'exploitation des forêts lors de la conquête coloniale pour la construction des bases, des forteresses et l'approvisionnement des militaires associé à la surexploitation du bois, principalement durant la seconde guerre

mondiale, ont causé la disparition de plus d'un million d'hectares. **Boudy (1955)** estime qu'entre 1863 et 1865, les superficies incendiées sont d'environ 200.000 hectares.

La période coloniale a été fatale, comme on le sait, pour notre patrimoine forestier. En effet, une surface cumulée de 3 506 942 ha a été parcourue par le feu, sur une période de 87 ans (1876-1962), soit une moyenne de 41 258 ha/an. Durant cette époque, le feu a mis en péril notre patrimoine forestier, en certaines circonstances malheureusement trop répétées ; les dégâts qu'il a causés ont pris la proportion de véritables désastres. Les incendies catastrophiques, de plus de 100 000 ha/an (voire de 150 000 à 200 000 ha), marquent des années tristement célèbres dans les statistiques algériennes sur ce sujet (Figure 09). Ces grands incendies dramatiques ont coïncidé en général avec des époques troubles (insurrections, période de guerre). Plus particulièrement, durant la guerre de libération (1954-1961), 645 414 ha de forêt ont été la proie des flammes, suite à la politique de la terre brûlée. Durant les «années de braises » de 1956 à 1958, 435 646 ha au total ont été ravagés par le feu, avec un maximum absolu de 204 220 ha en 1956. Au cours de cette période, de nombreux massifs forestiers ont été brûlés à plusieurs reprises (Ouarsenis, Djurdjura, etc.) et 220 000 ha de forêts ont été calcinés au napalm rien qu'aux Aurès (**Sari, 1976**). Cependant, **Grim (1989)** estime qu'il reste à prouver que les surfaces incendiées relevées durant cette période correspondent bien à la réalité.

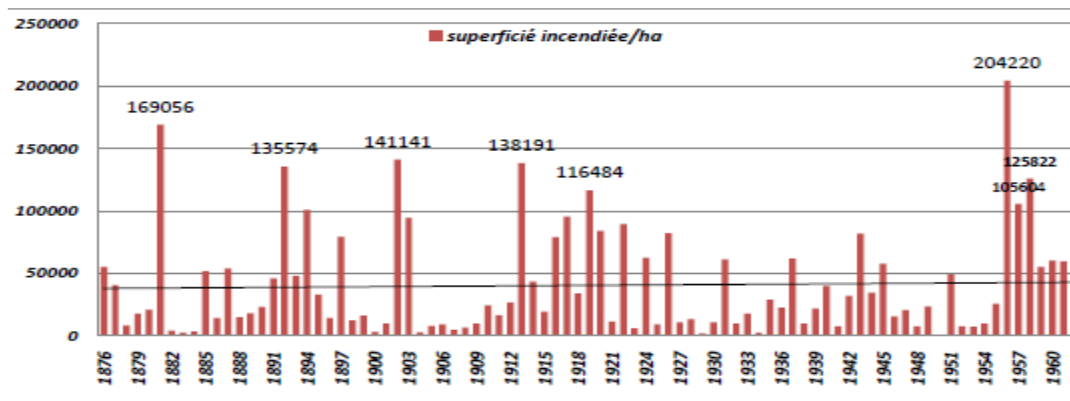


Figure N° 09: Evolution annuelle des superficies parcourues par le feu en Algérie (1876- 1962).
(Aiteche.T. 2015)

IV.1.2. La fréquence des feux

Pour l'époque coloniale, les données sur le nombre d'incendies sont disponibles pour la période 1876-1915, c'est à dire sur 40 ans (Figure 10), où on a enregistré un total de 11 135 feux, soit une moyenne de 278 feux/an. Une dizaine d'années dépasse cette moyenne

annuelle, comme par exemple lors des années successives 1885 à 1889, 1891 à 1893. Mais, les fréquences annuelles des feux les plus élevées se sont présentées plus tard à 8 reprises, particulièrement en 1902 (475 feux), 1903 (388 feux), 1910 (482 feux) et en 1913, avec une valeur record de 696 feux. De façon évidente, on observe une augmentation notable de la fréquence annuelle des feux lors de cette période (comme le montre la courbe de tendance sur la Figure 10). (Aiteche, 2015)

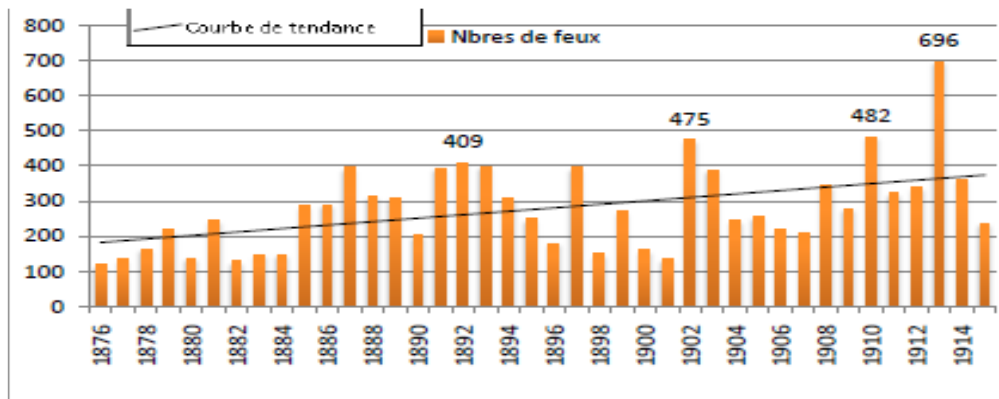


Figure N° 10: Evolution annuelle des nombres d’incendies en Algérie (période 1876-1915). (Aiteche.T.2015)

IV.2. La période de l’Algérie indépendante 1963-2014

IV.2.1. Les surfaces incendiées

La dégradation de la forêt algérienne et la réduction des surfaces boisées ont persisté jusqu’à nos jours sous l’effet de l’action humaine. En effet, la superficie totale du domaine forestier algérien actuel est inférieure à 2 500 000 ha dont 1,8 millions d’hectares fortement dégradés. Cependant, grâce aux opérations de reboisements pratiqués après l’indépendance, les formations forestières couvrent actuellement 4,1 millions d’hectares (FOSA, 2000).

Après l’indépendance, la forêt algérienne n’a pas été épargnée par les incendies de forêt. En effet, la superficie forestière totale incendiée durant la période 1963-2014 (52 ans) est évaluée à 1 797 491 ha, le feu a donc détruit en moyenne 34 567 ha/an. Cependant, la superficie brûlée fluctue d’une année à une autre. Après l’indépendance, la forêt algérienne a donc connu une relative accalmie, puisque les superficies brûlées ont diminué par rapport à la période coloniale, où la moyenne annuelle était, rappelons-le, de 41 258 ha (soit 16 % de moins). Toutefois, on reste certainement loin des incendies catastrophiques de 100 000 à 150 000 ha de la période coloniale. Cependant, l’Algérie a vécu deux années catastrophiques, pour

ne pas dire infernales. Celles-ci marqueront à jamais l’histoire des incendies de forêts dans notre pays, en l’occurrence 1983 et 1994, avec respectivement 221 367 ha et 271 598 ha, deux records absolus dépassant largement celui de 1956 (204 220 ha). Ces deux années, à elles seules, totalisent 492 965 ha, soit un taux de 27,43 % sur le total de la chronologie actuelle (52 ans). (Aiteche. 2015)

De telles surfaces brûlées « exceptionnelles » peuvent être dues, du moins en grande partie, à des conditions climatiques très favorables au déclenchement et à la propagation du feu (sécheresse persistante depuis plusieurs années consécutives, épisodes venteux, canicules). En effet, selon **Kacha (1990)**, l’Algérie a connu 6 années de sécheresse durant la décennie 80, où le déficit hydrique a atteint un niveau critique évalué à moins 25 % du volume annuel en moyenne. Pour sa part, **Ait Mouhoub (1998)** note également que la sécheresse était bien marquée en Algérie dans les années 1980, où le déficit pluviométrique variait selon les régions (Centre, Est et Ouest) entre 15 et 26 %.

Quant à l’année critique 1994, la xéricité (C’est à dire l’ensemble des paramètres qui déterminent un milieu caractérisé par une aridité persistante et une végétation adaptée à la sécheresse) climatique peut expliquer naturellement les incendies catastrophiques qui ont marqué notre pays et d’autres régions méditerranéennes, comme par exemple l’Espagne (**Velez, 1995**). Pour **Ramade (1997)**, les désordres politiques, comme en Algérie, sont « depuis 1992 à l’origine de plusieurs incendies ayant ravagé de vastes forêts, en particulier en Kabylie ».

Meddour et al. (2013) ont analysés le bilan des incendies des forêts en Algérie durant la période s’étalant de 1980 jusqu’au 2012. Ces auteurs ont conclu que la lourdeur du bilan témoigne d’une incapacité à agir sur les causes de départs de feux.

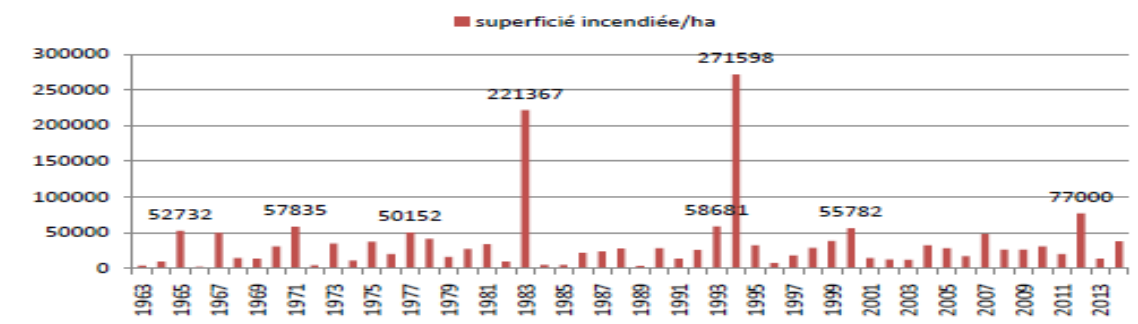


Figure N°11: Evolution annuelle des superficies parcourues par le feu (1963-2014)
(Aiteche. 2015)

IV.2.2. La fréquence des feux

Pour la période de l'Algérie indépendante, les données sur la fréquence des incendies sont disponibles depuis 1979, soit une durée de 36 ans (Figure 12), où on a enregistré un cumul de 61 498 feux, soit une moyenne de 1708 feux/an. Ce qui représente, par rapport à la période coloniale (1876-1915), un nombre annuel de feux 6.14 fois plus élevé. De plus, 17 années surpassent très largement cette moyenne annuelle, comme lors des années successives 1992, 1993 où la fréquence a atteint des sommets vertigineux dépassant les 2 000 feux/an, plus spécialement en 1994 avec un record de 2 392 feux. Des fréquences annuelles des feux très élevées se sont encore présentées plus tard et pendant les années allant de 1997 à 2000 et de 2004 à 2009 (avec de 1400 à plus de 2 000 incendies/an). Des fréquences annuelles encore plus dramatiques ont été notées pour la période allant de 2010 à 2014 (plus de 2 500 à 5 000 incendies/an). La tendance générale pour cette période est sans équivoque : une hausse exponentielle de la fréquence annuelle des feux (comme l'illustre bien la courbe de tendance sur la Figure 12). Ce résultat est le fait d'un grand nombre de petits feux consommant une superficie très faible. (Aiteche. 2015)

Autrement comment expliquer une baisse des surfaces incendiées par rapport à la période coloniale et une augmentation substantielle de la fréquence des feux. Cette situation pourrait s'expliquer par la réduction du couvert forestier et probablement par l'efficacité des interventions des services de lutte contre les incendies. (Aiteche. 2015)

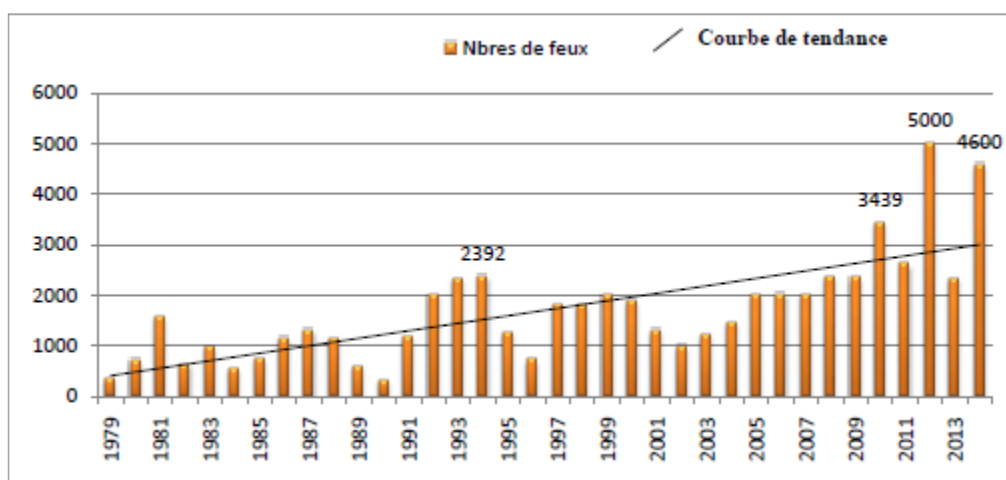


Figure N° 12: Evolution annuelle des nombres d'incendies en Algérie (1979-2014).
(Aiteche. 2015)

IV.3. Le feu et les facteurs écologiques

IV.3.1. Les combustibles : toute substance susceptible de brûler, c'est-à-dire pouvant être partiellement ou totalement détruite par le feu, est considérée comme combustible. Les solides et les liquides ne brûlent pas en tant que tels. Ce sont les gaz et les vapeurs qu'ils émettent qui brûlent.

Herbacées : se dit d'une plante non ligneuse (dont la tige n'a pas la consistance du bois), le terme de plantes herbacées désignant pour sa part des plantes non ligneuses dont la partie aérienne meurt après la fructification.

Ligneux : une plante ligneuse est une plante qui fabrique en grande quantité des lignines, macromolécules organiques donnant à la plante sa solidité, et dont le bois est le principal matériau de structure : en effet, les lignines sont avec la cellulose les constituants essentiels du bois (aussi appelé xylème secondaire)

Structure de la végétation : Elle se caractérise par sa hauteur, sa densité et son épaisseur par des mesures quantitatives:

- des hauteurs du couvert et des différentes strates,

- des biomasses volumiques, la densité des plants. Sa caractérisation qualitative s'appuie sur la description : de la physionomie dominante (faciès), des étages de la végétation, de l'imbrication des différents types de végétaux (herbacées, subligneux, ligneux), de l'architecture des végétaux, du relief du couvert, de la formation végétale. La structure de la végétation est définie comme la répartition et l'agencement des plantes les unes par rapport aux autres constituant une formation végétale (**Guinochet, 1973**). Elle permet d'une part, d'avoir une image réelle ou la représentation de l'ensemble de la végétation et d'autre part, de déterminer l'organisation spatiale des espèces.

La structure de la végétation peut être caractérisée selon deux manières :

➤ **Structure horizontale**

La structure horizontale exprime l'agencement et la répartition des individus suivant le plan horizontal ; cette répartition se traduit par la densité des espèces dans le site d'étude, et par extension, la valeur de la surface terrière et du biovolume des individus présents. La méthode utilisée consiste à recenser les différents individus des espèces et de mesurer la hauteur maximale, la hauteur du fût, le diamètre à hauteur de poitrine (dhp).

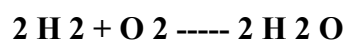
➤ **Structure verticale**

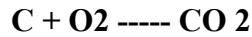
Les strates se définissent comme étant le niveau de concentration maximale de la masse foliaire (**Gounot, 1969**). L'étude de la structure verticale est effectuée suivant la méthode de **Gautier (1994)**. Elle permet de connaître les différentes strates et de déterminer le degré de dégradation de la formation végétale à partir de la continuité de la voûte forestière. Cette méthode est basée sur l'établissement d'un diagramme de recouvrement qui correspond au mode de stratification des espèces dans la formation végétale.

Biovolume : Le biovolume qualifie le volume apparent, au-dessus du sol, d'un organisme ou d'un groupement végétal, une sorte de volume biologique.

IV.3.2. Le carburant CO₂ de l'air :

La combustion est actuellement définie comme une réaction exothermique d'oxydoréduction. « Oxydoréduction » car elle comporte un oxydant (le dioxygène) qui va capter les électrons d'un réducteur (combustible), et « exothermique » (qui dégage de la chaleur) car les réactifs passent à un niveau beaucoup plus stable d'un point de vue thermochimique. La lumière émise par la flamme est d'ailleurs le témoin des très hautes températures provenant des réactions de combustion. La combustion se compose donc d'une multitude de réactions chimiques où des molécules complexes sont décomposées en molécules plus petites et plus stables via un réarrangement des liaisons entre les atomes. Si elle est idéale est dite complète. Le processus de la combustion du bois est une série complexe de réactions chimiques se terminant par l'oxydation du carbone et de l'hydrogène contenu dans les composantes du bois avec dissipation d'énergie sous forme de chaleur. Une combustion complète produit de la vapeur d'eau et du gaz carbonique dans les gaz d'échappement et des résidus d'environ 0,5% sous forme de cendre. Les principales réactions chimiques d'une combustion complète se résument comme suit :





Cependant, dans la réalité, la réaction de combustion est habituellement incomplète car il est difficile d'obtenir un mélange équilibré (stœchiométrique) et homogène de comburant et de combustible. Ainsi, par endroit, la quantité de comburant (O₂) sera insuffisante pour permettre des réactions complètes entre le carbone et l'hydrogène et le dioxygène. Une combustion incomplète peut aussi avoir lieu lorsque la température permettant la combustion n'est pas maintenue assez longtemps, nous pouvons imaginer le cas d'une aspersion d'eau sur la zone de combustion par exemple, nous remarquons alors une épaisse fumée indicateur d'une combustion incomplète. Exemple d'équation de combustion incomplète du méthane $\text{C}_n\text{H}_m + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + (\text{C}_x\text{H}_y + \text{CO} + \text{NO} + \text{suies} + \text{etc})$ selon **Yokelson et al. (1996)**.

Une combustion incomplète produit dès lors ce que nous appelons « des imbrûlés » définis comme des produits de combustion imparfaitement combinés avec le dioxygène. Ceux-ci forment, avec le CO₂ et le H₂O, ce que l'on appelle plus communément les fumées, ils sont donc toxiques. Ces imbrûlés peuvent être solides à l'exemple des particules incandescentes (braises, brandons) et des particules de carbone pur (suie, goudron, cendres), mais aussi gazeux tels que le monoxyde de carbone (CO, mortel en 1 à 3 minutes à 1,28 % dans l'air), les oxydes d'azote (NO_x) et le méthane (CH₄). On retrouvera aussi d'autres molécules plus complexes tels que les Composés Organiques Volatils (COV) très toxiques pour l'homme et pour l'environnement, et les Composés Organiques Semi-Volatils (COSV) aussi toxiques. Étant donné qu'une combustion complète émettra principalement du CO₂ et que plus une combustion est incomplète, plus le CO₂ est remplacé par le CO selon **Yokelson & et al. (1996)**.

IV.4. L'inflammabilité et la combustibilité :

IV.4.1. Inflammabilité :

C'est la capacité d'un combustible à s'enflammer et à maintenir sa combustion. Quatre composantes sont définies concernant l'étude de l'inflammabilité, **i**) l'ignitabilité (capacité du combustible à s'enflammer), **ii**) la combustibilité (intensité du brulage), **iii**) la durabilité (capacité du combustible à maintenir sa combustion) et **iv**) la consumabilité (taux de consommation du combustible par le feu) (**Anderson, 1970 & Martin et al, 1993**).

IV.4.2. Combustibilité :

La combustibilité désigne la facilité avec laquelle le feu se propage. Elle dépend des espèces présentes dans les peuplements mais aussi de la structure des peuplements et de la saison. On la distingue de l'inflammabilité qui est la facilité avec laquelle le feu apparaît. Elle dépend de la végétation et de la sécheresse.

IV.5. Comportement du feu :

L'incendie de forêt est un phénomène physico-chimique. Il s'accompagne d'une émission d'énergie calorifique et peut être décomposé en trois phases : • l'évaporation de l'eau contenue dans le combustible,

- l'émission de gaz inflammables par pyrolyse, et
- l'inflammation.

Pour qu'il y ait inflammation et combustion, il faut que les trois éléments – chaleur, oxygène et combustible – se conjuguent en proportions convenables.



Figure N°13: Triangle du feu (Kaci, 2014)

IV.5.1. Les types de feux de végétation: Il existe trois principaux types d'incendie de forêt :

- **Les feux de cimes** brûlent les arbres sur toute leur longueur jusqu'au faite. Ce sont les plus intenses et les plus dangereux des feux de végétation.

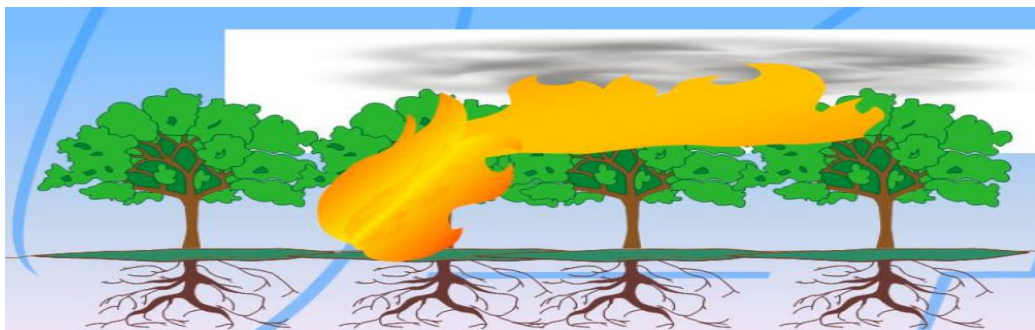


Figure N°14 : Feux de cimes (FAO, 2001).

- **Les feux de surface** : ils consomment les strates basses de la végétation et se propagent en général par rayonnement ou convection. Ils affectent la garrigue, maquis et les landes.

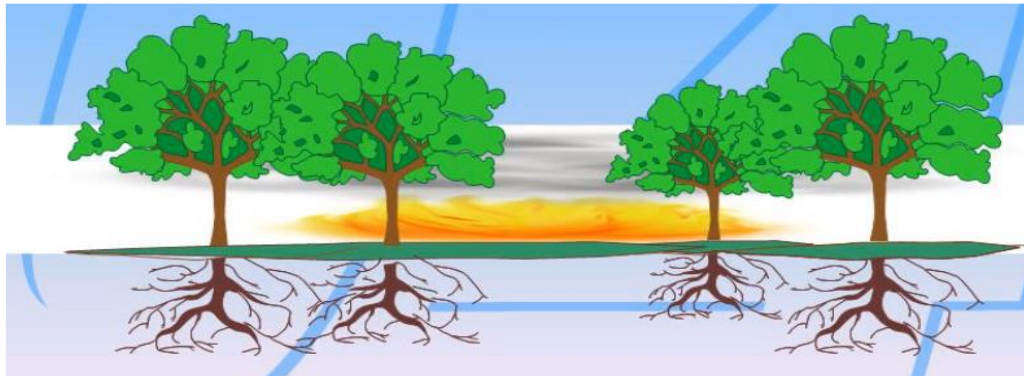


Figure N°15 : Feux de surface (FAO, 2001)

- **Les feux de terre (parfois appelés feux souterrains ou feux de profondeur)** : ils brûlent la matière organique contenue dans la litière, l'humus ou les tourbières. Alimentés par incandescence avec combustion, ces feux ont une faible vitesse de propagation

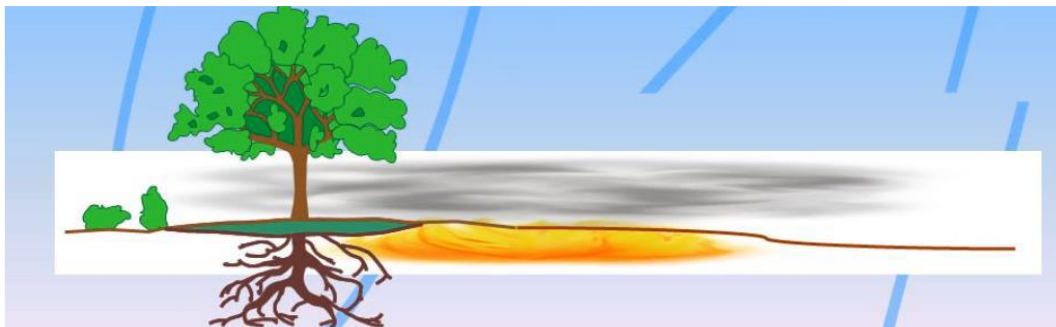


Figure N°16: Feux de terre (FAO, 2001)

Selon (Nasi et al, 2002) l'inflammabilité des végétaux rend compte de la facilité avec laquelle ils peuvent s'enflammer quand ils sont exposés à une source de chaleur. Elle est habituellement mesurée à l'aide d'un épi-radiateur : le calcul du délai et de la fréquence d'inflammation permet de déterminer une note d'inflammabilité pour chaque espèce. A titre d'exemple, elle est faible pour l'arbousier et forte pour le chêne vert et le pin d'Alep. L'inflammabilité peut également être mesurée en prenant en compte certains facteurs naturels, elle dépend plus particulièrement, de la teneur en eau et de la composition chimique des végétaux ainsi que des paramètres météorologiques. Il est important de noter qu'il existe de nombreuses et complexes interactions entre les facteurs physiques du milieu naturel et les

caractéristiques biologiques des combustibles. Il est donc très difficile de faire la part de chaque paramètre dans le déclenchement des incendies.

a) La teneur en eau Au niveau de leur inflammation, la teneur en eau des combustibles végétaux joue un rôle important. En effets, plusieurs études ont montré que la présence d'humidité exerce une influence considérable sur l'inflammation et ensuite le développement des feux.

- Les feux de forêts, mécanismes, comportement et environnement.

L'eau doit être chauffée jusqu'au point d'ébullition et ensuite vaporisée avant que les combustibles atteignent leur température d'inflammation. Elle augmente donc la quantité de chaleur nécessaire à la pyrolyse et à l'inflammation et réduit aussi la vitesse de la combustion. Quand leur teneur en eau est faible les végétaux s'enflamment à des températures relativement basses. Par contre, la température d'inflammation varie entre 260° et 450° C (**Trabaud, 1991**). Les sources de chaleur telles que les allumettes enflammées, les cigarettes incandescentes et la foudre fournissent cette température. La teneur en eau des végétaux résulte des conditions climatiques du moment ainsi que celles des jours et des semaines précédents. Certains types de combustibles sont plus sensibles à la forte variabilité de la teneur en eau comme le bois mort et les végétaux fins (herbacés).

b) La composition chimique : Le principal composé combustible des végétaux est le carbone. L'inflammabilité des espèces végétales varie selon leur teneur en essences volatiles ou en résines. Chez certaines espèces la présence de cire et de résine ralentirait leur vitesse de dessèchement et donc leur inflammation. Il existe également une relation inverse entre l'inflammabilité et la teneur en phosphore des végétaux. ^[4]

c) Les paramètres météorologiques : Les paramètres météorologiques tels que les précipitations, la température, l'humidité de l'air, le vent et l'ensoleillement influent d'une part sur la teneur en eau des végétaux mais ils constituent également les facteurs naturels d'éclosion. Parmi ces paramètres, les précipitations jouent un rôle prédominant dans la teneur en eau des végétaux. Leur effet varie de façon significative en fonction de leur durée, de leur période, de leur quantité ainsi que des types de combustibles. A titre d'exemple, une petite quantité d'eau suffit pour ralentir l'inflammabilité des graminées. Mais cet effet ne dure pas. Il peut être rendu caduc par 2 ou 3 heures d'ensoleillement. En revanche, il faut de fortes pluies pour réduire l'inflammabilité de combustibles plus importants tels que les grosses branches tombées à terre. L'effet bénéfique de fortes précipitations hivernales peut ainsi être annulé par un printemps et un été longs et secs. Les paramètres qui influent sur l'éclosion sont la

température de l'air (et celle du combustible qui lui est corrélée), l'humidité de l'air et le vent. Les deux premiers paramètres ont une action directe sur l'inflammabilité du combustible. En revanche, le vent augmente les probabilités de mises à feu involontaires : arcs électriques des lignes à haute tension, transport d'éléments incandescents à partir de dépôts d'ordures ou de barbecues, etc. ^[4]

Les trois phases de la combustion

Le bois est une énergie, qui ne brûle pas, mais qui rentre en combustion. La combustion du bois se passe par 3 phases :

- **La phase de séchage** (jusqu'à 250 °C) : c'est l'évaporation de l'eau contenue dans le bois (réaction endothermique = absorption de chaleur)
- **La phase de pyrolyse** (entre 250 et 800 °C) : c'est une réaction chimique qui transforme le bois en « produit gazeux ».
- **La phase d'oxydation** (entre 800 et 1100 °C) : Le bois devenu « produit gazeux » lors de la phase de pyrolyse, entre en incandescence et produit des braises.

- **Les processus de propagation d'un feu de forêt** : la chaleur générée par un incendie va être transportée vers l'avant des flammes selon trois processus (FAO, 2001)

- ✓ **La conduction** : permet la transmission de proche en proche de l'énergie cinétique (produite par le mouvement)
- ✓ **Le rayonnement thermique** : correspond au mode de propagation de l'énergie sous forme d'ondes infrarouges. C'est le principal mode de propagation des incendies ;
- ✓ **La convection** : liée aux mouvements d'air chaud, voit son importance augmenter avec le vent et la pente. Ce processus peut contribuer au transport de particules incandescentes en avant du front de flammes et au déclenchement de foyers secondaires (sautes de feu).

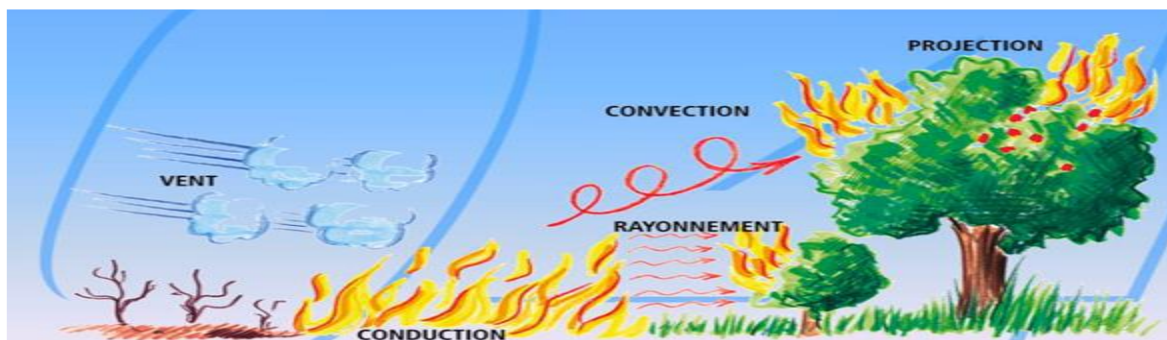


Figure N°17: les processus de développement d'un feu de forêt (FAO, 2001)

IV.6. Facteurs favorisant les incendies

IV.6.1. Facteurs biotiques

Les caractéristiques de la végétation et la prédisposition aux incendies sont souvent liées à la teneur en eau, elle-même déterminée par les conditions météorologiques. L'état général de la zone forestière, c'est-à-dire les caractéristiques du peuplement forestier (disposition des strates, essences présentes, densité, etc.) et la composition chimique de la végétation (résine), jouent également un rôle déterminant dans la genèse des incendies. De même, le manque d'entretien et l'absence de gestion du domaine forestier entraînent une accumulation du volume de combustible et une augmentation de la probabilité de départ et de propagation du feu. ^[4]

IV.6.2. Facteurs abiotiques

Les conditions orographiques : sont responsables de l'accélération ou du ralentissement de la propagation du feu. Dans une zone sans relief, un départ de feu est facilement soumis à l'accélération du vent. En zone de relief irrégulier, la progression est accélérée en relief montant et ralentie en relief descendant.

Les conditions météorologiques : particulières comme les périodes de sécheresse et les épisodes de vents forts sont favorables à l'éclosion des incendies. Ainsi, le vent accélère le dessèchement des sols et des végétaux et augmente le risque de mise à feu, par dispersion des éléments incandescents et des arcs électriques. La chaleur dessèche les végétaux par évaporation et provoque, lors des périodes les plus chaudes, la libération d'essences volatiles et contribue à la propagation des flammes. De même, la foudre est à l'origine de 4 % à 7 % des départs de feu, notamment en plein cœur des massifs et lors des mois les plus chauds de l'année.

IV.6.3. Facteurs anthropiques et naturels

L'homme et les activités anthropiques ont un rôle prépondérant dans le déclenchement des incendies de forêt. Entre 70 % à 80 % des feux recensés chaque année sont causés par des activités humaines. Ces causes anthropiques sont classées en cinq grandes catégories : les causes accidentelles, l'imprudence, les travaux agricoles et forestiers la malveillance et les loisirs. À ces causes viennent s'ajouter des phénomènes aggravants comme la déprise agricole et le mitage urbain par l'expansion des habitations aux abords des zones boisées. ^[4]

IV.7. Evaluation du risque d'incendie

IV.7.1. L'analyse préalable

L'analyse préalable a pour objectif de recueillir l'ensemble des connaissances disponibles sur terrain. Elle vise à inventorier tous les paramètres à prendre en compte dans l'évaluation du risque ainsi que les sources de données existantes. ^[4]

IV.7.1.1. Bassin de risque

L'incendie de forêt s'affranchit des limites administratives. Sans intervention humaine, sa propagation n'est régie que par les lois de la physique. Les études d'aléa visant à caractériser le phénomène doivent être appréhendées à l'intérieur du «bassin de risque». Celui-ci se définit comme une «zone continue à l'intérieur de laquelle le phénomène doit être étudié pour appréhender sa dimension physique» (FAO, 2007).

Souvent, il n'existe pas de limites franches permettant de distinguer des massifs forestiers parfaitement disjoints les uns des autres. Deux approches sont alors possibles :

- La recherche de limites naturelles «semi-étanches»; la cartographie historique des feux et les données météorologiques sur la direction des vents dominants les plus dangereux. Ils permettent de trouver des limites que le feu n'a jamais franchies ou a très peu de chances de franchir.
- L'augmentation de la dimension de la zone d'étude; dans le cas où il n'est pas possible de délimiter des massifs forestiers, la zone d'étude sera étendue de manière à ce qu'un incendie éclos en dehors de cette zone ait très peu de risque de l'atteindre. ^[4]

La collecte des données

Il s'agit de rassembler les connaissances existantes et les données à prendre en compte dans l'évaluation du risque. Le recueil d'informations doit être réalisé de la manière la plus complète possible, sans toutefois prétendre à l'exhaustivité. La recherche est faite en fonction des connaissances disponibles. ^[4]

La cartographie informative

La cartographie informative a pour objectif de poser le cadre de l'étude des aléas. Cette étape est essentielle pour donner une vue générale de la situation. Elle est fondée sur l'analyse des données historiques et des données générales sur la zone d'étude.

Le recensement des feux historiques permet d'indiquer l'importance des feux auxquels une région est soumise. Il apporte des informations formelles sur les caractéristiques des feux passés et permet de comprendre ainsi les conditions d'éclosion et de propagation. Par ailleurs, l'étude de plusieurs incendies servira à établir les conditions de référence de l'étude.

L'inventaire des feux passés consiste à recenser sur une zone d'étude, tous les incendies remarquables.

On retiendra un ou plusieurs feux représentatifs. Les dégâts occasionnés sur les infrastructures, l'intensité, la surface parcourue, les conditions climatiques, la difficulté d'intervention des secours seront recherchés.

Cette phase de l'étude présente plusieurs intérêts. Elle permet de dresser un premier bilan et d'apprécier la sensibilité d'un site face aux incendies de forêt, en mettant en évidence les secteurs prioritaires d'étude. C'est également une base de discussion qui oriente la suite des études et le choix d'une méthode d'évaluation des aléas. La carte informative est également utilisée pour informer sur le risque d'incendie de forêt : elle constitue un bon moyen de sensibilisation des autorités locales et de la population (Kaci ,2014)

IV.7.2.Détermine l'aléa feux de forêts

Il existe à l'heure actuelle différents moyens pour cartographier les incendies de forêt, qui dans la plupart des cas sont spécifiques à l'étude réalisée. Il est ainsi devenu nécessaire de clarifier la notion d'aléa feux de forêt afin de définir un cadre pour l'étude des aléas. Celle-ci s'appuie, d'une part, sur l'analyse préalable qui a conduit à réaliser la carte informative et d'autre part, sur l'évaluation d'une ou de deux composantes de l'aléa : l'intensité et l'occurrence (Cheney, 2014)

La qualification de l'aléa a pour objectif d'apporter des connaissances sur la localisation des zones soumises à un incendie de forêt ainsi que son ampleur. Elle comprend différentes phases complémentaires : la définition d'un aléa de référence (ou conditions de référence), l'étude des multiples composantes influençant l'éclosion et la propagation d'un feu. Elle met en œuvre enfin des approches plus ou moins complexes visant à évaluer l'aléa en deux ou trois classes. Il s'agit ensuite de déterminer des zones d'aggravations de l'aléa (cas des zones non directement exposées au phénomène),^[4]

IV.7.2.1.L'aléa

L'aléa est défini comme la probabilité qu'un phénomène naturel d'intensité donnée se produise en un lieu. Deux notions sont à préciser : la probabilité d'occurrence et l'intensité.

- La probabilité d'occurrence d'un feu se manifeste sous deux aspects :

- ✓ La probabilité d'occurrence temporelle, correspond à la période de retour d'un feu.

Celle-ci est fondée sur l'analyse de données historiques. Cette observation a des conséquences méthodologiques. Elle permet de retenir un temps de retour de l'événement pour l'ensemble du bassin de risque. Le temps de retour peut être de 10-20-30-50 ans.

- ✓ La probabilité d'occurrence spatiale. Elle correspond à la probabilité, pour chaque zone du bassin de risque, d'être soit à l'origine d'un départ de feu, soit d'être touchée par un incendie.
- L'intensité d'un incendie de forêt, correspond à la puissance du front de feu. ^[4]

IV.7.2.2.L'analyse des composantes

La végétation, les paramètres climatiques, la topographie et les facteurs humains sont les principales composantes de l'aléa. Chacune des composantes est décrite en précisant les paramètres pris en compte, l'action de la composante sur l'éclosion et la propagation du feu, ces paramètres sont ensuite utilisés pour déterminer l'intensité et l'occurrence spatiale du feu.^[4]

IV.7.2.2.1.La composante végétation

La caractérisation de la végétation reste une des difficultés majeures rencontrées dans l'évaluation des aléas : d'une part, les données recherchées ne sont pas toujours disponibles car la végétation peut varier dans l'espace (d'un endroit à l'autre) et dans le temps et par conséquent la variation de la masse combustible vont modifier l'aléa.

La prédisposition de la végétation aux incendies est souvent liée à sa teneur en eau, elle-même déterminée par les conditions météorologiques. L'état général de la zone forestière, c'est-à-dire les conditions de peuplement de la forêt (disposition des strates, état d'entretien, densité, essences présentes, passage récent d'un incendie) et la composition chimique de la végétation (teneur en essences volatiles ou en résines), jouent également un rôle déterminant dans l'éclosion des incendies (FAO, 2007).

IV.7.2.2.2.La composante climatique

Les périodes de sécheresse et les épisodes de vents forts, sont favorables à l'éclosion des incendies. Ainsi le vent accélère le dessèchement des sols et des végétaux et augmente les risques de mises à feu, par la dispersion d'éléments incandescents et d'arcs électriques. La chaleur dessèche les végétaux par évaporation et provoque, lors des périodes les plus chaudes, la libération d'essences volatiles, à l'origine de la propagation des flammes. ^[4]

IV.7.2.2.3. La composante topographique

Dans une zone sans relief, un départ de feu est facilement soumis à l'accélération du vent. En zone de relief irrégulier, la progression du feu est accélérée dans les montées et ralentie dans les descentes.

- ✓ Les paramètres topographiques pris en considération dans les études d'aléas restent parmi les plus simples à obtenir, trois types de paramètres sont prépondérants :
- ✓ La pente : celle-ci a une influence sur la vitesse de propagation d'un feu qui peut être tout à fait différente selon que le feu gravit ou descend une pente.
- ✓ L'exposition : elle est généralement prise en compte pour distinguer les zones sous le vent sur la zone d'étude. Elle peut également servir à déterminer les zones au sud, qui sont plus exposées au soleil et donc plus sèches.
- ✓ L'insolation : ce critère est souvent utilisé pour déterminer les zones les plus sèches en fonction de la quantité de chaleur reçue. [4]

IV.7.2.2.4. La composante liée à l'activité humaine

Cet aspect concerne toutes les formes d'occupation du sol qui ont une action sur l'aléa. Ce sont les abords des routes, des chemins, les zones fréquentées, les interfaces entre le milieu naturel et urbanisé, qui constitue des points de départ de feu potentiels.

A l'inverse, certains paramètres comme les activités d'exploitation (débroussaillage...) concourent à diminuer la biomasse combustible. [4]

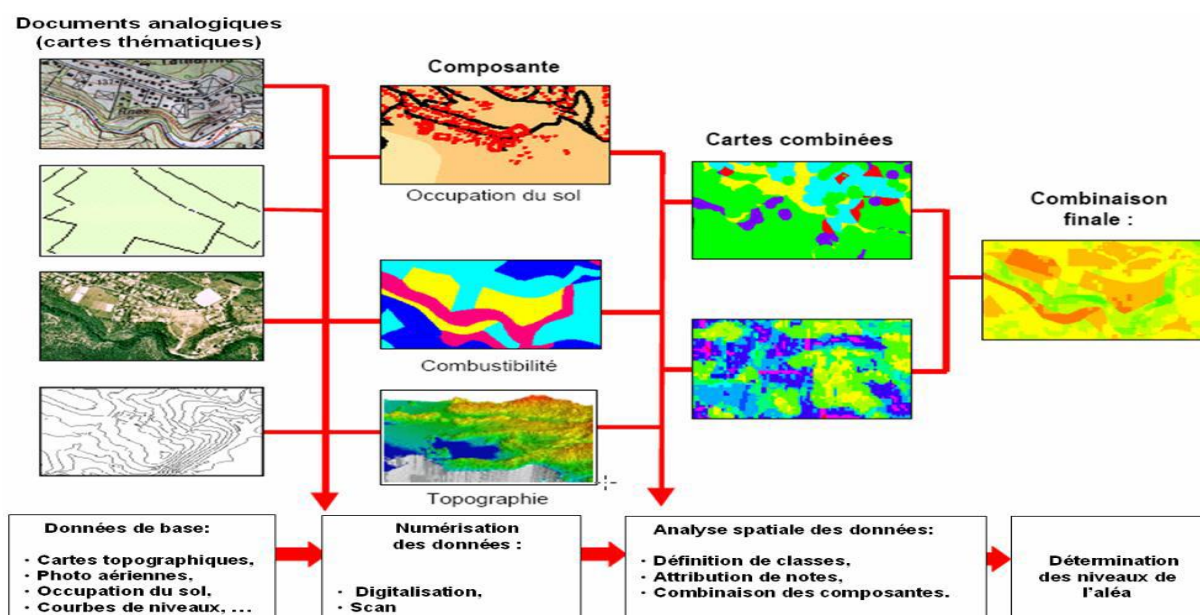


Figure N°18: Croisement des couches pour la détermination des niveaux de l'aléa (Legay et Mortier, 2005)

La détermination des seuils d'aléa est réalisée directement à partir des cartes d'occurrence et d'intensité. Celles-ci comportent trois ou quatre niveaux en ayant généralement recours à l'expertise.

Plusieurs possibilités sont envisageables pour la détermination des niveaux d'aléa : ils résultent de la combinaison entre la carte d'intensité et d'occurrence (la carte d'aléa peut également être la carte d'occurrence ou d'intensité si le choix est fait de n'en produire qu'une). Cette combinaison peut être réalisée par expertise en pondérant l'une ou l'autre des cartes, ou par un croisement de l'intensité et de l'occurrence spatiale. ^[4]

IV.8. Les causes de feu de forêt en Algérie

Nos forêts, devenues hautement exposés aux aléas de réchauffement climatique, sont pourtant nos meilleures alliées pour atténuer les effets de bouleversement de climat. Celles-ci constituent ce que nous appelons « les puits de carbone », qui absorbent et piègent le carbone, réduisant par la même sa concentration dans l'atmosphère. Les écosystèmes forestiers offrent d'autres services connus sous le nom « des services écosystémiques ». Des services gratuits qui nous permettront non seulement d'atténuer les effets des changements climatiques, mais nous aideront également à élaborer des plans d'adaptation basés sur leurs innombrables services. ^[1]

Les feux de forêts entraînent d'autres impacts sur l'environnement et la santé, notamment les effets sur la composition et la structure du sol, les micro-organismes, la dynamique de la végétation, la faune, les paysages, le cycle de l'eau, la qualité de l'eau, etc. Il y a aussi le risque d'érosion. La mise à nu des sols et la modification de leur structure par les incendies augmentent ce risque, particulièrement au niveau des terrains à forte pente comme c'est le cas dans les montagnes. ^[1]

Les effets sur la santé physique et mentale sont nombreux. Les particules fines qui se trouvent dans les fumées générées par les incendies rendent la respiration difficile et peuvent aggraver les maladies cardiaques et respiratoires. Les effets des feux de forêt sur la santé mentale sont également une préoccupation majeure. Les évacuations inattendues peuvent être traumatisantes, mettant ainsi les habitants dans des situations de stress élevé pendant de longues périodes; ce qui peut entraîner des répercussions importantes sur la santé mentale. ^[1]

Les incendies de forêts engendrent aussi un coût économique conséquent. Celui-ci est divisé en coûts directs, tels que la lutte contre le feu, les dommages matériels (habitations, infrastructures, véhicules), les forêts détruites, la perte et la détérioration des services écosystémiques, etc., et des coûts indirects tels que la perte des usages, la restauration de la végétation et des paysages, l'incidence sur l'économie du tourisme et des loisirs. ^[1]

IV.9. Les forêts ont besoin de feu

Tout d'abord, il est intéressant de rappeler qu'en temps normal, les forêts ont besoin de feu. Aussi étonnant que cela puisse paraître, ces derniers sont aussi vitaux pour la forêt que le soleil et la pluie. Les feux de forêts permettent d'éliminer les arbres les plus vulnérables aux insectes au même titre qu'aux maladies. Ils favorisent également la croissance des jeunes plantes en produisant des ouvertures permettant au soleil de les atteindre. Certaines espèces de conifères ont même besoin de la chaleur des incendies pour ouvrir leurs cônes et libérer les graines qui donneront, à leur tour, naissance à de nouveaux arbres.

Ceci dit, les feux de forêt, qui font partie des perturbations naturelles et essentielles pour une nouvelle croissance, sont en principe d'origine naturelle. Ceux-ci ont pour origine la « foudre » et représentent moins de 10 pour cent des départs de feux dans le monde. En revanche, 90 pour cent des départs de feux de forêts sont d'origine humaine. Parmi les sources des départs de feux les plus fréquentes nous citons les actes de malveillance, les travaux forestiers particuliers et agricoles, diverses imprudences, le dépôt d'ordures, les reprises d'incendies, etc.

Si la forêt se régénère normalement après un incendie, le passage d'incendies successifs peut compromettre sa pérennité. La situation climatique actuelle présente une autre difficulté à la régénération des forêts. L'absence d'une régénération peut être expliquée par l'absence de conditions favorables à la germination des graines, soit parce que les semenciers ne produisent pas de graines fertiles ou bien à cause du manque de précipitations.

La fréquence des feux est, quant à elle, une variante très importante dans cette équation. Si le cycle de passage de feu est inférieur à 30 ans, ceci peut conduire à une régression progressive d'une forêt qui se transforme en une garrigue, qui est une végétation broussailleuse caractéristique des paysages méditerranéens.

Cependant, il serait légitime de se demander ce qui rend les feux de forêts non seulement plus fréquents, mais aussi plus violents et remarquablement incontrôlables.

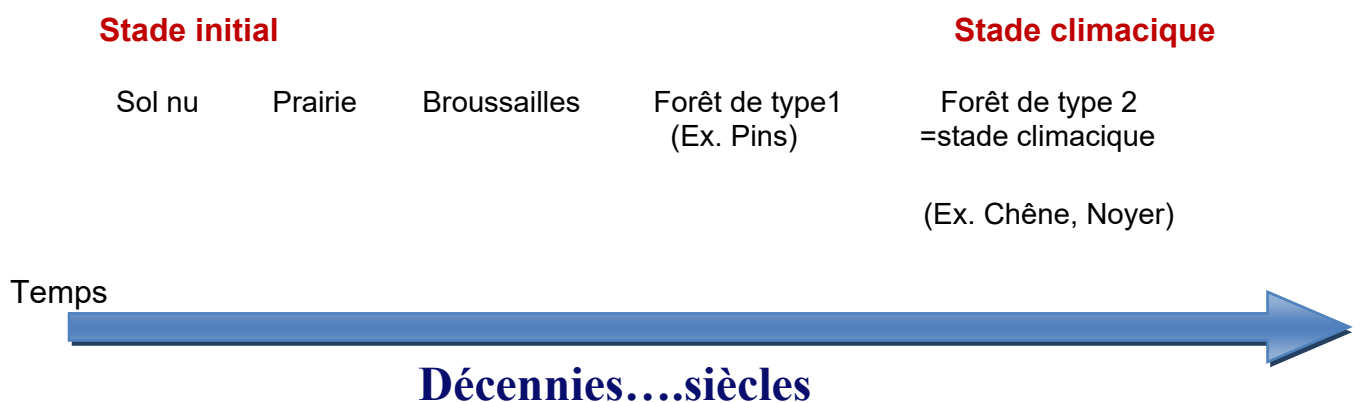
Il se trouve que les incendies de forêts sont fréquents durant la saison sèche qui s'étend de début juin à fin octobre de chaque année. Durant cette période, la végétation est confrontée à un stress hydrique. Les plantes perdent une quantité importante de l'eau absorbée par le processus de l'évapotranspiration, afin d'atteindre un certain équilibre de température. La végétation se dessèche et constitue ainsi un excellent combustible pour les feux. ^[1]

V. Succession écologique

V.1. Définition de succession écologique

Une succession écologique décrit le processus naturel d'évolution et développement de l'écosystème d'un stade initial à un stade théorique dit climacique. Suivant le type de perturbation écologique ayant entraîné la formation d'un néosol, on peut distinguer la succession primaire de la succession secondaire. La succession écologique est donc l'ensemble théorique des étapes décrivant — dans les trois dimensions et dans le temps — un cycle évolutif théorique et complet pour un lieu donné.

La succession s'apprécie du point de vue de l'écologie du milieu et donc, de manière systémique, en termes d'espèce mais aussi de structure d'occupation de l'espace. Ce cycle correspond aussi à une succession d'habitats et de communautés vivantes (succession de biocénose). ^[2]



On dénomme **série** ou **sère** la séquence complète d'une succession. Elle est composée d'une séquence de stades possédant chacun leur biocénose. **Louis, (2010, 2011)**

Tableau N°04 : Les stades de forêt par années. (Louis. (2010, 2011)).

1ère année	2ème année	3ème à 18ème année	19ème à 30ème année	30ème à 70ème années	70ème à 100ème années	100ème année et plus
Prairie 1	Prairie 2	Broussailles	Jeune forêt de Pins	Forêt mûre de Pins	Forêt de Transition	Forêt Climacique
•Graminées • Eupatoire	•Graminées • Eupatoire • Aster	• Buissons • Carex	+Végétation sous bois		Pins → Chênes	• Chênes • Noyers

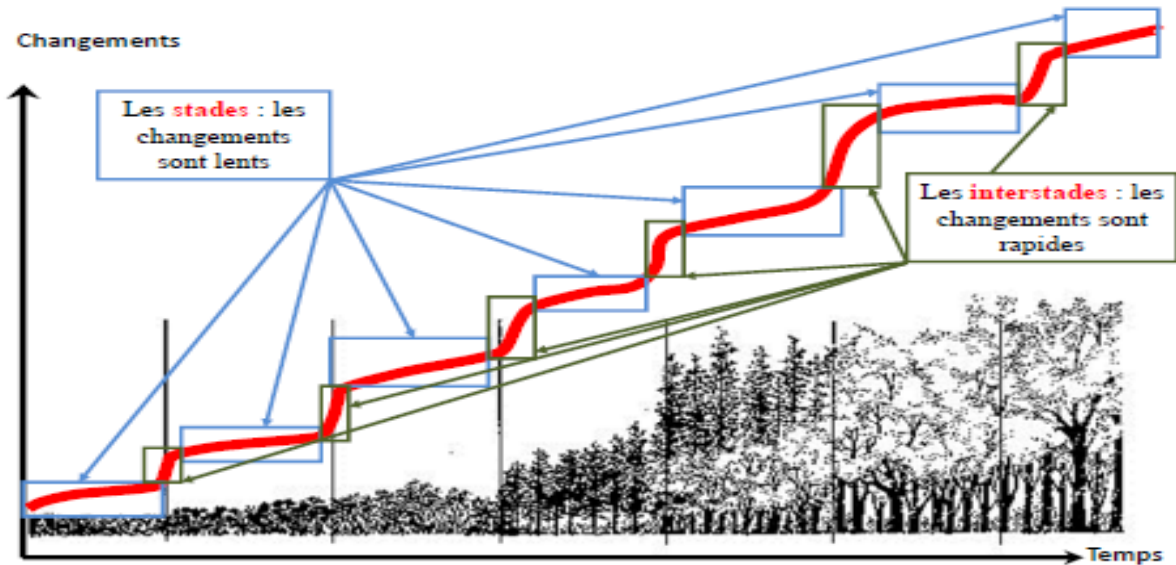


Figure N°19 : Succession écologique: une succession de stades et d'interstades. (Louis. (2010,2011))

V.1.1.Succession autogénique

Ce sont des successions uniquement liées aux interactions entre les organismes sans influence extérieure. C'est un processus biotique.

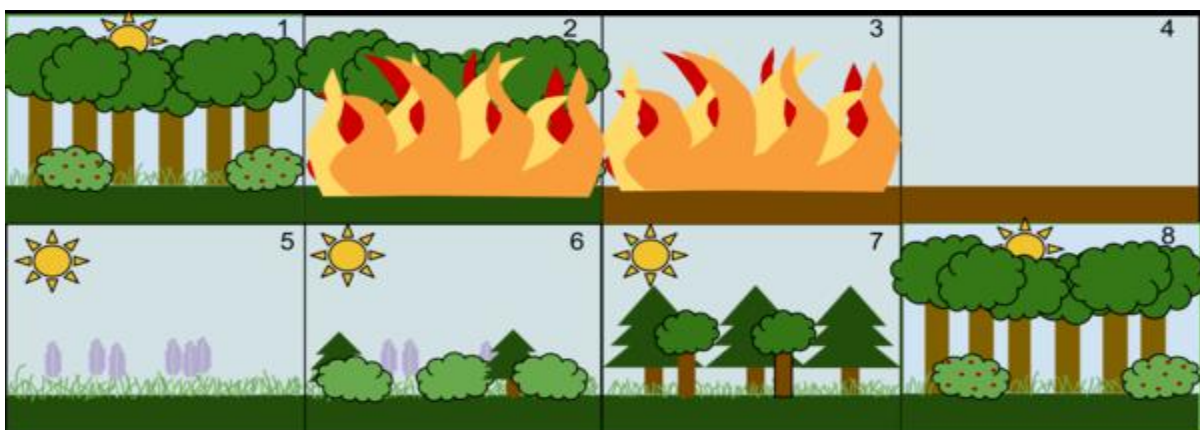


Figure N°20 : Succession autogénique d'une forêt après avoir une perturbation. [2]

Suite à une perturbation de type incendie : **1.** Stade théorique de la forêt décidue climacique **2.** Perturbation par le feu. **3.** Le feu détruit la forêt jusqu'au niveau du sol **4.** L'incendie a fait un vide, mais sans détruire le sol ni une partie du stock de graines. Le vent, l'eau ou les animaux apportent semences et propagules. **5.** Des graminées et d'autres plantes herbacées repoussent d'abord (espèces pionnières). **6.** Des petits buissons et jeunes arbres commencent à recoloniser la zone. **7.** Croissance rapide de conifères, et croissance lente de feuillus tolérant l'ombre dans les sous-étages. **8.** Disparition des espèces éphémères intolérantes à l'ombre au fur et à mesure que les grands arbres à feuilles persistantes ou caduques “densifient” la canopée. L'écosystème est maintenant revenu à un état semblable à celui où il a commencé, jusqu'à la prochaine perturbation. ^[2]

V.1.1.1. Succession autogénique primaire

Une succession autogénique primaire est caractérisée par l'établissement de la vie végétale sur un substrat vierge tel qu'une coulée de lave, un sol décapé, des éboulis récents mais aussi un mur en pierre. Les premiers organismes (bactéries, végétaux, champignons) à s'établir sur un terrain neuf sont alors qualifiés d'espèces pionnières ou de communautés pionnières. Il peut s'agir d'espèces symbiotiques telles que les lichens. ^[2]

V.1.1.2. Succession autogénique secondaire

Par opposition, le deuxième type de succession écologique appelé succession autogénique secondaire est caractérisé par l'établissement d'espèces végétales dans un biotope ayant déjà accueilli la vie mais ayant subi une perturbation écologique telle qu'une inondation qui a affecté l'écosystème mais sans l'éliminer entièrement. ^[2]



Figure N°21 : Notion de succession secondaire. (Louis. (2010,2011))

V.1.1.3. Notion de succession primaire et secondaire

- La distinction entre les deux est parfois difficile en fonction de l'intensité de la perturbation (→ niveau de destruction de la communauté et de son environnement physico-chimique)
- Processus de succession essentiellement étudié en milieu terrestre et sur les végétaux
- Communauté climacique: Un assemblage mature et stable d'organismes vivants qui représente le stade finale d'une succession écologique.
- Au sein d'un écosystème avec une communauté climacique, les conditions continuent d'être propices pour l'ensemble des organismes de la communauté.
- Chaque écosystème particulier à son propre assemblage d'espèces climaciques, qui sont les organismes les mieux adaptés et qui persistent après le stade ultime de la succession.... jusqu'à une nouvelle perturbation!



Une communauté climacique ne signifie pas toujours présence d'arbres!→ Herbes dans une prairie ou cactus dans un désert. (Louis. (2010,2011)).

V.1.2. Succession allogénique

Ce sont des successions qui ne sont pas liées aux relations entre les organismes mais à des facteurs externes (Incendie, Homme, cataclysme, pollution). ^[2]

V.1.2.1. Série régressive

On passe généralement d'un climax à un système simplifié : la simplification est d'autant plus importante que la perturbation est forte. ^[2]

V.1.2.2. Succession primaire

La série peut amener à un dysclimax : suite à la perturbation, l'écosystème est dans l'incapacité de recréer le climax d'origine ; il y a alors formation d'un climax moins complexe. ^[2]

V.1.3. Succession cyclique

Les successions cycliques sont relativement rares. Dans une telle succession, quelle que soit la perturbation il y a retour au climax et non à un dysclimax. L'exemple typique est les landes bretonnes avec les incendies : L'incendie fait disparaître la lande mésophile arborée, on a un sol nu puis un groupement pionnier muscinolichenique suivi d'une pelouse ouverte vient ensuite une pelouse fermée ou lande pionnière puis une lande mésophile moyenne, à laquelle succède une lande mésophile à ajoncs puis enfin un retour à la lande mésophile arborée. [2]

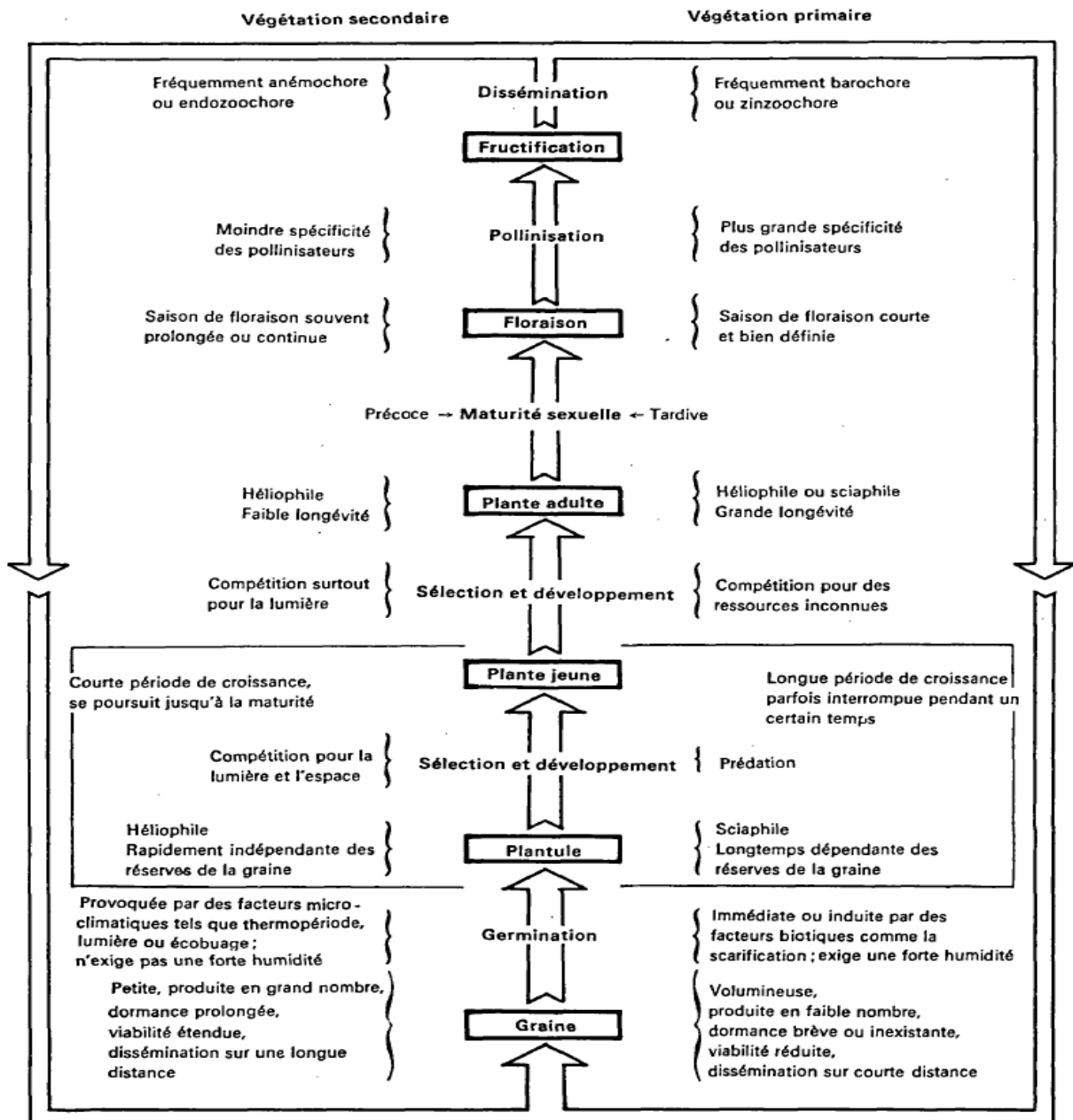


Figure N°22 : Cycles biologiques des espèces végétales. Chaque étape peut être isolée et l'on peut prévoir une série de projets de recherche qui contribueront à la compréhension de l'ensemble (Gômez. P & Vazquez. Y, 1974).

V.1.4. Processus complexe

La succession est caractérisée par une série d'étapes mais aussi en fond par des processus constants de recyclage de la nécro-masse par les espèces nécrophages, détritivores et saproxylophages. Certains auteurs estiment que nombre de ces processus sont mis en péril par les activités humaines avec par exemple l'élimination de l'environnement terrestre :

- De la matière organique et de l'humus au profit de sols de plus en plus minéraux, dégradés et instables ;
- Des embâcles naturels ;
- Des cadavres de la grande faune mammifères (privant la faune nécrophage d'une grande partie de sa nourriture et l'empêchant de redistribuer les sels minéraux et nutriments qu'ils y récupéraient autrefois ;
- De l'équivalent pour le monde végétal des cadavres de grands mammifères ; les gros et très gros bois morts.

V.1.5. Processus itératif

Si ce processus peut être théoriquement décrit à une échelle locale comme un processus régulier, il est dans la réalité régulièrement interrompu par différents aléas (perturbations anthropiques et/ou naturelles du milieu). Il est donc itératif.

Ceci explique qu'aux échelles paysagères ou supérieures, dans un même milieu (forestier par exemple), divers habitats naturels (ou semi-naturels) et stades écologiques coexistent, généralement dans une structure « en mosaïque » à divers stades d'évolution du cycle (sylvigénétique dans le cas de la forêt), ce qui explique la coexistence de strates écologiques variées, évoluant à différents stades de maturité. ^[2]

V.1.6. Importance et utilité de la notion de « succession »

Le processus est évolutif, et consiste en une série d'étapes devant se succéder chronologiquement dans un ordre fonctionnellement contraint.

Lorsque l'Homme imite les processus de résilience écologique en voulant les hâter (reboisement accéléré ou reforestation par plantation ou régénération naturelle, génie écologique, génie végétal,...), l'omission d'une seule étape peut empêcher le bon déroulement des étapes ultérieures. En particulier le stade pionnier a une grande importance pour la

restauration ou apparition du sol et de l'ancrage des végétaux, la capacité du milieu à stocker l'eau, etc. ^[2]

V.2. Succession forestière

Selon **Oliver (1981)**, la succession forestière suivant une perturbation est constituée de quatre stades de développement : le stade d'initiation du peuplement, le stade d'exclusion des tiges, le stade de réinitiation de la végétation de sous-étage et le stade de forêt surannée. La durée des stades de développement dépend de la tolérance des espèces constituant la canopée et de la fréquence des perturbations secondaires mineures (**Oliver, 1981**). Le stade d'initiation du peuplement consiste en la reprise de la végétation par des propagules enfouies ayant survécus à la perturbation ou encore par la dispersion récente de semences. De nouveaux individus s'établissent jusqu'à ce qu'un facteur environnemental devienne limitatif; les espèces utilisant rapidement les ressources ont l'avantage compétitif. Vient alors le stade d'exclusion des tiges avec la fermeture de la canopée lorsqu'il n'y a plus de semis qui peuvent s'établir. La fermeture de la canopée entraîne une diminution de la présence d'arbustes et une augmentation du recouvrement des mousses hypnacées et des sphaignes (**Taylor et al, 1987; Viereck, 1983**). Par la suite, la cohorte établie après la perturbation commence sa sénescence, laissant de l'espace pour la croissance des autres individus déjà établis dans le sous-étage. En parallèle à l'établissement d'une nouvelle cohorte d'arbres, les plantes de sous-bois telles les arbustes et les herbacées sont aussi favorisées. De ce stade de réinitiation de la végétation, le peuplement entre dans le stade de vieille forêt, qui est associé à une accumulation de la matière organique au sol ayant pour effet de diminuer la température du sol et la croissance des arbres. La diminution de la productivité de la forêt et l'ouverture du peuplement qui l'accompagne peuvent être induit plus spécifiquement par le processus de paludification dans des peuplements ayant des conditions édaphiques particulières, notamment un sol argileux. Ce processus se distingue alors par un entourbement progressif et une remontée de la nappe phréatique (**Van Cleve et Viereck, 1981 ; Harper et al, 2003**).

V.3. Notion de perturbation et de résilience des écosystèmes

- En écologie, une perturbation est un changement temporel de courte durée et imprédictible dans les conditions du milieu et/ou dans la composition des biocénoses suffisamment important pour induire un changement significatif de l'écosystème.

- La résilience écologique est la capacité d'un écosystème à retrouver un fonctionnement et un développement normal après avoir subi une perturbation importante.

——→ Correspond à l'amplitude maximale de la modification du paramètre considéré pour laquelle il y a une réponse réversible possible de l'écosystème. (Louis. (2010,2011))

V.3. Notion de stratégie adaptative

Tout au long du gradient successional, évoluent à la fois la structure et la composition des biocénoses:

- Les **1ers stades** sont dominés par des espèces qui ont pour caractéristiques principales une petite taille, un renouvellement de population rapide et qui présentent de fortes fluctuations d'abondance ——→ ce qui leur confère le **maximum de chance de survie** dans un **écosystème relativement instable**.
- Les **stades climaciques** sont caractérisés par la dominance d'espèces de plus ou moins grande taille, peu fécondes et dont les populations sont stables ——→ **plus compétitives** dans des **écosystèmes stables**.

Dans chaque stade d'une succession, les populations constituant la communauté possèdent leur propre stratégie adaptative. (Louis. (2010,2011)).

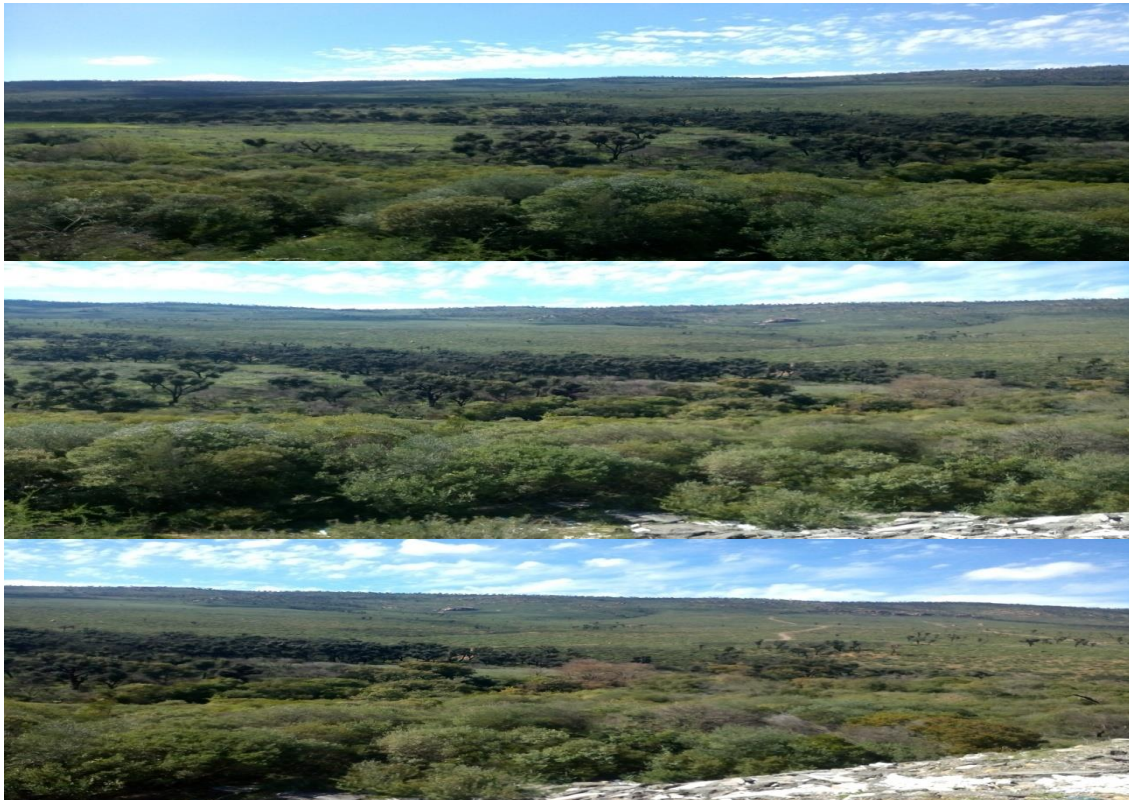
CHAPITRE II : Matériels et méthodes

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

I. Choix de la zone d'étude

Dans notre wilaya« El-Tarf» les études écologiques se font énormément sur le PNEK que ce soit des études sur les forêts, les lacs ou la distribution des espèces animales ou végétales...etc.

Mais les zones qui se trouvent en dehors du PNEK sont très rares, malgré de sa grande richesse en différentes espèces. À partir de ce contexte, le choix de la zone d'étude vient de l'idée d'élargir l'intervalle des recherches écologiques dans la wilaya, et pour enrichir la bibliothèque des recherches dépendant de la région du « Zitouna» qu'il contient une grande richesse des espèces végétales, et en raison de son exposition ces dernières années à de nombreux incendies, d'où le choix de la zone d'étude « Loulidja » (qui a été exposée à un incendie en 2021) pour mener une étude sur l'émergence des plantes après l'incendie. Grâce à cette recherche, la zone peut être renforcée et les gens sont sensibilisés à sa protection et donc à la nécessité d'en prendre soin.



Figures N° 23, 24,25 : La zone d'étude en générale « Loulidja ». (Photos de DOUADI Nada, 2023)

II. Présentation de la zone d'étude

Dans le cadre de notre étude, le travail portera sur la commune du Zitouna de la wilaya d'El-Tarf. La wilaya d'El Tarf située du Nord-est du Tell algérien, elle est limitée par :

- ❖ Au nord, par la mer méditerranéenne.
- ❖ Au sud, par la wilaya de Souk-Ahras.
- ❖ A l'est, par la frontière Algéro-Tunisienne.
- ❖ A l'ouest, par la wilaya d'Annaba.

(Chabbi.L & Tiab. M, 2018.2019) La wilaya d'El-Tarf Elle couvre une surface de 305000 ha, dont 166311 ha de superficie forestière (54,52%), et les coordonnées de la région sont:

- Longitude 8°27'3 Est.
- Latitude 36°53'47' Nord.
- Altitude moyenne 13 m.

II.1. Description de station d'étude

II.1.1. Géographie

1. Localisation

Zitouna est un village au Nord-est de l'Algérie au Sud-est de la wilaya d'El Tarf à 111 mètres d'altitude maximale. C'est une commune frontalière avec la Tunisie.

2. Superficie

Le territoire administratif de la commune s'étend sur une superficie de 159,6 Km²

3. Communes limitrophes

La commune de Zitouna est délimitée à l'Est par la commune de Bougous, à l'Ouest par la commune de Cheffia, au Sud-ouest par la commune d'Ain Kerma, au Nord par les communes d'El-Tarf et de Bouteldja, au Sud-est par la frontière Algéro-Tunisienne.

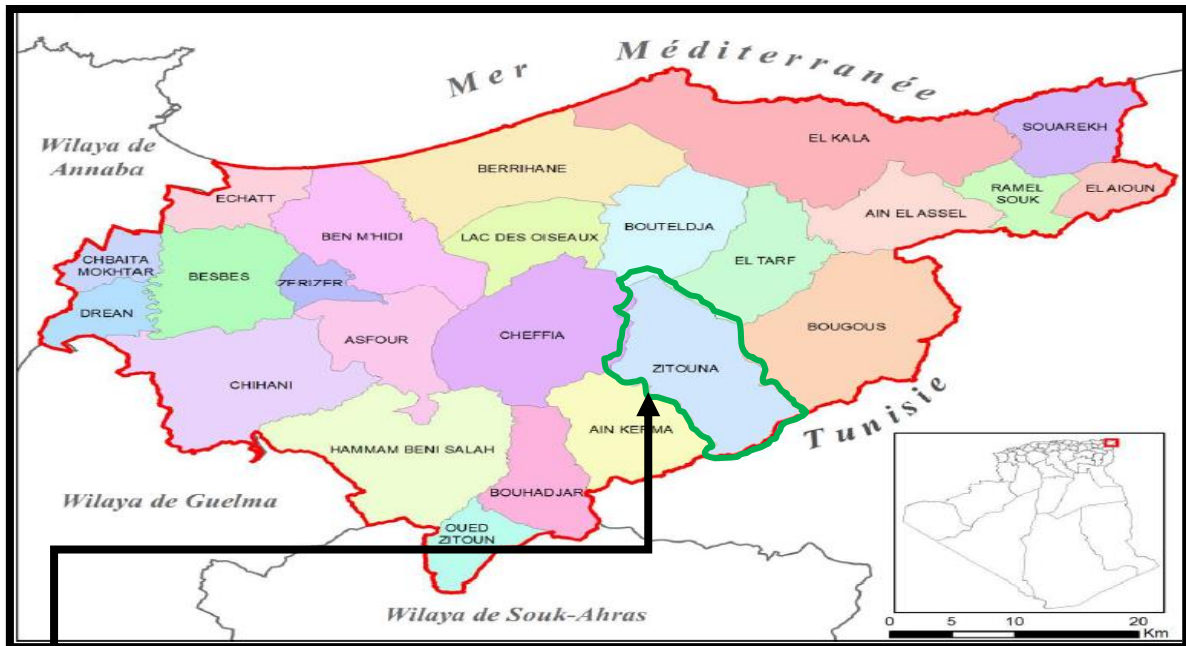


Figure N°26 : Localisation géographique et découpage administratif de la wilaya d'El Tarf. (Arfa, 2019).



Figure N°27 : Carte géographique de la commune de Zitouna et station d'étude au niveau de Mechta Loulidja

II.1.2. Toponymie

Le village de Zitouna tiendrait son nom des nombreux oliviers présents dans la région. Le mot Zitouna (en arabe : زيتونة) désigne l'Olivier et l'Oléastre.

III. Synthèse climatique

L'étude climatique permet de connaître et analyser, les différents facteurs climatiques sur les milieux notamment agricoles ou forestiers. Parmi ces facteurs la température, les précipitations, l'humidité relative, la lumière, les vents, l'enneigement et les gelées.

Ces facteurs sont permis de mettre en évidence les potentialités hydriques notamment les tranches pluviométrique et sa répartition dans l'année. Et ces facteurs sont influents sur la composition floristique et la distribution végétales. Parce que chaque espèce végétale a un intervalle climatique et dans un étage bioclimatique. Donc il y a une relation entre l'association végétale et les facteurs climatiques.

On peut distinguer parmi les facteurs climatiques un ensemble de facteurs énergétiques, constitués par la lumière et les températures, des facteurs hydrologiques (Précipitation et hydrométrie), des facteurs mécaniques (vent, enneigement). **(Ramade, 2003)**.

Le climat est un élément primordial, son irrégularité spatiale et temporelle implique des études de plus en plus fines pour mieux comprendre son action sur la distribution des différentes espèces végétales. Il s'agit donc de mettre en évidence les relations qui existent entre la végétation et les facteurs climatiques.

Emberger (1930, 1971) a particulièrement souligné ce rôle en ce qui concerne la végétation méditerranéenne, et en 1939 il montre que les données écologiques, et en particulier bioclimatiques, influent considérablement sur l'individualisation de la végétation. Le climat en région méditerranéenne est un facteur déterminant en raison de son importance dans l'établissement, l'organisation et le maintien des écosystèmes **(Aidoud, 1997)**. D'après **De Martonne (1926), Turril (1929), Gaussen (1954), Walter et al. (1960), Mooney et al. (1973), Benabadji (1991, 1995), Bouazza (1991, 1995)**; le climat méditerranéen est caractérisé par un été sec et un hiver doux.

D'une manière générale le climat de l'Algérie est de type méditerranéen, elle se situe entre une influence de nord-ouest qui apporte les courants froids et humides et une influence méridionale liée à une atmosphère chaude et sèche de type saharien.

Cependant, pour mieux appréhender les exigences climatiques de la subéraie et les plantes dans la région d'étude, il serait important d'étudier dans ce chapitre, les caractéristiques climatiques de la région d'étude. Malgré la rareté des informations disponibles Nous avons essayé d'en mettre le plus possible pour connaître et comprendre au maximum la nature de la météo

III.1. Le climat

Le climat est chaud et tempéré en El Tarf. En hiver, il ya beaucoup plus de précipitations qu'en été. Ce climat est considéré comme Csa « climat méditerranéen » selon la classification climatique de Köppen-Geiger. La température moyenne annuelle à El Tarf est de 18.3 °C. La moyenne des précipitations annuelles atteints 694 mm (**Climate-Data.org**).

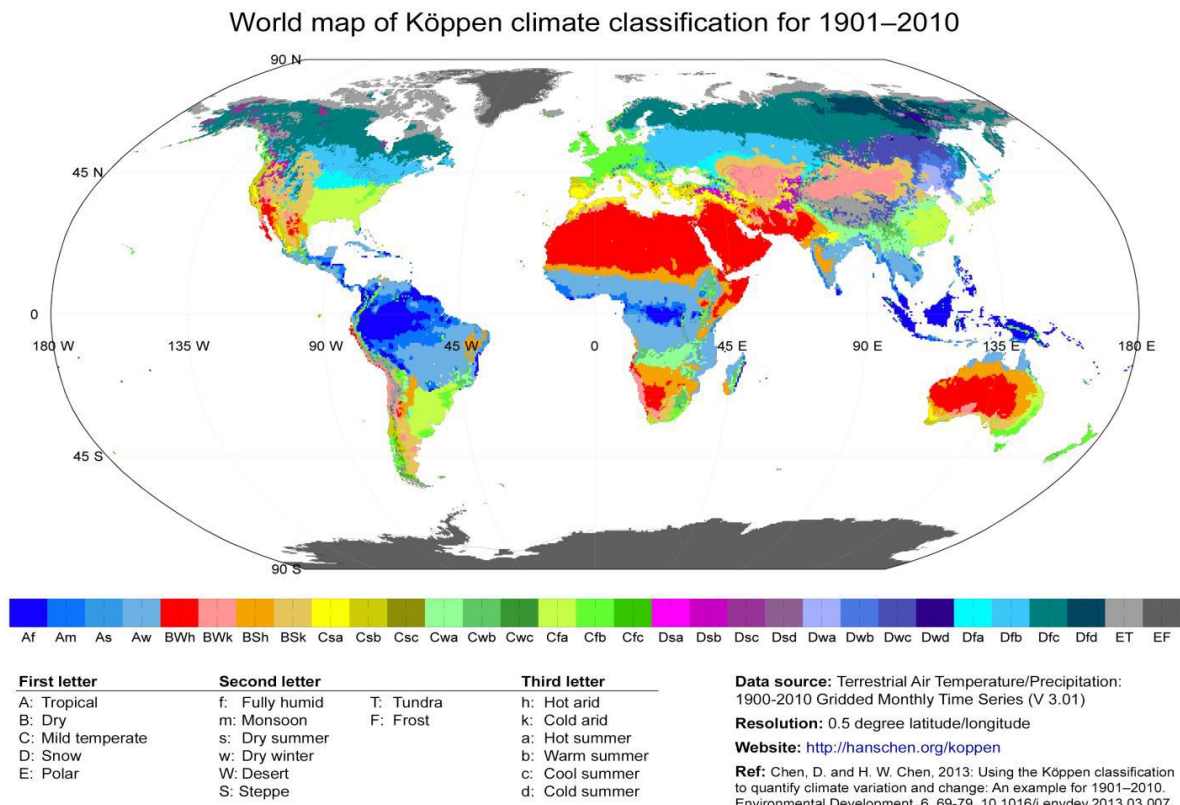


Figure N° 28 : Classification climatique de Köppen-Geiger (Peel, 2007)

Selon le tableau des données climatiques de la région d'El Tarf, la variation des précipitations entre le mois le plus sec et le mois le plus humide est de 114 mm .Une différence de 15.1 °C existe entre la température la plus basse et la plus élevée sur toute l'année (Climate-Data.org).

Tableau N° 05 : Données climatique à El Tarf (Climate-Data.org)

Les Mois	Température	Température	Température	Précipitations	Humidité (%)
Janvier	14,5	12,2	9,9	176	75
Février	14,5	11,9	9,5	152	75
Mars	16,6	13,7	10,9	101	75
Avril	18,7	15,8	12,8	77	76
Mai	21,6	18,6	15,5	45	76
Juin	25,4	22,4	19	13	72
Juillet	28,5	25,4	21,8	3	69
Aout	29,3	26,1	22,7	12	68
Septembre	26,6	23,8	20,9	58	71
Octobre	24	21,1	18,4	98	73
Novembre	19,1	16,6	14,3	177	73
Décembre	15,1	13,6	11,3	188	74

La "maximale moyenne quotidienne" (ligne rouge continue) montre la température maximale moyenne d'un jour pour chaque mois pour El Tarf. De même, «minimale moyenne quotidienne" (ligne bleu continue) montre la moyenne de la température minimale. Les jours chauds et les nuits froides (lignes bleues et rouges en pointillé) montrent la moyenne de la plus chaude journée et la plus froide nuit de chaque mois des 30 dernières années. Août est le mois le plus chaud de l'année, mois de Janvier le plus froid de l'année. (Meteoblue, climat d'El Tarf).

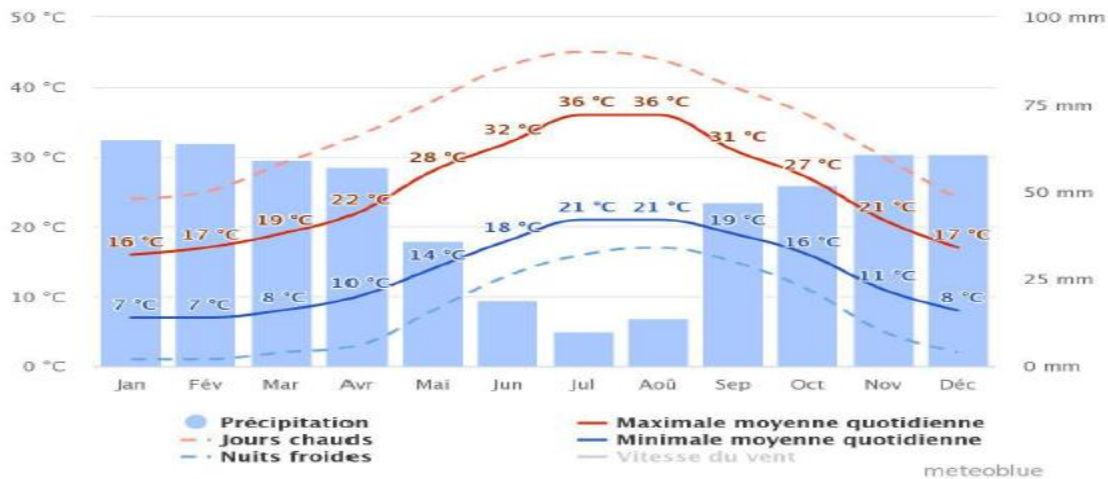


Figure N° 29 : Histogramme présente la température et la précipitation moyenne d'El Tarf (Meteoblue, climat d'El Tarf)

III.2. La température

L'étude des données sur les températures notamment, la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud (**M**), et la moyenne des températures minimales du mois le plus froid (**m**) donne une idée sur le climat de la région.

La température est un facteur très important et aussi un facteur limitant dans la répartition des végétaux. Les températures s'abaissent avec l'altitude croissante.

Tableau N° 06: Répartition des températures mensuelles maximales, minimales et moyennes (°C) corrigé par rapport à l'altitude moyenne de la forêt Zitouna (98m).
(Chabbi.L & Tiab.M. 2019)

Mois \ T(c°)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
TM	14,91	12,71	18,01	18,51	22,91	26,01	29,81	30,51	21,41	21,41	20,11	16,61	21,51
Tm	8,51	5,91	10,41	10,41	14,91	17,21	21,61	23,11	18,71	16,71	12,71	10	14,21
T moy	11,71	9,31	14,21	14,21	18,91	21,61	25,71	26,81	22,61	19,06	16,41	13,31	17,86

T moy : Température moyenne $(T_m + T_M) / 2$.

Tm : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid.

TM : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud.

III.3.La précipitation

Les précipitations constituent un facteur écologique d'importance fondamentale, leur répartition annuelle est importante par leur rythme et leur valeur volumique absolue (**Dajoz, 1975 in Sobhi, 2009**).

La quantité des pluies varie avec l'altitude (plus on monte, plus la pluviométrie augmente) ; pour cela, (**Seltzer, 1946 in Bengana et Ali Ahmed ,2007**) recommande un gradient pluviométrique altitudinal de 50 mm pour chaque 100 m d'élévation (lorsque la pluviométrie moyenne est de 1204 mm).

Tableau N°07 : Les précipitations moyennes mensuelles d'El Kala, corrigées par rapport à l'altitude moyenne de la station du Zitouna (98m). (Chabbi. et Tiab. 2019)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annuelle
P (mm)	74	71,4	39,02	79,71	17,8	1,66	1,14	14,36	66,81	29,76	87,31	101,57	584,56

D'après les données corrigées tableau n° 7, il ressort que la tranche pluviométrique moyenne annuelle enregistrée à la station de Zitouna pendant 9 ans d'observation s'élève à 584.56 mm/an.

L'analyse des données pluviométriques (Tableau 7) fait ressortir le mois de décembre comme étant le mois le plus pluvieux 101.57 mm et le mois de juillet le plus sec 1.14 mm. (**Chabbi. et Tiab. 2019**)

III.4. Le vent

La vitesse horaire moyenne du vent à El Tarf connaît une variation considérable au cours de l'année. La période venteuse de l'année dure 6 mois du 1 novembre au 2 Mai, avec des vitesses de vent moyennes supérieures à 14,3 kilomètres par heures. Le jour le plus venteux de l'année est le 1 février avec une vitesse moyenne du vent de 17,2 kilomètres par heure.

La période la plus calme de l'année dure 6 mois du 2 Mai au 1 Novembre. Le jour le plus calme de l'année est le 13 Aout, avec une vitesse moyenne horaire du vent de 11.3 kilomètres par heure. (**fr.weatherspark.com**).

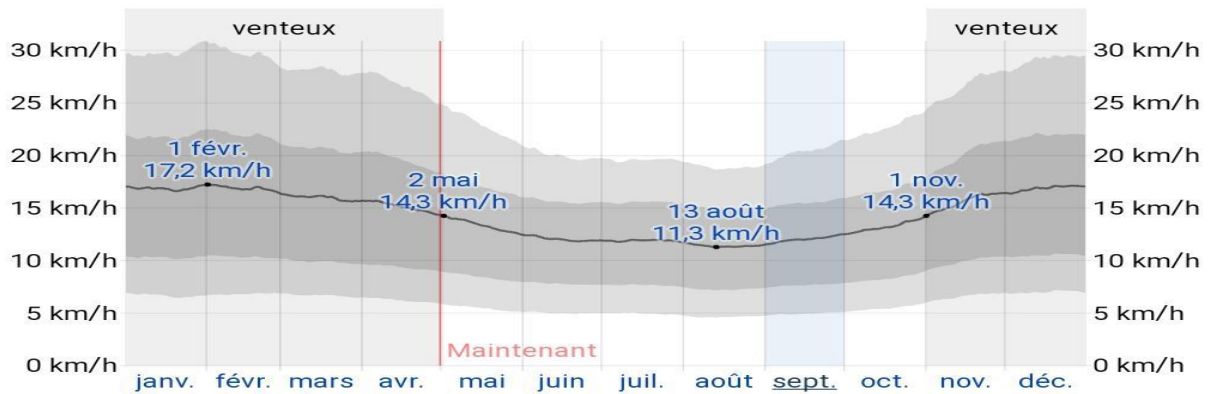


Figure N°30 : La moyenne des vitesses des vents moyens horaires (fr.weatherspark.com)

III.5. Humidité

Nous estimons le niveau de confort selon l'humidité sur le point de rosée, car il détermine si la transpiration s'évaporera de la peau, causant ainsi un rafraîchissement de l'organisme. Les points de rosée plus bas sont ressentis comme un environnement plus sec et les points de rosée plus haut comme un environnement plus humide. Contrairement à la température, qui varie généralement considérablement entre le jour et la nuit, les points de rosée varient plus lentement. La probabilité qu'un jour donné soit lourd à El-Tarf augmente très rapidement en Juillet, augmente de 34% à 54% au cours du mois. Pour référence, le 13 Août, le jour le plus lourd de l'année, le climat est lourd 61% du temps, tandis que le 30 Novembre, le jour le moins lourde de l'année, le climat est lourd 0% du temps. (fr.weatherspark.com).

IV. Les stations

Les stations que l'on déterminera pour l'étude ont une superficie de 25m² pour chacune, et la distance entre chaque station et autre c'est de 50 à 500 pas.

Pour déterminer les limites de chaque station en utilisant un mélange entre l'eau et le gypse, en marquer sur les roches ou sur les troncs des arbres.

Le nombre total c'est 20 stations.

Les localisations de la station d'étude est comme suit :

- N 36°26'48,6" /E 008°00'49,6"



Figure N°31 : La station N° 01(Photo de DOUADI Nada, 2023)



Figure N°32 : La station N° 02(Photo de DOUADI Nada, 2023)



Figure N° 33 : La station N° 03(Photo de DOUADI Nada, 2023)



Figure N°34 : La station N° 04(Photo de DOUADI Nada, 2023)



Figure N°35 : La station N° 05(Photo de DOUADI Nada, 2023)



Figures N° 36,37 : La station N° 06(Photo de DOUADI Nada, 2023)



Figures N°38,39 : La station N° 07(Photo de DOUADI Nada, 2023)



Figures N° 40, 41 : La station N° 08(Photo de DOUADI Nada, 2023)



Figure N° 42 : La station N° 09(Photo de DOUADI Nada, 2023)



Figure N°43 : La station N° 10(Photo de DOUADI Nada, 2023)



Figure N°44 : La station N° 11(Photo de DOUADI Nada, 2023)



Figure N°45 : La station N° 12(Photo de DOUADI Nada, 2023)



Figures N°46,47 : La station N° 13(Photo de DOUADI Nada, 2023)



Figure N° 48 : La station N° 14(Photo de DOUADI Nada, 2023)



Figure N° 49 : La station N° 15(Photo de DOUADI Nada, 2023)



Figure N°50 : La station N° 16(Photo de DOUADI Nada, 2023)



Figures N°51,52 : La station N° 17(Photo de DOUADI Nada, 2023)



Figures N°53,54 : La station N° 18(Photo de DOUADI Nada, 2023)



Figure N° 55 : La station N° 19(Photo de DOUADI Nada, 2023)



Figure N°56 : La station N° 20(Photo de DOUADI Nada, 2023)

V. Méthode d'échantillonnage

V.1. Matériels de terrain

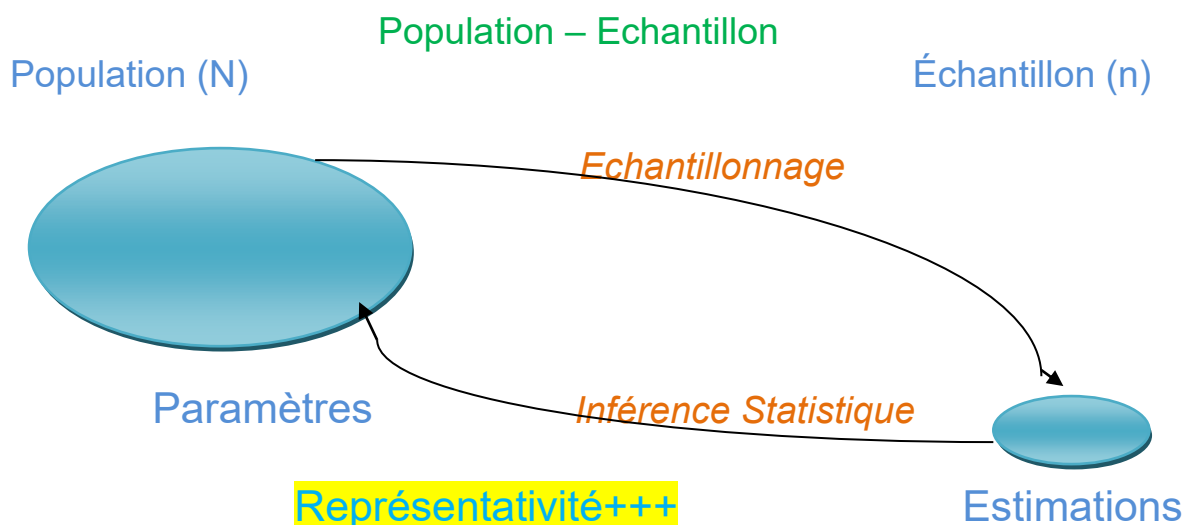
- **Carnet d'observation et un stylo** : Pour organiser les observations et le travail.
- **Ruban de mesure** : Utiliser pour mesurer les dimensions des arbres.
- **La pelle** : Pour prélever des échantillons de sol.
- **Sachets de congélation** : Nous l'avons utilisé car il est plus résistant que les sacs normaux, ce qui garantit la sécurité des échantillons.

- **Les étiquettes** : Pour définir nos échantillons et ne pas faire d'erreurs (la date, les coordonnées, numéro de station et le nom et prénom)
- **GPS** : utilisé pour prendre les coordonnées de différents relevés de nos études d'échantillonnage.
- **Smart phone** : Pour prendre des photos des stations et de la flore qui existe pour chacune.

V.2.Echantillonnage aléatoire simple :

V.2.1.Introduction

- Echantillon: alternative.
- Echantillon: petit groupe représentatif extrait d'un grand groupe que l'on nomme « population ».
- L'échantillonnage est le processus par lequel on détermine l'échantillon.
- Son but suprême est l'atteinte d'une représentativité impartiale de la population à l'étude pour que toute estimation basée sur l'échantillon soit sans biais et inférée à la population.



La procédure d'échantillonnage doit permettre la constitution d'un sous-groupe recouvrant les caractéristiques qui peuvent influencer la valeur des paramètres que l'on veut estimer.

V.2.2.Définition :

Cette méthode alloue une chance à tous les individus d'une population d'être sélectionner. L'adoption de cette méthode est appropriée lorsque la population est nombreuse et relativement homogène.

Procédure à suivre:

1. Définir clairement la nature de la population.
2. Assigner un numéro à chaque individu de la population.

3. Sélectionner l'échantillon en choisissant n'importe quelle méthode qui donne une chance égale à tous les numéros d'être tirés.

Il s'agit de sélectionner à partir d'une liste ou base de sondage un échantillon de n individu par tirage au sort et ceci en une seule étape.

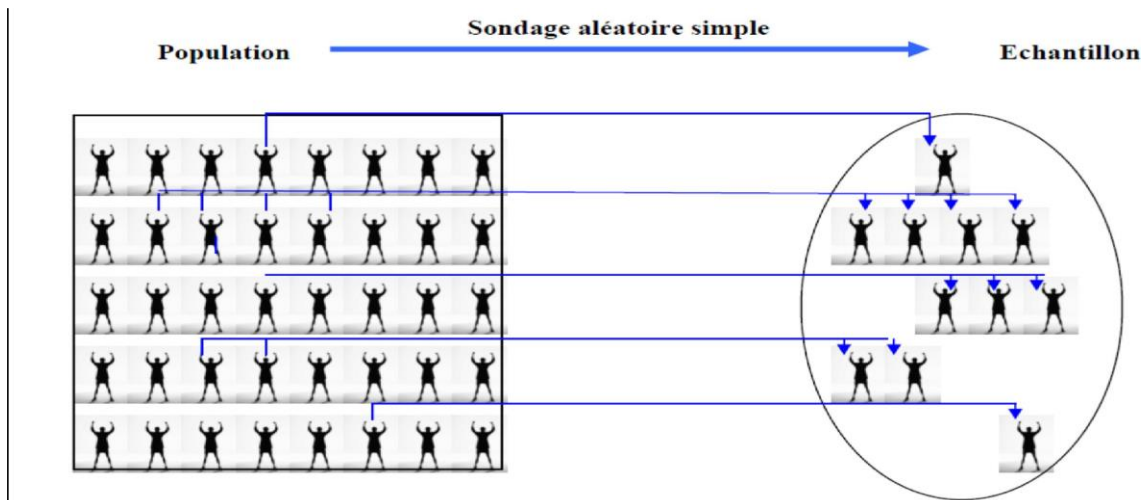


Figure N° 57 : technique de sondage aléatoire simple. (M.Mrabet).

V.2.3. Les avantages et les inconvénients de l'échantillonnage aléatoire simple :

Puisque la méthode donne à chaque individu de la population une chance égale d'être choisi, elle permet d'espérer un échantillon "représentatif". La méthode peut cependant poser certaines difficultés. D'abord, elle n'est applicable que s'il existe une liste des individus composant la population. Ensuite, elle peut être fastidieuse si l'échantillon et la population sont tous deux de grande taille. Cela sera particulièrement vrai si la sélection se fait manuellement. **Frontier. et Pichod-Viale. 1998.**

Méthode d'étude

VI.1. Méthode phytoécologique

La méthode utilisée est la méthode des relevés phytoécologiques. Il s'agit d'une méthode de type floristico-écologique visant non seulement à définir des « groupements végétaux » mais à établir des corrélations plus ou moins précises entre ces groupements ou même les différentes espèces et les facteurs du milieu.

Un relevé est un ensemble d'observations écologiques concernant un lieu déterminé (**Godron, 1968**). Le relevé doit être réalisé sur une aire minimale de la surface floristiquement homogène où la structure de la végétation, la composition floristique et les conditions écologiques sont uniformes. **Frontier. et Pichod-Viale. 1998**.

La méthode phytoécologique repose sur l'utilisation simultanée des critères floristiques et écologiques pour définir les groupements végétaux et par la suite les potentialités du milieu. L'application des techniques couramment utilisées en phytoécologie permet: La hiérarchisation relative des variables du milieu par rapport à l'influence qu'elles exercent sur la répartition des espèces et sur la composition floristique des groupes étudiés. La recherche des groupes d'espèces indicatrices à partir de l'analyse de l'influence que chacune des variables, prises séparément, peut avoir sur la répartition des espèces. Cette méthode caractérise la sensibilité des espèces aux conditions du milieu au moyen de profils écologiques. Les espèces qui présentent des profils écologiques semblables et qui apportent une information élevée sur les mêmes variables constituent les groupes écologiques indicateurs des conditions de milieux bien déterminés (**Djebaili, 1978**).

L'étude phytoécologique a, donc, pour but la constitution de noyaux d'espèces à écologie semblable, ce qui revient à établir des groupes écologiques (**M'hirit. 1982**). Un groupe écologique constitue la plus petite unité synécologique concevable présentant des caractères floristiques et écologiques précis ; autrement dit, c'est le groupe d'espèces indicatrices de conditions écologiques précises, réunies grâce à des profils écologiques semblables et apportant une information élevée sur le facteur écologique considéré (**Gounot, 1969; Daget et al, 1970**).

VI.1.1. Notion de relevé phytoécologique :

Un relevé phytoécologique est un ensemble d'observations écologiques et phytosociologiques qui concernent un lieu déterminé.

Pour ce la, les relevés de la zone d'étude passe d'abord par une description du milieu biotique (les espèces végétales rencontrées et leur recouvrement) et abiotique (variables écologiques : les pentes, l'exposition, les caractères édaphique). **Frontier. et Pichod-Viale. 1998**

VI.1.2. Les facteurs écologiques :

L'étude des mécanismes d'action des facteurs écologiques, encore dénommée écologie factorielle, constitue une étape indispensable pour la compréhension du comportement et des

réactions propres aux organismes, aux populations et aux communautés dans les biotopes auxquels ils sont inféodés.

Il faut cependant tenir présent à l'esprit que, quel que soit le niveau d'organisation auquel on se place, ces facteurs n'agissent jamais isolément car les êtres vivants sont toujours exposés de façon simultanée à l'action conjuguée d'un grand nombre de facteurs écologiques dont beaucoup ne sont pas constants, mais présentent d'importantes variations spatiotemporelles.

Frontier. et Pichod-Viale. 1998

VI.1.3. Facteurs édaphiques

Les sols constituent l'élément essentiel des biotopes propres aux écosystèmes continentaux. Leur ensemble, dénommé pédosphère, résulte de l'interaction de deux compartiments biosphériques : l'atmosphère et les couches superficielles de la lithosphère.

La formation des sols représente un processus complexe consistant en la transformation des roches situées à la surface de la croûte terrestre (roches mères) par effet conjugué des facteurs climatiques et des êtres vivants.

Les sols résultent de l'action extrêmement intriquée et complexe des facteurs abiotiques et biotiques qui conduit à l'élaboration d'un mélange intime de minérales et organiques provenant de la décomposition des êtres vivants après leur mort et de leurs excréta (litière, racines morte, cadavres d'animaux, fèces, etc.) (**Ramade ,2003**).

A .Définition

Demolon (1960) : le sol est la formation naturelle de surface à structure meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche mère sous-jacente sous l'influence de divers processus physique, chimiques et biologique

Gaucher (1968) : propose une autre définition moins descriptive et moins restrictive :<< le sol est la couche supérieure de croûte terrestre (ou lithosphère) qui évolue sous l'effet des phénomènes de décomposition superficiels des roches et dont le degré d'ameublissement ou de fragmentation permet l'implantation de la végétation>>.

VI.1.4. Facteurs topographiques :

a. Pente :

Les pentes jouent un rôle très important dans le développement de la végétation elle influence sur la genèse des sols, la migration des éléments par lessivage oblique, le ruissellement et bilan hydrique, l'enracinement des essences forestières. Au plan purement forestier, elle conditionne certains aspects de la création des infrastructures. (**Mediouni, 1983 in Saddouki, 2009**).

b. Exposition:

L'exposition est importante par son déterminisme microclimatique. Elle intervient dans :

- La distribution quantitative des pluies.
- La durée de l'enneigement.
- La réception des vents chauds et siroco.
- La réception des vents humides.
- Le microclimat lumineux.

c. Altitude :

L'altitude a aussi une importance dans la distribution des individus d'association. Et elles interviennent aussi sur :

- La distribution quantitative des pluies.
- Changement de température.
- La réception des vents.

VI.1.5.Facteurs climatiques

L'étude climatique permet de connaître et analyser, les différents facteurs climatiques sur les milieux notamment agricoles ou forestiers. Parmi ces facteurs la température, les précipitations, l'humidité relative, la lumière, les vents, l'enneigement et les gelées.

Ces facteurs sont permis de mettre en évidence les potentialités hydriques notamment les tranches pluviométrique et sa répartition dans l'année. Et ces facteurs sont influents sur la composition floristique et la distribution végétales. Parce que chaque espèce végétale a un intervalle climatique et dans un étage bioclimatique. Donc il y a une relation entre l'association végétale et les facteurs climatiques.

On peut distinguer parmi les facteurs climatiques un ensemble de facteurs énergétiques, constitués par la lumière et les températures, des facteurs hydrologiques (Précipitation et hydrométrie), des facteurs mécaniques (vent, enneigement). (**Ramade, 2003**)

VI. Méthode d'analyse le prélèvement du sol

Dans la première station, en utilisent la pelle pour prendre le prélèvement du sol, de le centre de la station, la distance c'est 25cm² avec 20cm de profondeur. Après ça en mettent dans un sac de congélation et en le fermer hermétiquement, et nous avons mis un étiquette pour écrire le numéro de station, la date et l'heur de prélèvement avec le nom et le prénom (pour évité les erreurs). A la fin, nous l'emmenons au laboratoire pour faire les différentes analyses.

VII.1. La Granulométrie

VII.1.1. Définitions :

On appelle granulat un ensemble de grains minéraux, de dimensions comprises entre 0 et 125 mm, de provenance naturelle ou artificielle, destinés à la confection :

- des mortiers, des bétons,
- des couches de fondation, des couches de base et de roulement des chaussées,
- et des assises et des ballasts de voies ferrées.

Les granulats sont appelés fillers, sablons, sables, gravillons, graves ou ballast suivant leurs dimensions.

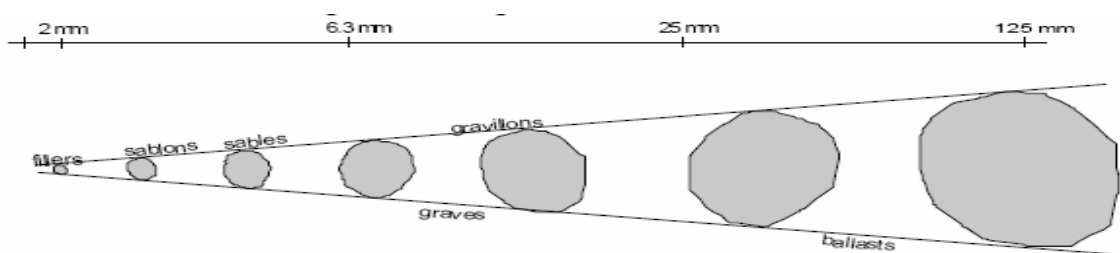


Figure N°58 : Le diamètre des granulats (particule) (Ghomari F & Bendi-Ouis A, 2008)

Son but est de déterminer la proportion des particules de différents diamètres constituant le sol (Gras 1988).

D'après Mathieu (1998), les particules minérales ont été classées selon l'échelle internationale de la façon suivante :

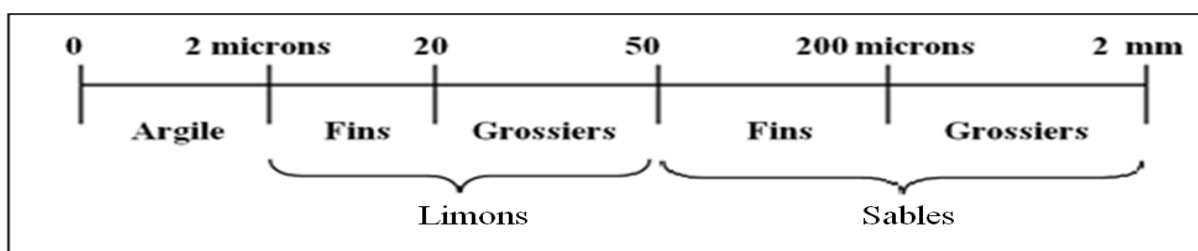


Figure N°59 : L'échelle internationale de la classification de sol (Abdelouahab.S, 2011).

La représentation graphique des résultats de l'analyse granulométrique peut se faire par plusieurs méthodes. La plus connue et la plus utilisée est la représentation en coordonnées tri-linéaires : Le triangle textural (Mathieu 1998). Les pédologues regroupent les textures obtenues en % (Argile, Limon et Sable) en classes de textures pour faciliter la description des sols (Triangle de textures) (Delaunois, 2006).

Triangle des textures

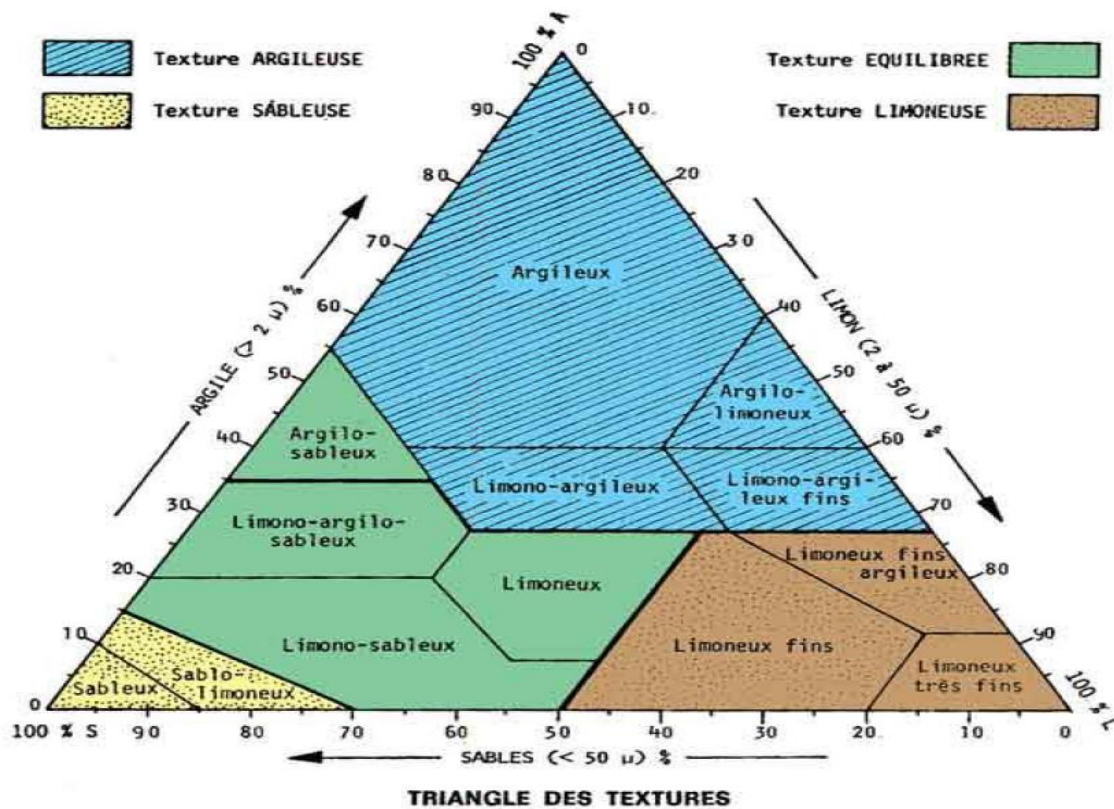


Figure N° 60 : Triangle de texture du GEPPA, (1967) in DELAUNOIS, (2006) (Abdelouahab. S, 2011).

Dans ce triangle on peut distinguer les sols à texture Très lourde, Lourde, Limoneuse, Légère, et Très légère.

Les abréviations suivantes ont été utilisées :

Très lourde :

AA : d'argile

A : argileuse

Lourde :

As : d'argile sableuse

Als : d'argile limono-sableuse

Al : d'argile limoneuse

AS : argilo-sableuse

LAS : limono-argilo-sableuse

La : de limon argilo-limoneux

Limoneuse :

LSA : de limon sablo-argileux

L : limoneuse

LL : de limon

Légère :

S : sableuse

Sl : de sable limoneux

LS : de limon sableux

Très légère :

SS : de sable

La texture du sol se rapporte au pourcentage relatif de sable, de limon et d'argile dans le sol. La taille des grains de sable modifie ensuite le nom de texture (**Donahue, 1958**).

VII.1.2. Classes Granulaires :

- Un granulat est caractérisé du point de vue granulaire par sa classe d/D.
- Le premier désigne le diamètre minimum des grains d et le deuxième le diamètre maximum D.
- Lorsque d est inférieur à 0.5 mm, le granulat est désigné 0/D.
- Si un seul chiffre est donné, c'est celui du diamètre maximum D exprimé en mm.

Il existe cinq classes granulaires principales caractérisées par les dimensions extrêmes d et D des granulats rencontrées (**Norme NFP18-101**):

- Les fines 0/D avec $D \leq 0,08$ mm,
- Les sables 0/D avec $D \leq 6,3$ mm,
- Les gravillons d/D avec $d \geq 2$ mm et $D \leq 31,5$ mm,
- Les cailloux d/D avec $d \geq 20$ mm et $D \leq 80$ mm,
- Les graves d/D avec $d \geq 6,3$ mm et $D \leq 80$ mm,

Le granulat est dit de classe d/D lorsqu'il satisfait aux conditions suivantes :

Le refus sur le tamis D est compris entre :

- 1 et 15% si $D > 1.56 d$,
- 1 et 20% si $D \leq 1.56 d$

Le tamisat au tamis d est compris entre :

- 1 et 15% si $D > 1.56 d$,
- 1 et 20% si $D \leq 1.56 d$

Le refus sur le tamis 1.56 D est nul,

Le tamisat au tamis 0.63 d < 3%; toutefois pour $D \leq 5$ mm, cette limite est portée à 5%.

VII.1.3.Objectif:

- L'analyse granulométrique consiste à déterminer la distribution dimensionnelle des grains constituant un granulat dont les dimensions sont comprises entre **0,063** et **125 mm**. On appelle:
 - **REFUS** sur un tamis : la quantité de matériau qui est retenue sur le tamis.
 - **TAMISAT** (ou **passant**) : la quantité de matériau qui passe à travers le tamis.

VII.1.4.Principe de l'essai:

- L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de *tamis* un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes.

Les masses des différents refus et tamisats sont rapportées à la masse initiale du matériau.

Les pourcentages ainsi obtenus sont exploités sous forme graphique.

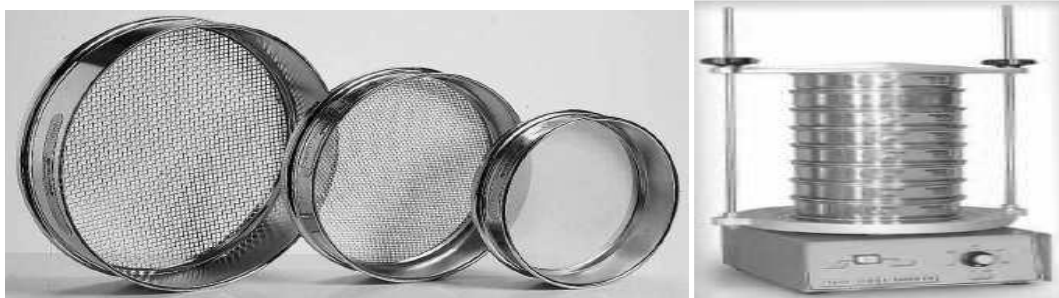


Figure N° 61 ,62: Les mailles et le tamis (Ghomari et Bendi-Ouis, 2008)

VII.1.5.Matériel utilisé :

- Les dimensions de mailles et le nombre de tamis sont choisis en fonction de la nature de l'échantillon et de la précision attendue.
- La norme actuelle (**EN 933-2**) préconise, pour l'analyse granulométrique, la série de tamis suivante en (mm):
0.063, 0.125, 0.25, 0.50, 1, 2, 4, 8, 16, 31.5, 63, 125.

VII.1.6.Résultats :

- Peser le refus du tamis ayant la plus grande maille : soit R1 la masse de ce refus.
- Poursuivre la même opération avec tous les tamis de la colonne pour obtenir les masses des différents refus cumulés ...

- Les masses des différents refus cumulés R_i sont rapportées à la masse totale de l'échantillon m_1 .
- Les pourcentages de refus cumulés ainsi obtenus, sont inscrits sur la feuille d'essai. Le pourcentage des tamisats cumulés sera déduit. (Ghomari et Bendi-Ouis, 2008).

VII.2. Analyses chimiques :

Ceux sont les analyses qui nous rendent compte sur l'état chimique du sol tel que le pH, la conductivité électrique, le taux de CaCO_3 total et actif, le taux de Carbone et matière organique, le taux d'Azote, et tous les éléments qui peuvent exister dans le sol en leurs différentes formes. (Ghanem N)

VII.2.1. Les élément chimique

VII.2.1.1. Le fer :

Le fer est un métal très banal du sol; il présente deux valences (2 et 3).

La précipitation de l'hydroxyde ferrique s'amorce pour le Fe^{3+} à partir de pH 2,3, pour l'hydroxyde ferreux à partir de Fe^{2+} dès pH 5,8. Les deux hydroxydes sont très peu solubles. Seul l'ion ferreux est possible dans un sol.

Le fer peut se trouver impliqué dans des complexes ferro ou ferrisilicique, ferro ou ferriphosphorique; également, il peut participer à des complexes humo-ferriques. Ces complexes ont une importance considérable dans le sol.

Les chélates de fer constitués à partir de produits organiques ou minéraux très divers, sont également nombreux.

Le fer est un des constituants essentiels de l'écorce terrestre. La teneur est comprise suivant les auteurs entre 4,6 et 5,1 j {-;. Ce métal est présent dans de très nombreux minéraux classés accessoires, primaires et secondaires. Les minéraux accessoires n'ont pratiquement pas d'importance en pédologie; il s'agit de sulfures, oxydes, molybdate, phosphates, arsénates, etc.

Le comportement du fer joue un rôle important dans la genèse et les caractéristiques d'un grand nombre de sols, en particulier les sols hydromorphes, podzoliques et ferrallitiques.

Le développement de gley et pseudo-gley est sous la dépendance des mouvements du fer. Les conditions anaérobies, la présence de micro-organismes adéquats, de matière organique fraîche provoquent la synthèse de produits complexant déterminant la migration du fer. (Segalen, 1963).

VII.2.1.2. Le CaO (Oxyde de calcium)

1. Minéraux essentiellement carbonatés (calcite et dolomite) et sulfatés (gypse).
2. Adsorbé sur les particules argileuses et organiques (Capacité d'Echange Cationique).

Même en sol acide, l'ion calcium représente la fraction la plus importante des cations échangeables.

3. En solution dans le sol

La solubilisation de la roche calcaire dissocie le carbonate de calcium en cation Ca^{2+} , et en anion carbonate CO_3^{--} . [5]

- **Rôles du calcium dans le sol**

Le calcium, à l'état ionique ou au sein de composés calciques, joue dans le sol de multiples rôles dont certains sont bénéfiques sur le plan agronomique alors que d'autres peuvent avoir des effets défavorables. Parmi les effets favorables, il faut retenir :

1. Action floculante sur l'argile des ions calcium, nécessaire à l'établissement d'un état structural satisfaisant et stable,
2. Rôle d'échange au niveau des interfaces des colloïdes minéraux, permettant de créer des réserves en éléments nutritifs.

Parmi les effets défavorables d'un excès de calcium, on note insolubilisation: [Action de rendre insoluble. En agronomie, on l'utilise en particulier pour désigner le passage de phosphates de l'état dissous ou assimilable à l'état insoluble (forme tricalcique apatitique)...] des composés phosphatés apportés au sol et le blocage éventuel d'oligo-éléments (en particulier le fer).

Le « calcaire actif » est la fraction du calcaire total la plus susceptible d'induire une « chlorose » chez certaines espèces cultivées (vigne, arbres fruitiers) sensibles à une solubilisation rapide du Ca^{2+} et une insolubilisation du fer. [5]

VII.2.1.3. Le MgO (Oxyde de magnésium)

Dans le sol, le magnésium se rencontre sous 3 états :

1. Minéraux silicatés, argileux et carbonatés
2. Adsorbé sur les particules argileuses et organiques (Capacité d'Echange Cationique)
3. En solution dans le sol

Ces états sont très inégalement représentés puisque leur ratio s'établit à 1000 / 20 / 1

La teneur totale des sols en magnésium est habituellement de l'ordre de 0,2 à 0,8 %, soit 10 à 40 tonnes par hectare dans la couche labourée. Les 2/3 environ se trouvent dans la fraction argileuse.

A la différence du calcium, les composés carbonatés du magnésium ne se trouvent pas en concentration suffisante pour modifier le fonctionnement du sol.

Dans les sols très acides, en présence d'aluminium soluble, le magnésium peut être insolubilisé par précipitation avec des composés de l'aluminium. Il est libéré dès que le pH eau remonte, suite à un chaulage.

Les pertes du sol en magnésium sont principalement dues aux exportations des cultures, au lessivage, au ruissellement et à l'érosion. C'est un élément plus mobile que le potassium dans le sol. [5]

VII.2.1.4. L'Al₂O₃

- **L'aluminium dans les sols**

Trop réactif, l'aluminium ne se trouve, dans la nature, qu'associé à d'autres éléments. Plus de 250 minéraux en contiennent, le plus connu étant la bauxite. Ce minerai provient de l'altération de roches contenant des minéraux argileux (ou silicates d'alumine). Le climat tropical favorise cette dégradation (ce qui était le cas dans les Baux-de-Provence pendant le Crétacé, d'où le nom de bauxite). Dans le sol, on peut trouver l'aluminium sous quatre formes principales : les constituants cristallisés (minéraux argileux), les constituants amorphes (hydroxydes, oxydes, silicates alumineux), les constituants incorporés ou chélatés dans la

matière organique et les constituants adsorbés plus ou moins fortement sur les complexes, (Al^{3+} , $Al(OH)^{++}$, $Al(OH)^{2+}$). Ce dernier groupe, le plus mobile, va être en relation avec les racines des plantes et intéresse donc l'agronome. On connaît depuis 1904 par les travaux de Veitch (**cité par Segalen, 1973**) la propriété de l'aluminium de se fixer sous forme ionique (Al^{3+}) sur le complexe absorbant des sols acides et son extraction possible par les sels neutres. Cet aluminium est appelé parfois aluminium actif ou mobile, mais le plus souvent aluminium échangeable (Aléch), suivant la terminologie anglo-saxonne.

L'aluminium échangeable n'existe que dans les sols acides et surtout fortement acides (**Boyer, 1976**). La lixiviation des cations, très importante en zone subtropicale à forte pluviométrie, entraîne une désaturation du complexe d'échange et l'acidification du sol. Cette acidification provoque la dissolution des minéraux et la libération des ions Al^{3+} qui se fixent alors sur les sites vacants du complexe.

- **Effets de l'excès d'aluminium dans les sols**

L'excès d'aluminium échangeable dans la solution du sol conduit à des toxicités aluminiques pour le végétal, surtout pour des pH eau inférieurs à 5. Si ce risque concerne moins de 1% des sols français, il est présent sur près de 40% des sols agricoles dans le monde (85% pour un pays comme le Rwanda, par exemple), en lien direct avec les niveaux d'acidité (**Source FAO**).

L'excès d'aluminium échangeable inhibe l'activité de la microflore et d'une partie de la microfaune (champignons, bactéries) du sol, même s'il est difficile de distinguer l'effet direct de l'aluminium de celui du pH trop acide. L'aluminium présent sur le complexe absorbant du sol s'oppose, par un effet « tampon », à tout relèvement du pH tant qu'il n'est pas complètement éliminé du complexe. Ainsi, s'il n'est pas tenu compte de l'aluminium dans la politique de chaulage, les apports d'amendement calciques sont souvent très peu efficaces pour le redressement du pH. Enfin, l'aluminium extrait le potassium des sites d'échange et « appauvrit » ainsi le sol (il en est de même pour un amendement calco-magnésien mal géré). Il est par contre facilement déplacé par le calcium. [6]

VII.2.1.5. Le SiO_2 (Le dioxyde de silice)

La silice est composée de silicium et d'oxygène. Il existe 3 isotopes stables de silice, possédant les numéros atomiques 28, 29 et 30, et 5 isotopes radioactifs de numéros atomiques

25, 26, 27, 31 et 32. La silice a été peu étudiée dans le domaine de l'agriculture. La silice ne fait pas partie des 15 éléments absolument indispensables pour la plante, à savoir : C, O, H, N, S, P, K, Ca, Mg, Fe, B, Mn, Mo, Cu, Zn. Les cendres des graminées et de nombreux arbres, constituant les grands espaces verts de la Terre, sont pourtant majoritairement constitués de silice. Et la silice joue également un rôle déterminant dans les cendres des racines d'autres types de plantes. Mais la présence de silice dans l'environnement plus éloigné des plantes est également importante pour elles. La silice permet en effet de capter la lumière et la chaleur, toutes deux indispensables à l'assimilation des plantes. L'actuel manque d'intérêt pour la silice vient du fait que les sols sablonneux siliceux sont parmi les sols les plus pauvres, et ne donnent que difficilement des rendements élevés. Ces sols sont très répandus chez nous dans la région des lacs du nord de l'Allemagne, connue pour être une région agricole pauvre. La culture de ces sols étant limitée, ils ne sont utilisés que pour la constitution de zones forestières.

Après l'oxygène, le silicium est l'élément le plus répandu sur Terre (26,7 %). Mais, dans l'Univers également, la présence du silicium est en moyenne plus fréquente que celle des autres éléments. (Nicolaus).

VII. Etude des données écologiques

VIII.1. Richesse spécifique (S) :

Elle représente un des paramètres fondamentaux caractéristiques d'un peuplement. C'est le nombre total d'espèces que comporte le peuplement considéré dans un écosystème donné. Ce paramètre renseigne sur la qualité d'un milieu, plus (S) est élevée (pour des peuplements équivalents) plus le milieu est riche, donc, complexe et plus il est stable, sur un plan mathématique.

Ce paramètre n'est pas statistiquement interprétable, de plus elle accorde beaucoup de poids écologique aux espèces rares.

On aborde ici une des difficultés essentielles auxquelles se heurte l'écologiste lorsqu'il veut étudier les peuplements, celui de l'échelle d'investigation.

En effet, pour des raisons matérielles- les surfaces à étudier étant souvent considérables- il est contraint de ne prospecter qu'une fraction, de l'écosystème à partir d'un plan d'échantillonnage convenablement conçu.

Dans ces conditions, un autre paramètre, la richesse moyenne S s'avère d'une grande utilité dans l'étude de la structure des peuplements. (Frontier. et Pichod-Viale. 1998).

VIII.2.Richesse moyenne (s):

C'est la moyenne des richesses stationnelle (par relevé), c'est un paramètre statistiquement interprétable et il a l'avantage de réduire quantitativement l'influence des espèces rares. Ce paramètre est également une mesure de l'homogénéité d'un peuplement donc, d'un habitat. Plus la valeur de « s » sera proche de celle de « S » plus le peuplement est homogène, plus il s'en éloigne plus le peuplement est hétérogène. (Frontier. et Pichod-Viale. 1998).

VIII.3.Fréquence relative (f_i) :

$$f_i = \frac{n_i}{N}, f_i \text{ varie de } 0 \text{ à } 1 (0 \leq f_i \leq 1)$$

n_i = c'est l'abondance de l'espèce i dans le peuplement,

N = l'abondance totale du peuplement. (Frontier. et Pichod-Viale. 1998).

VIII.4.Fréquence centésimale (d'occurrence) (F) :

$$F = \frac{r_i}{N} \times 100, (0 \leq F \leq 100)$$

Elle exprime le rapport du nombre de relevés dans lequel l'espèce est présente au nombre total des relevés réalisés. (Frontier. et Pichod-Viale. 1998).

r_i = le nombre de relevés dans lequel l'espèce est présente.

On peut calculer des intervalles de fréquences qu'on appelle la constante :

Exemple si : $F_i \leq 25\% \rightarrow$ espèce rare ou accidentelle

$25\% < F_i \leq 50\% \rightarrow$ espèce commune ou accessoire

$F_i > 50\% \rightarrow$ espèce dominante

VIII.5. Abondance des espèces :

La densité, c'est-à-dire le nombre d'individus de chaque espèce présents par unité de surface, n'est pas nécessairement la meilleure méthode d'étude lorsqu'il s'agit de comparer des peuplements comportant des espèces de taille très variées. L'utilisation des biomasses et (ou) des poids secs par unité de surface représentent une estimation plus précise de l'abondance. Les peuplements végétaux peuvent être étudiés en évaluant l'abondance des diverses espèces qu'ils comportent à partir du pourcentage de la surface du sol couvert par les individus de chaque espèce. (Frontier. et Pichod-Viale. 1998)

Elle constitue un autre paramètre important pour la description de la structure d'un peuplement. C'est le nombre d'individus d'une espèce.

Si on ramène l'abondance à une unité de surface ou de volume nous obtenons **la densité**.

On peut exprimer l'abondance de manière relative ou absolue, on peut la codifier (**Braun-Blanquet. 1936**) :

Exemple :

0 → absent

1 → rare et dispersé

2 → peut rare

3 → abondante

4 → très abondante

VIII.6. Dominance :

Certaines espèces sont très abondantes, donc présentent une fréquence relative élevée. Tandis que d'autres sont rares ou très rares et ne présentent de ce fait qu'une faible fréquence relative dans la communauté considérée. (**Braun-Blanquet. 1936**).

Il y a dominance lorsqu'une ou quelques espèces contrôlent les conditions de milieu qui influent sur les autres espèces. Dans une forêt, l'espèce dominante est un arbre comme le chêne ou le hêtre. Dans une biocénose marine située à proximité du littoral, l'espèce dominante peut être un animal comme la moule.

SIMPSON a proposé comme mesure de la dominance un coefficient dit de concentration de dominance qui a pour expression

$$C = \sum_{i=1}^S \left[\frac{n_i}{N} \right]^2$$

Où S est le nombre total d'espèces présentes dans le peuplement, n_i le nombre d'individus de l'espèce de rang i et N nombre total d'individu. (**Braun-Blanquet. 1936**).

VIII.7.La diversité:

Il y a plusieurs types de diversité. La diversité spécifique, qui se présente sous deux aspects :

1. La variabilité spécifique ou nombre d'espèces par unité de surface.
2. L'équitabilité ou répartition des individus entre les diverses espèces.

Stratification et hétérogénéité spatiale s'ajoutent à la variété et à l'équitabilité spécifique, pour créer la diversité au sein de l'écosystème.

La diversité est difficile à mesurer. On peut l'évaluer en déterminant tout simplement le nombre d'espèces présentes. Une meilleure estimation consiste à calculer un indice de diversité qui tient compte à la fois du nombre d'espèces et de l'abondance numérique de chacune. (**Frontier. et Pichod-Viale. 1998**).

VIII.7.1.L'indice de diversité

L'étude quantitative de la diversité spécifique peut être réalisée selon diverses approches qui sont fondées sur l'usage d'indices de diversité dont la formulation est plus ou moins complexe.

Il y a des indices de diversité spécifique qui expriment la comparaison des peuplements par le simple rapport entre la richesse « S » et le nombre d'individus « N ».

➤ **Indice de SHANON – WIENER : (caractérise la diversité)**

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \text{Log}_2 p_i$$

$P_i = n_i / N$, P_i représentant la probabilité de rencontre de l'espèce de rang i .

L'indice de SHANNON convient bien à l'étude comparative de peuplements parce qu'il est relativement indépendant de la taille de l'échantillon.

H' exprime le degré de complexité d'un peuplement, plus un peuplement est complexe, plus H' est grand. Cette complexité est due à la richesse en espèces, mais H' dépend

également du degré d'équilibre. Plus le peuplement est équilibré et plus H' est grande. Un peuplement est équilibré lorsque les espèces qui le composent ont une distribution d'abondance qui ne soit pas trop hétérogène, c'est-à-dire où il n'y a pas une ou 2 espèces qui dominent et le reste des espèces qui peuvent être considérées comme rares.

Un peuplement dans lequel domine un faible nombre d'espèces indique généralement l'existence dans le milieu d'un facteur prépondérant (distingué) (salinité, sécheresse, pollution, ...) qui crée ainsi un milieu spécialisé favorable à un petit nombre d'espèces ; ce milieu est simple contraignant et il est la cause de déséquilibre de la distribution d'abondance des espèces qui l'exploitent, à l'inverse un peuplement équilibré traduit un milieu complexe dans lequel plusieurs ressources sont disponibles permettant à plusieurs espèces de s'y exprimer. (Frontier. et Pichod-Viale. 1998).

VIII.7.2.L'équitabilité ou taux d'égalité numérique :

$$E = H' / H'_{\max}$$

Il peut être plus commode de formuler la diversité de sorte que son expression soit proportionnelle au nombre d'espèces en utilisant l'expression : $d = e^{H'}$

H' = diversité calculée

La diversité potentielle maximale est H'_{\max} elle correspond au cas où toutes les espèces sont représentées chacune par le même nombre d'individus, on trouve $H'_{\max} = \log_2 S$

L'équitabilité varie entre 0 et 1, elle tend vers 1 quand la quasi totalité des effectifs correspond à une seule espèce du peuplement et tend vers 0 lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus. (Frontier. et Pichod-Viale. 1998).

VIII. Méthode d'analyses numériques des données de terrain

IX.1. Analyse factorielle des correspondances :

L'analyse factorielle des correspondances (AFC), ou analyse des correspondances simples, est une méthode exploratoire d'analyse des tableaux de contingence. Elle a été développée par Benzecri durant la période 1970-1990.

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) n'est qu'un cas particulier des analyses multivariées qui toutes relèvent de la théorie mathématique des analyses

canoniques généralisées. Toutes ces méthodes visent à dégager les grandes tendances dans l'organisation d'un ensemble de données par le biais d'une hiérarchie de facteurs, chaque facteur dégageant une cohérence partielle de données. Toutes visent à rapprocher/opposer les individus ou éléments entre eux par le fait qu'ils ont des valeurs "proches/Véloignées (mais la notion de distance est variable selon les méthodes) pour les mêmes caractères ou variables ; toutes visent à rapprocher/opposer les variables entre elles par le fait qu'elles ont des valeurs "proches/Véloignées pour les mêmes individus. Toutes visent à rapprocher les individus des variables. Toutes utilisent, pour ce, des calculs matriciels. **(Robert).**

CHAPITRE III : Résultats et interprétations

CHAPITRE III : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

I. Etude du sol

I.1. Analyses granulométrique du sol

Tableau N°08 : Analyse granulométrique du sol

Maille en mm	Taux %
>10	8,0
8,0 – 10	1,9
5,0 – 8	7,4
3,5 – 5,0	4,9
2,0 – 3,5	5,8
1,0 – 3,5	14,6
0,5 – 1,0	19,2
0,2 – 0,5	18,6
<0,2	19,6

I.1.1. L'interprétation

Dans les résultats on a 9 classes du Maille en mm, et en divisent dans 3 types du granulat : Sable, Gravier, Gravillons.

- On commence avec le 1ere type du granulat « Sable » il contient 5 premiers classes avec pourcentage totale 77.8 % :

- 1ere et 2eme classes désigne le sable a majorité de grains fins avec $d < 0.2$ mm (d-le diamètre minimale) et $D = 0.5$ mm (D- le diamètre maximum), et pourcentage générale 38.2%.
- 3eme et 4eme classe c'est un sable normale (moyen) leur diamètre et entre $d = 0.5$ mm et $D = 2$ mm, et le pourcentage générale c'est 33.8%.
- Le dernier classe c'est le 5eme classe, c'est sable plus grossier leur diamètre est entre $d = 2$ mm et $D = 3.5$ mm, et le pourcentage c'est 5.8%.

- Le 2eme type du granulat c'est « le Gravier », qu'il contient le 6eme classe, diamètre entre $d = 3.5$ mm et $D = 5$ mm, et le pourcentage 4.9 %.

- 3eme type du granulat c'est « le Gravillons » qu'il contient les 3 dernières classes avec pourcentage générale 17.3% :

- Le classe n° 7 c'est gravillons petit, leur diamètre est $d=5$ mm et $D=8$ mm et le pourcentage est 7.4%.
- Le classe n° 8 c'est gravillons moyen, leur diamètre est $d=8$ mm et $D=10$ mm et le pourcentage est 1.9%.
- Le classe n° 9 c'est gravillons plus gros, leur diamètre est supérieur à 10 mm et le pourcentage est 8%.

I.2.Analyse chimique du sol

Tableau N°09 : Analyse chimique du sol

Les compositions	Pertes au feu	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	Fe	SiO ₂
Ech sol %	13,07	3,57	2,99	0,80	6,22	18,78

I.2.L'interprétation

En voire que les résultats de cette analyse donne que l'élément le plus courent c'est le SiO₂ (Dioxyde de silicium) en 18.78%, après on a le Fe (Le Fer) avec pourcentage de 6.22%. Le 3eme c'est l'Al₂O₃ (oxyde d'aluminium-(aérogel)) en 3.57%, et le MgO (oxyde de magnésium) en 2.99%. AU dernier on a le CaO (oxyde de calcium) en 0.80%.

II. Analyses des paramètres environnementaux

II.1.La densité végétale du sol et de ciel

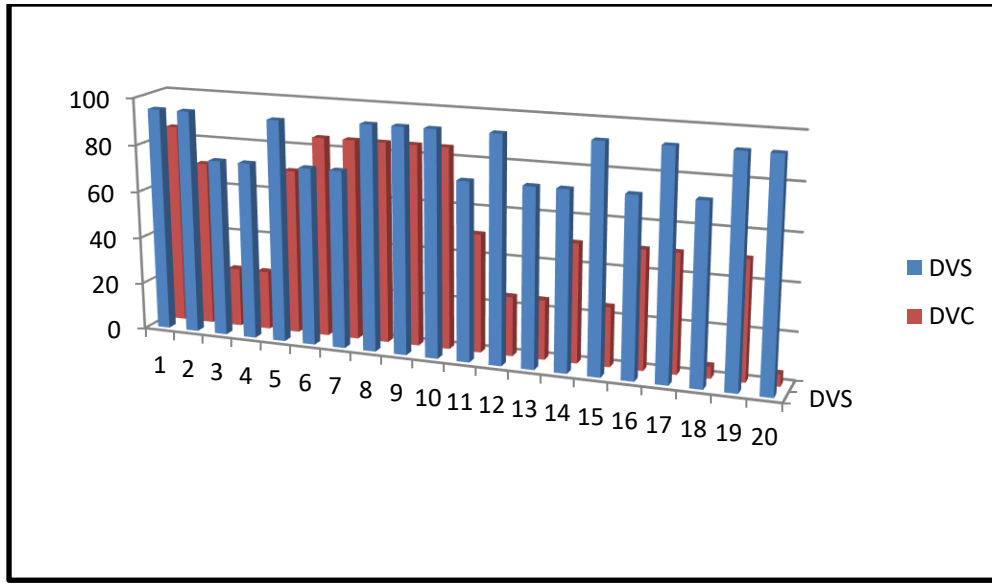


Figure N°63 : Evolution du recouvrement végétal du sol et du ciel

II.1.1. L'interprétation

II.1.1.1. Densité végétale sol (DVS)

Globalement, le pourcentage du DVS dans les 20 stations (stations échantillonnées) est plus abondant dans les stations 1,2,5,8,9,10,12,15,17,19 et 20.

Chacune a été présentée par 95% du taux de recouvrement global, mais en taux moine dans les autres stations 3, 4, 6, 7, 11, 13, 14,16 et 18 qui ont un pourcentage de 75%.

II.1.1.2. Densité végétale ciel (DVC)

Dans le graphe on voit que la DVC est plus important en 1, 2, 5, 6, 7, 8,9 et 10, chaque station est présentée un taux de recouvrement de 85%, sauf que 2 et 5 qui ont 70%.

Le pourcentage est plus faible dans les stations 3, 4, 12, 13, 15, 18 et 20, avec 25% pour chaque station et 5% pour les deux dernières stations.

II.2. Le pourcentage de la pierre et la litière

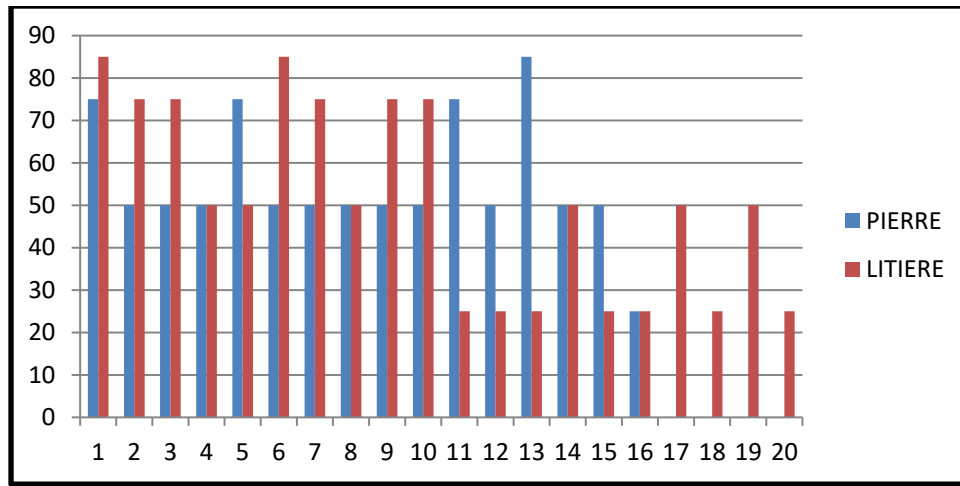


Figure N°64 : Variabilité du recouvrement du sol en pierre et en litière

II.2.1.L'interprétation

II.2.1.1.Pierre

Les pourcentages de la pierre est plus abondant dans les stations 1, 5, 11 et 13. Le dernier est le plus élevé avec pourcentage de 85% et les autres stations de 75%.

Par contre le pourcentage est plus faible dans la station 16 avec 25%, et nul dans les quatre dernière stations (17, 18, 19, 20).

II.2.1.2.Litière

Généralement le pourcentage le plus abondant c'est dans les stations 1 et 6 avec 85%, et un pourcentage de 75% dans les relevés 2, 3, 7, 9 et 10.

On voir que le taux est faible dans les stations 11, 12, 13, 15, 16, 18 et 20 avec 25%.

III. Etat de la flore

III.1. Matrice des espèces

Tableau N°10 : Inventaire des espèces étudiées et leur abondance relatifs

N°	Les noms des espèces	La strate	ni	Pi
01	<i>Funaria hygrometrica</i>	Bryo-lichénique	27	09
02	<i>Cynodon dactylon</i>	Herbacée	56	20
03	<i>Tétragonolobus biflorus</i>	Herbacée	42	15
04	<i>Hyoseris radicata</i>	Herbacée	30	15

05	<i>Erodium botrys</i>	Herbacée	44	17
06	<i>Asphodellus aestivus</i>	Herbacée	46	18
07	<i>Rubia perigrina</i>	Herbacée	10	04
08	<i>Cardamine sp</i>	Herbacée	14	07
09	<i>Pulicaria odora</i>	Herbacée	24	10
10	<i>Vicia hirsuta</i>	Herbacée	11	05
11	<i>Carex flacca</i>	Herbacée	05	02
12	<i>Diploaxis erucoïdes</i>	Herbacée	32	14
13	<i>Sherardia arvensis</i>	Herbacée	30	13
14	<i>Arisarum vulgare</i>	Herbacée	17	08
15	<i>Anagalis arvensis</i>	Herbacée	19	09
16	<i>Ranunculus macrofolius</i>	Herbacée	08	04
17	<i>Hépatica, hépatique</i>	Herbacée	02	01
18	<i>Scilla autumnalis</i>	Herbacée	02	01
19	<i>Bellis annua</i>	Herbacée	12	06
20	<i>Veronica arvensis</i>	Herbacée	10	05
21	<i>Mercurialis annua</i>	Herbacée	06	03
22	<i>Fumaria capreolata</i>	Herbacée	05	02
23	<i>Euphorbia peplus</i>	Herbacée	12	06
24	<i>Valerianella sp</i>	Herbacée	02	01
25	<i>Veronica cymbalaria</i>	Herbacée	09	03
26	<i>Senecio leucanthemifolius</i>	Herbacée	12	05
27	<i>Ranunculus muricatus</i>	Herbacée	06	03
28	<i>Galactites tomentosa</i>	Herbacée	22	09
29	<i>Sonchus oleraceus</i>	Herbacée	07	03
30	<i>Ficaria verna</i>	Herbacée	17	08
31	<i>Cerastium glomeratum</i>	Herbacée	04	02
32	<i>Daucus carota</i>	Herbacée	08	04
33	<i>Geranium robertianum</i>	Herbacée	08	04
34	<i>Linaria reflexa</i>	Herbacée	08	04
35	<i>Sisymbrium officinale</i>	Herbacée	04	01
36	<i>Poa annua</i>	Herbacée	02	01
37	<i>Poterium sanguisorba</i>	Herbacée	02	01

38	<i>Theligonum cynocrambe</i>	Herbacée	03	01
39	<i>Lamium hybridum</i>	Herbacée	06	03
40	<i>Potentilla sp</i>	Herbacée	02	01
41	<i>Ornithopus compressus</i>	Herbacée	14	07
42	<i>Hypericum perforatum</i>	Herbacée	04	02
43	<i>Biscutella didyma</i>	Herbacée	04	02
44	<i>Fedia cornucopiae</i>	Herbacée	08	04
45	<i>Glyceria natans</i>	Herbacée	02	01
46	<i>Rosa canina</i>	Arbuste	14	07
47	<i>Silene gallica</i>	Herbacée	06	03
48	<i>Cynara cardunculus</i>	Herbacée	06	03
49	<i>Eryngium dichotomun</i>	Herbacée	08	04
50	<i>Rumex bucephalophorus</i>	Herbacée	06	03
51	<i>Linum usitatissimum</i>	Herbacée	12	06
52	<i>Alium roseum</i>	Herbacée	08	04
53	<i>Malva sylvestris</i>	Herbacée	08	04
54	<i>Hydesarum coronarium</i>	Herbacée	06	03
55	<i>Trifolium repens</i>	Herbacée	20	10
56	<i>Plantago lanceolata</i>	Herbacée	06	03
57	<i>Euphorbia biumbellata</i>	Herbacée	08	04
58	<i>Ranunculus sardous</i>	Herbacée	08	04
59	<i>Trifolium dubium</i>	Herbacée	06	03
60	<i>Orobanche purpurea</i>	Herbacée	02	01
61	<i>Genista vlicina</i>	Arbuste	06	03
62	<i>Teucrium fruticans</i>	Arbuste	06	03
63	<i>Citrusus biflorus</i>	Herbacée	08	04
64	<i>Asparagus acutifolius</i>	Herbacée	09	04
65	<i>Cistus salviifolius</i>	Herbacée	22	10
66	<i>Geranium dissection</i>	Herbacée	17	08
67	<i>Pulicatea odora</i>	Herbacée	08	04
68	<i>Clematis flamula</i>	Herbacée	10	05
69	<i>Clematis cerrhosa</i>	Herbacée	06	03
70	<i>Medicago rigidula</i>	Herbacée	12	06

71	<i>Rumex conglomeratus</i>	Herbacée	04	02
72	<i>Anthémis arvensis</i>	Herbacée	04	02
73	<i>Sedum cueruleum</i>	Herbacée	04	02
74	<i>Tuberaria gutata</i>	Herbacée	08	04
75	<i>Cistus monspeliensis</i>	Arbuste	26	11
76	<i>Myrtus communis</i>	Arbuste	23	09
77	<i>Crataegus monogyna</i>	Arbuste	13	05
78	<i>Pistacia lentiscus</i>	Arbuste	18	07
79	<i>Arbutus unedo</i>	Arbuste	10	05
80	<i>Olea europaea</i>	Arboré	16	08
81	<i>Prunus spinosa</i>	Arboré	04	02
82	<i>Phillyrea latifolia</i>	Arbuste	05	02
83	<i>Daphne gnidium</i>	Arbuste	17	07
84	<i>Rubus ulmifolius</i>	Arbuste	09	04
85	<i>Genista ferox</i>	Arbuste	02	01
86	<i>Eryngium tricuspdatum</i>	Herbacée	02	01
87	<i>Orchis italica</i>	Herbacée	02	01
88	<i>Matricaria discoides</i>	Herbacée	06	03
89	<i>Erica arborea</i>	Arbuste	13	05
90	<i>Salvia officinalis</i>	Arbuste	11	05
91	<i>Prunus angustifolia</i>	Arboré	04	02
92	<i>Clematis flanu</i>	Liane	02	1
93	<i>Rubus fruticosus</i>	Arbuste	02	1
94	<i>Smilax aspera</i>	Liane	39	14
95	<i>Thymus ciliatus</i>	Arbuste	06	03
96	<i>Lavandula stoechas</i>	Arbuste	14	06
97	<i>Calycotome villosa</i>	Arbuste	18	08
98	<i>Dremia maritima</i>	Herbacée	26	12
99	<i>Quercus suber</i>	Arboré	26	13
100	<i>Quercus coccifera</i>	Arboré	02	01
101	<i>Simitis planifolia</i>	Herbacée	04	02
102	<i>Hypochaeris radicata</i>	Herbacée	12	06
103	Semi chêne liège	Arboré	13	06

104	<i>Asparagus aphyllus</i>	Liane	14	07
105	<i>Allium ampeloprasum</i>	Herbacée	12	04
106	<i>Foeniculum vulgare</i>	Herbacée	09	04
		La Somme	1246	552

III.2. Etat de la stratification:

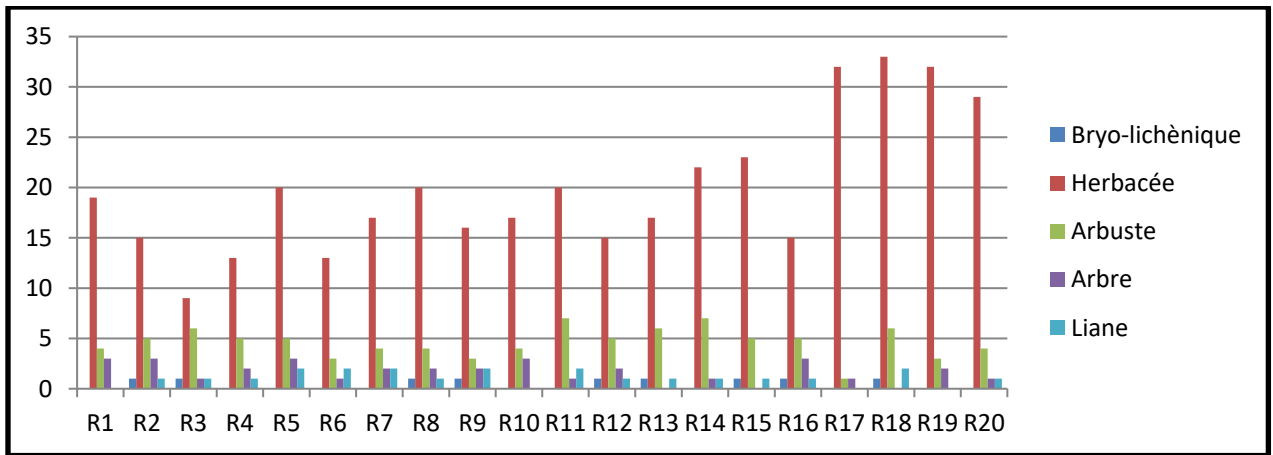


Figure N°65 : Evolution de la stratification

III.2.1.L'interprétation

Bryo-lichénique :

C'est seul espèce qui présente cette strate (*Funaria hygrometrica*).

Il ya 9 stations que l'on trouve cette espèce, ce sont les stations n°2, n°3, n°8, n°9, n°12, n°13, n°15, n°16 et n°18.

Herbacée :

Ce strate est représentée le plus grand nombre des espèces dans toutes les strates, avec 78 espèces. Dans les quatre dernières stations n°17, n°18, n°19 et n°20, on a le plus grand nombre des espèces de strate herbacée, avec 32 espèces pour les stations 17 et 19, 33 espèces pour la station 18 (c'est la plus abondante), et 29 espèces pour la dernière (station 20).

La plus faible est la station 3 avec 9 espèces. Les restes ce représentent des nombre moyens à bon, de 13 à 23 espèces.

Arbuste :

La strate arbuste représente en générale 18 espèces, c'est la 2^{ème} après la strate herbacée.

On a les stations n°3, n°11, n°13, n°14 et n°18 qui représente le plus grande nombre de ce strate, avec 6 espèces pour les stations n°3, n°13 et n°18, 7 espèces pour les stations n°11 et n°14. Les stations n°6, n°9, n°17 et n°19 représentent le nombre le plus faible avec 3 espèces sauf que la station 17 représente une seul espèce.

Arboré :

En générale, on a 5 espèces d'arbre que l'on trouve. Cette strate est le 3^{ème} après la strate arbuste dans le nombre totale des espèces.

On a 3 arbres dans les stations suivantes : n°1, n°2, n°5, n°10 et n°16 (les plus forts). 2 arbre pour les stations n°4, n°7, n°8, n°9, n°12 et n°19 , et une arbre pour les stations n°3, n°6, n°11, n°14, n°17 et n°20. Les restes stations est nul.

Liane :

La strate liane ce représente 3 espèces, c'es-a-dire est le 4^{ème} après la strate arboré.

Les stations n°5, n°6, n°7, n°9, n°11 et n°18 représentent 2 espèces (c'est le nombre le plus fort), et une seul espèce pour les stations n°2, n°3, n°4, n°8, n°12, n°13, n°14, n°15, n°16 et n°20. Les autre stations est nul.

III.3.Etat phénologique du Chêne liège :

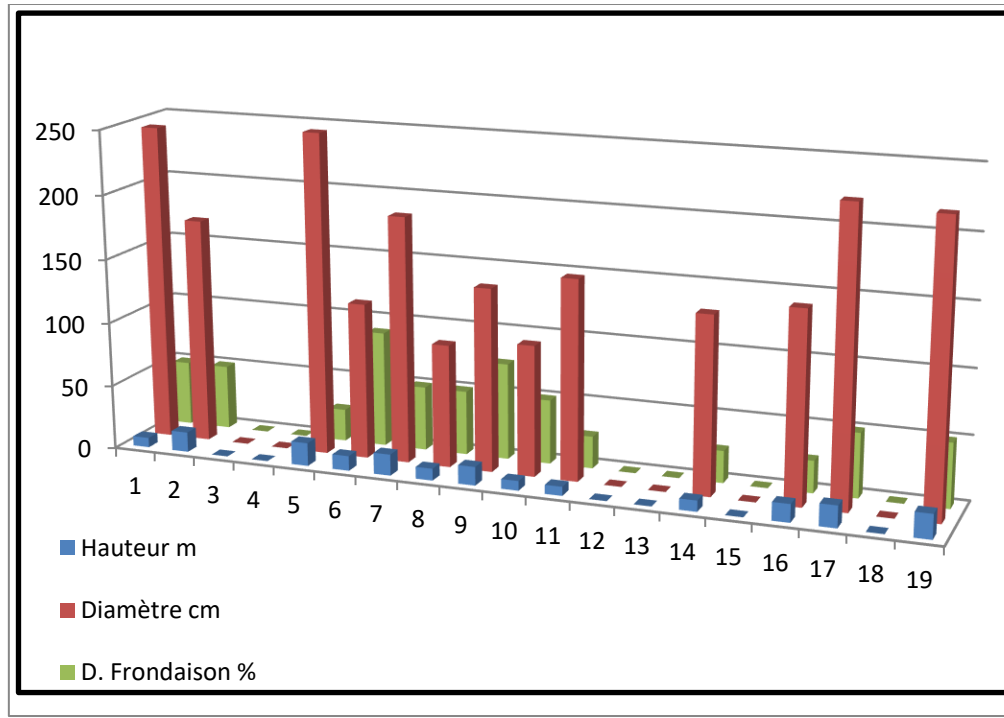


Figure N°66 : Evolution de la phénologie du *Quercus suber*

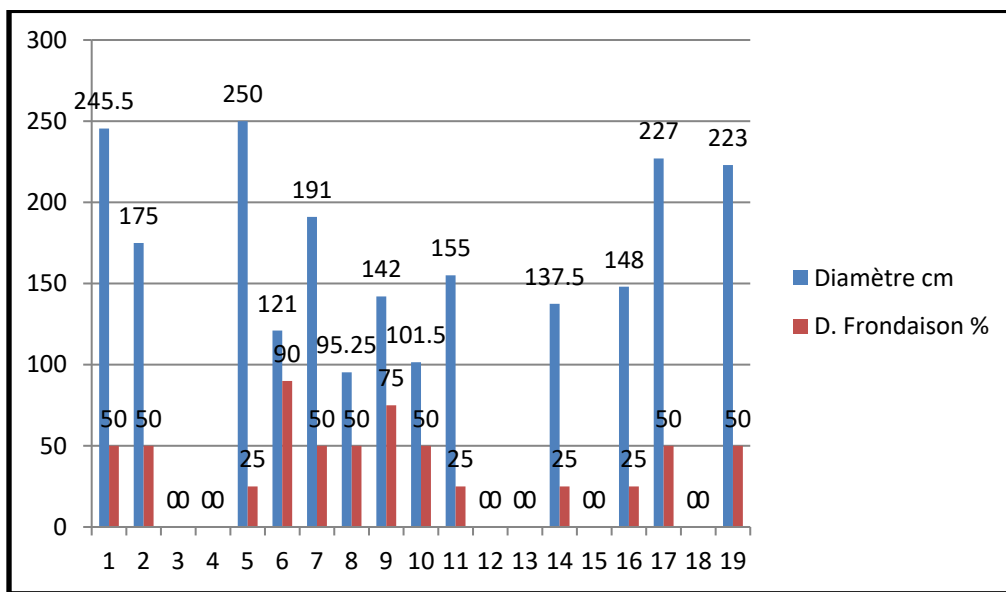


Figure N°67 : Effet du diamètre sur la densité des frondaisons du Chêne liège

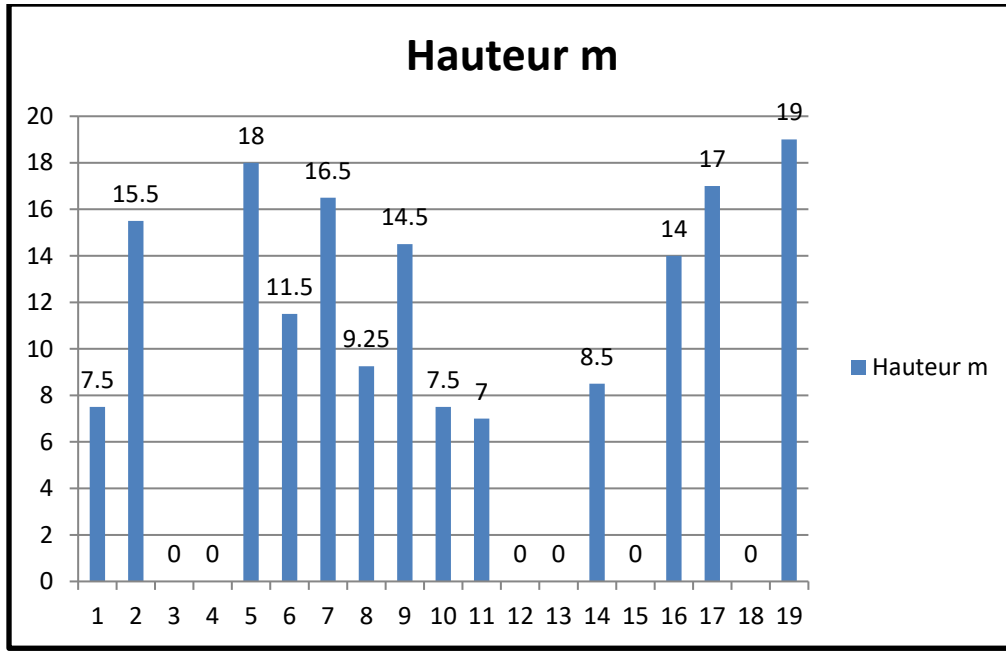


Figure N°68 : Evolution de la hauteur du Chêne liège

III.3.1.L'interprétation

III.3.1.1.Nombre d'individus

En générale le nombre des individus né pas stable dans chaque stations.

Les stations 6, 7 et8 sont les plus abondantes a par rapport aux autre stations, et leur taux est comme suit : le premier avec 3 individus et les deux autre avec 4 individus (c'est les meilleures). Mais dans les stations 3, 4, 12, 13, 15, 18 et 20 le nombre d'individus est nul.

III.3.1.2.Hauteur

Le moyenne de l'hauteur est défirrent de chaque stations, en a les stations 5, 17 et 19 ont les moyennes le plus supérieur, la station n°5 avec 18 m, la station n° 17 avec 17 m et le n°19 avec 19 m.

Le contraire dans les stations 1, 10 et 11, ont le plus faible moyen.

Ces stations représentent un moyen de 7,5 m pour les deux premiers, et 7 m pour le dernier.

III.3.1.3.Diamètre

On voir que le taux de diamètre est très différent de chaque stations, c'est-a-dire un taux instable. Les stations les plus abondantes c'est les quatre suivantes : 1, 5, 17 et 19, et leur taux

sont respectivement de 245,5 cm, 250 cm (le plus supérieure), 227 cm et 223 cm. Et pour les plus faibles sont les stations 6, 8 et 10 avec les taux suivants : 121 cm pour le premier, 95 cm pour le deuxième, et 25 cm pour le dernier.

III.3.1.4.D. frondaison

La densité frondaison varie selon l'intensité des arbres touchant par le feu et leur vitesse de résilience.

En voir que les stations 6 et 9 est les plus supérieures dans le taux de D. frondaison, avec pourcentage de 90% pour la station 6, et 75% pour la station 9.

Pour les plus moins de taux de la D. frondaison ce sont les stations n° 5, 11, 14 et 16 avec un taux de 25% pour chacune.

IV. Analyses numérique des données floristiques

IV.1. La richesse spécifique

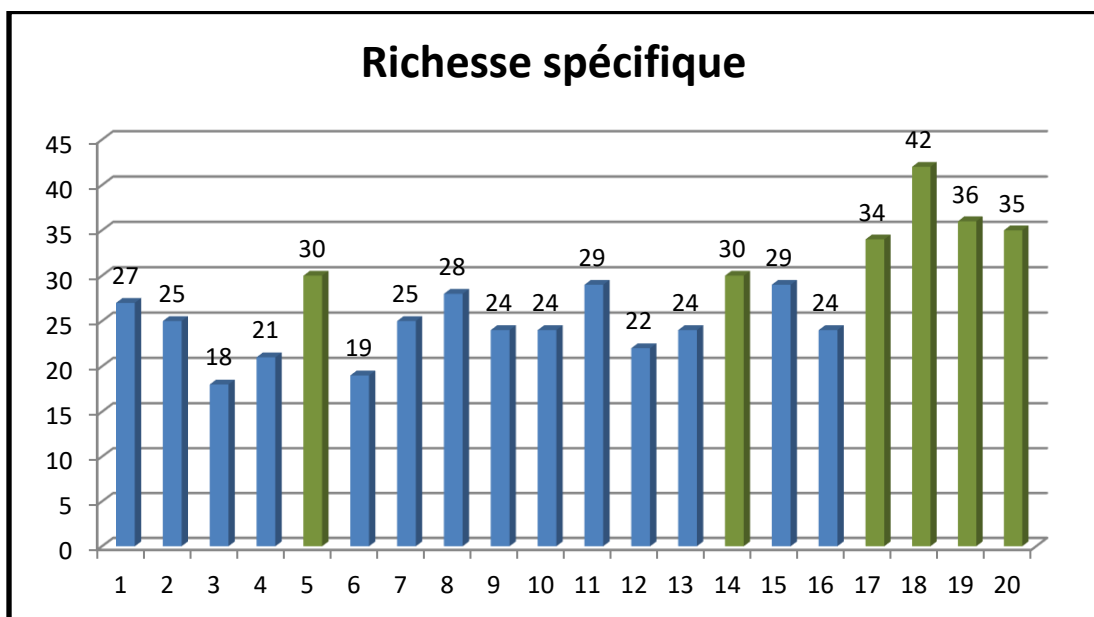


Figure N°69 : Evolution de la richesse spécifique de chaque station

IV.1.1. L'interprétation

La richesse spécifique c'est très importante pour mieux comprendre de la distribution des espèces et aussi la qualité de milieu d'étude. Nos analyses numériques permettant de donnée une richesse spécifique entre 18 et 42.

On voir que Il ya 6 stations qui présentent une richesse élevé, ce sont les stations 5, 14, 17, 18, 19 et 20, avec les taux suivantes : 30 pour les deux premières stations et les autres leur taux est comme suit 34, 42, 36 et 35. Donc ces stations ce sont les plus riches, complexes et plus stables.

Les stations 3, 4, 6 et 12 présentent une richesse faible, il est représenté par les valeurs suivantes ; 18, 21, 19 et 22. Donc ces stations moins stables a par rapport aux autres.

Les restes stations ont une richesse spécifique moyenne.

IV.2. Variation de la fréquence

IV.2.1. La fréquence centésimale :

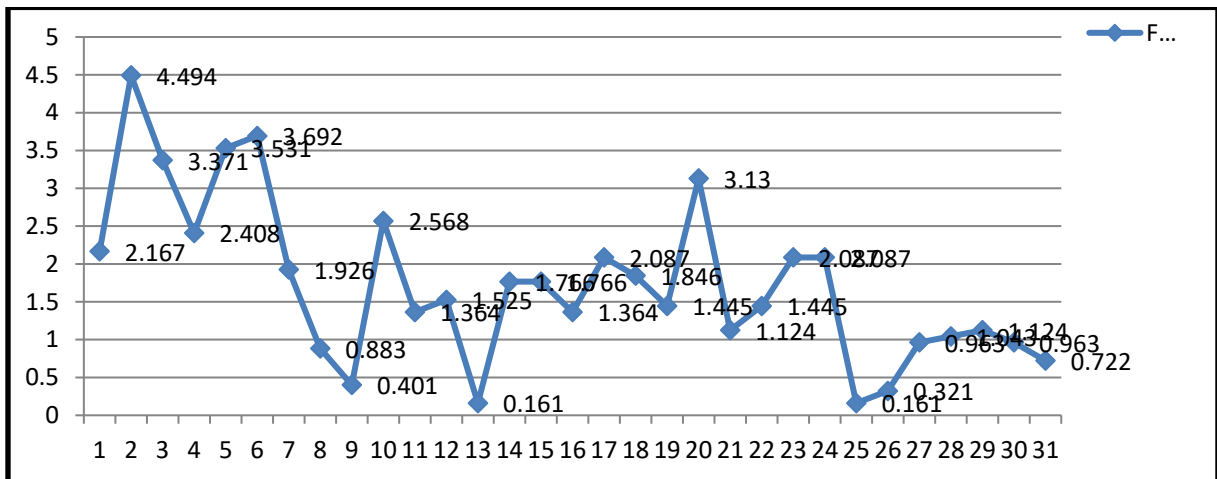


Figure N°70 : Représentes la fréquence centésimale

IV.2.1.1. L'interprétation

En voir que la fréquence centésimale elle n'a pas stable chez toute les espèces. La fréquence est entre 4,494 au maximum, et 0,161 au minimum. Les espèces qui présentent une fréquence plus abondante ce sont : n°2(*Cynodon dactylon*) avec 4,494 est le plus abondante, n°3(*Tétragonolobus biflorus*) avec 3,371, n°4(*Hyoseris radicata*) avec taux de 2,408, n°5(*Erodium botrys*) leur taux est 3,531 et n°6(*Asphodellus aestivus*) avec 3,692.

IV.2.2.La fréquence d'occurrence :

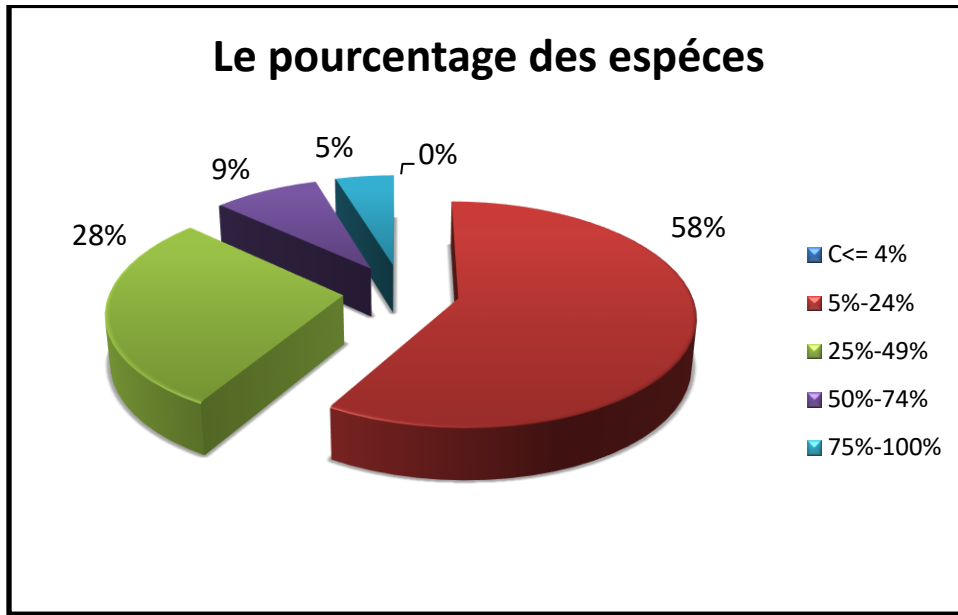


Figure N°71 : Variabilité de la classe des fréquences d'occurrence pour les espèces étudiées

IV.2.2.1. L'interprétation

Ce graphe est représenté les pourcentages des différentes classes de la fréquence d'occurrence (C). Il ya 5 classes :

1^{ère} classe (C < 4%) :

Leur pourcentage est nul, aucune espèce n'a ce pourcentage. C'est-à-dire né a pas une espèce rare.

2^{ème} classe (5%-24%) :

C'est la classe qui a une pourcentage plus importante a par rapport au autres 58% (62 espèce, ce sont les espèces suivante : n°7, n°11, n°16, n°17, n°18, n°21, n°22, n°24, n°25, n°27, n°29, n°31, n°32, n°33, n°34, n°35, n°36, n°37, n°38, n°39, n°40, n°42, n°43, n°44, n°45, n°47, n°48, n°49, n°50, n°52, n°53, n°54, n°56, n°57, n°58, n°59, n°60, n°61, n°62, n°63, n°64, n°67, n°69, n°71, n°72, n°73, n°74, n°81, n°82, n°84, n°85, n°86, n°87, n°88, n°91, n°92, n°93, n°95, n°100, n°101, n°105, n°106. **Voir le Tableau 10).**

Ces espèces on l'appelle espèces accidentelles, puisque ils ont un taux de fréquence de 5% à 24%.

3^{ème} classe (25%-49%) :

Cette classe est la 2^{ème} classe dans le taux, elle représente un pourcentage de 28% (30 espèces, ce sont les suivantes : n°1, n°8, n°10, n°14, n°15, n°19, n°20, n°23, n°26, n°28, n°30, n°41, n°46, n°51, n°66, n°68, n°70, n°76, n°77, n°78, n°79, n°80, n°83, n°89, n°90, n°96, n°97, n°102, n°103, n°104. **Voir le Tableau 10**).

Ces espèces qui ont un taux de fréquence entre 25% et 49%, ce sont des espèces accessoires.

4^{ème} classe (50%-74%) :

Cette classe est la 3^{ème} dans le taux de la fréquence avec un pourcentage de 9% (09 espèces qui représentent cette classe, ce sont les espèces suivantes : n°9, n°12, n°13, n°55, n°65, n°75, n°94, n°98, n°99. **Voir le Tableau 10**).

Ces espèces qui représentent le taux de fréquence de 50% à 74% on l'appelle des espèces régulières.

5^{ème} classe (75%-100%) :

La 5^{ème} classe leur pourcentage est le plus faible de 5% (5 espèces qui représentent cette classe, et ce sont : n°2, n°3, n°4, n°5, n°6. **Voir le Tableau 10**).

On appelle des espèces constantes puisque ils ont un taux de fréquence plus fort de 75% à 100%.

IV.3.L'abondance

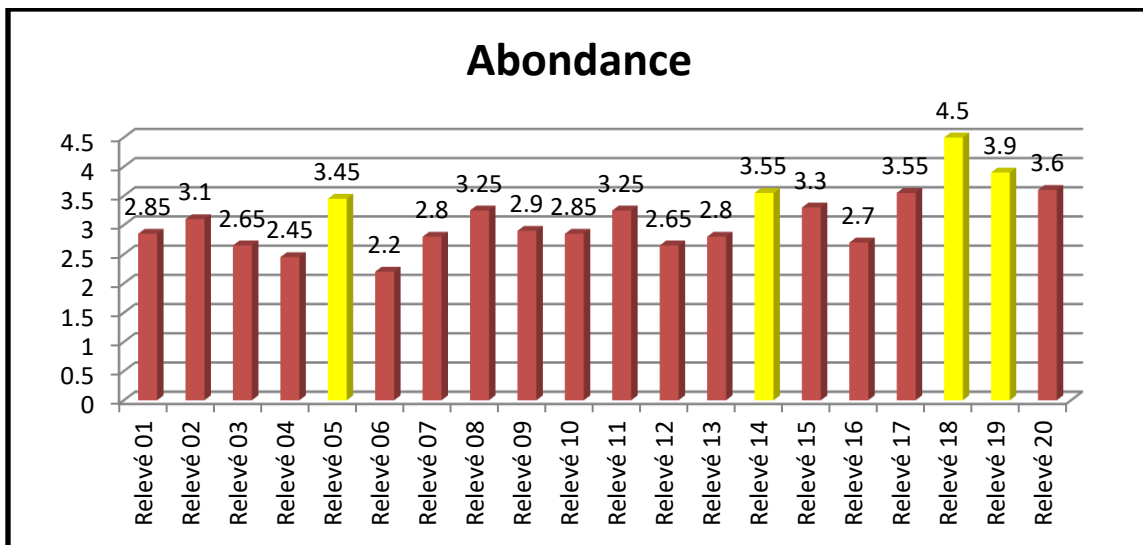


Figure N°72 : Variation de l'abondance spécifique de chaque station

IV.3.1. L'interprétation

Pour bien comprendre de la structure des peuplements en calcule l'abondance de chaque station, c'est-a-dire le nombre d'individus de chaque espèces présente par unité de surface.

Après les calcules on voir que il ya 4 stations ont une abondance très importante, ce sont les stations suivantes : 5, 14, 18 et 19 et leur taux d'abondance sont respectivement de 3,45 ; 3,55 ; 4,5 et 3,9.

D'autre côté on a 5 stations qui présente une abondance faible ce sont 3, 4, 6, 12 et 16 et leur taux est comme suit : 2,65 ; 2,45 ; 2,2 ; 2,65 et 2,7. Les restes représentent une abondance moyenne.

IV.4. La dominance:

La dominance est calculée avec l'expression suivante : (proposait à partir de SIMPSON)

$$C = \sum_{i=1}^s \left[\frac{n_i}{N} \right]^2$$

Après les calcules en a la valeur suivante 0.01681 comme une dominance totale

IV.5. Evaluation de la diversité (l'indice de Shannon):

H'(l'indice de Shannon) exprime le degré de complexité d'un peuplement, plus un peuplement est complexe, plus **H'** est grand. Cette complexité est due à la richesse en espèces, mais **H'** dépend également du degré d'équilibre. **H'** calculé était de 6,2682 bit, et **H'max** était de 6,7281 bit. C'est-a-dire notre région d'étude est composés une biodiversité spécifique très grande et aussi une distribution d'abondance très équilibrée.

Il ya des espèces qui étaient représentées mieux que d'autres. En effet, avec une équitabilité déduite 0,9316 de notre biotope semble bien être dans une situation d'équilibre, et continue son évolution vert un état plus stable

IV.6. Emergence de la végétation :

IV.6.1. Le graphe AFC des stations

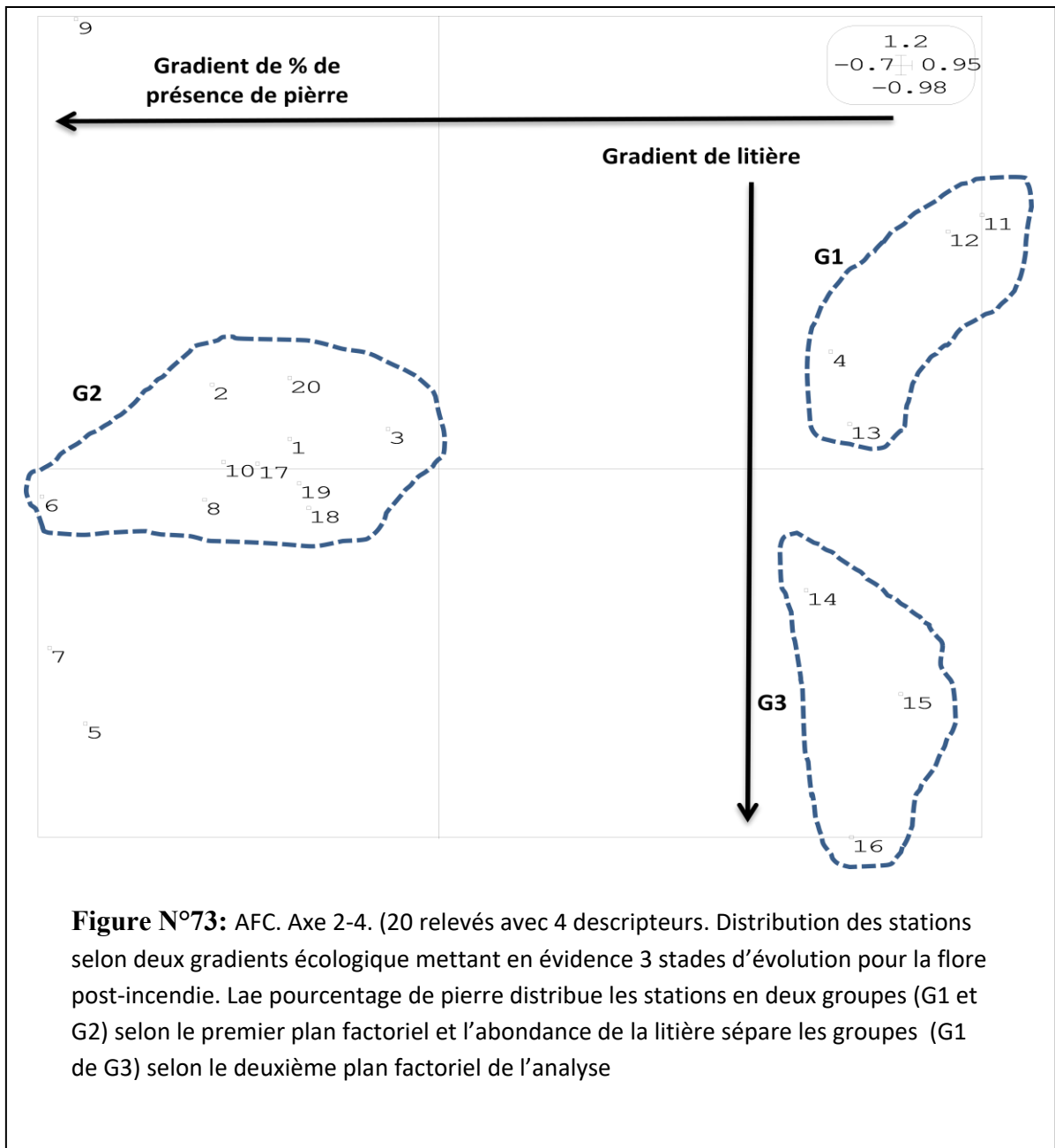


Figure N°73: AFC. Axe 2-4. (20 relevés avec 4 descripteurs. Distribution des stations selon deux gradients écologique mettant en évidence 3 stades d'évolution pour la flore post-incendie. Le pourcentage de pierre distribue les stations en deux groupes (G1 et G2) selon le premier plan factoriel et l'abondance de la litière sépare les groupes (G1 de G3) selon le deuxième plan factoriel de l'analyse

IV.6.2. Le graphe AFC des espèces

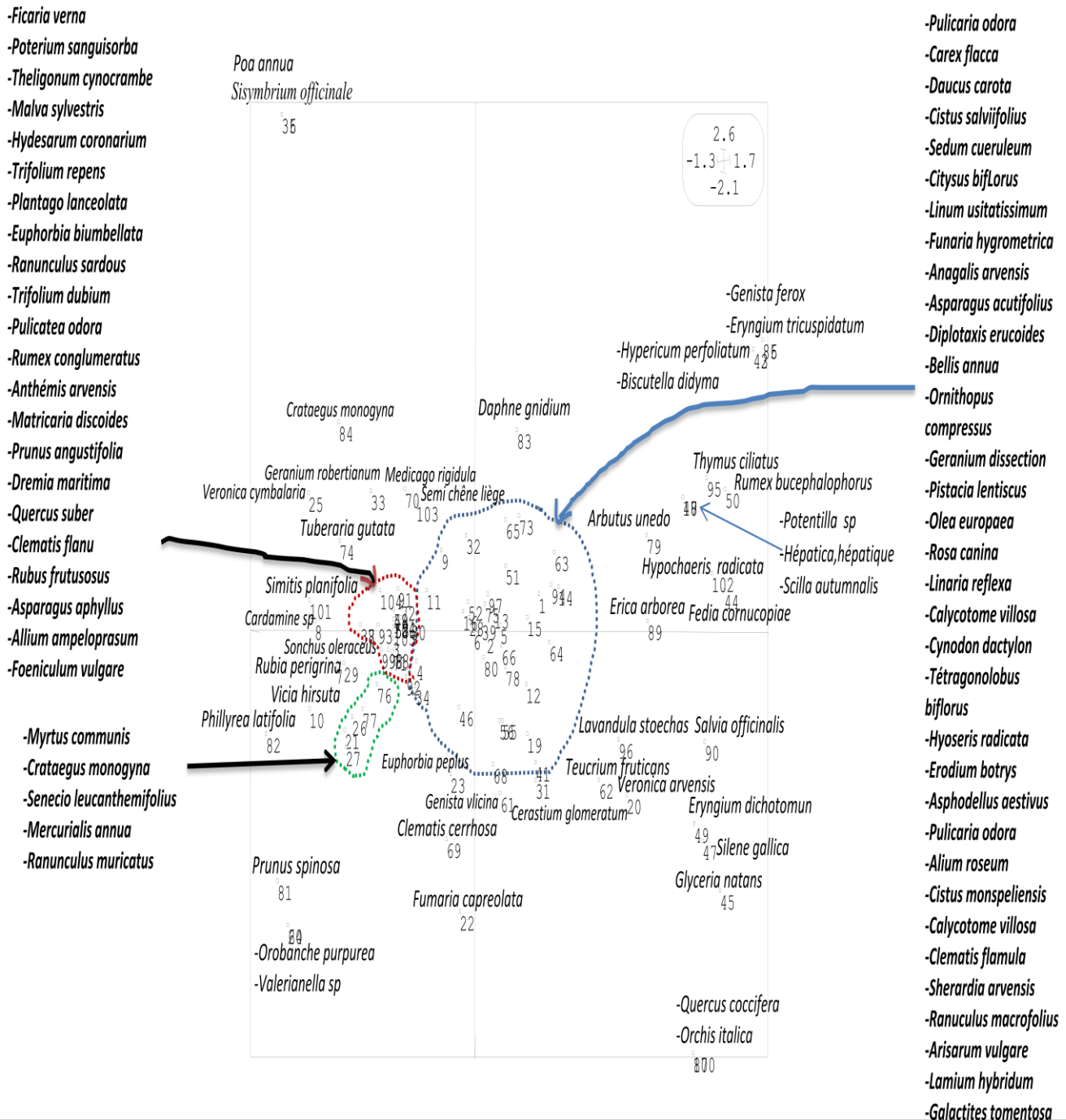


Figure N°74: AFC. Axe 2-4. (20 relevés avec 106 espèces. Distribution des espèces selon deux gradients saisonniers mettant en évidence 2 groupements végétales indiquant le degré d'émergence de la flore post-incendie du site d'étude une année et demie après. L'analyse met en évidence l'importance des espèces les plus caractéristiques de la subéraie. Aussi on les séparant dans le plan factoriel des espèces caractérisant le stade juvénile o

I. DISCUSSION

Le couvert végétal est varié dans sa distribution et aussi sa diversité selon le climat et les facteurs Topographique. Aujourd'hui, l'évolution humaine avec leur différent secteurs, est causent des différentes impacts sur le climat, est comme conséquences les variations du climat entrainé une multitude des changements sur la couvert végétale.

Il est même probable que la distribution de quelques espèces ne soit pas encore stabilisée, en réponse à un récent changement climatique (Petit Age Glaciaire) (**Davis, 1981; Shuggart, 1984**). A une échelle plus réduite, tant au niveau, spatial que temporel, on observe aussi un changement dynamique dans la composition végétale. L'initiation de ce processus de transformation se caractérise, soit par la colonisation d'un nouveau site, ou tout simplement par la recolonisation d'un site suivant une perturbation. Ce phénomène de succession se définit comme un changement directionnel dans le temps, de la composition en espèces et de la physionomie végétale d'un site particulier, où le climat demeure constant (**Finegan, 1984**).

Dans la forêt méditerranéenne, la régénération post –incendie de la végétation est assez importante, celle-ci se fait par rejet de souche et par germination de graines (**Le Houérou 1973, Keeley 1986, Lloret et Vilà 1997, Pausas et Verdù 2005**). Ainsi, les communautés végétales brûlées retrouvent rapidement une composition floristique et une structure comparables à celles qui existaient avant le feu (**Naveh 1975, Trabaud et Lepart 1980, Trabaud 1983 et Haou. 1999**).

La fréquence et l'intensité des incendies enregistrés au cours de la dernière décennie déstabilisent la succession végétale au sein des subéraies en Algérie ; la rendant parfois impossible. (**Haou. 1999 et Ouelmouhoub, 2003**). L'émergence de la flore au sein de la subéraie de Souarekh parait lente ; vu qu'après une année la structure de la strate arbustive n'est pas encore perçue.

La flore méditerranéenne régénère après incendie selon les modes suivants, (**Naveh 1974**) :
La voie végétative (« obligate sprouters ») : elles régénèrent par rejets à partir d'organes souterrains ou aériens ; La voie reproductrice (« obligate seeders ») : elles régénèrent par germination de graines (on parle de semenciers) et enfin une combinaison des deux stratégies précédentes. Dans le site d'étude, la première voie de réponse est très observée, sachant que le

site se caractérise par une incinération peu importante des arbustes qui constituent la végétation de la station.

La succession écologique végétale après incendie des subéraies en méditerranée passe par plusieurs stades d'évolution, dont le juvénile est considéré comme une base de richesse du devenir de cette évolution (progressive ou régressive) (Trabaud et Lepart 1980 ; Haou. 1999 ; BenJamaa et Abdelmoula 2004 et Cheylan et Jacquet 2008).

Le stade pionnier (juvénile), ne dépassant pas une année post-incendie est caractérisé par une installation d'espèces bien spécifiques, telles les légumineuses : *Tetragonolobus*, *Lotus*, *Médicago* et *Trifolium* ; ces derniers trouvent l'opportunité de croître, vu les conditions du milieu sont disponibles (espace et richesse du sol en sel minéraux apportés par l'incinération de la matière vivante lors de l'incendie) (Haou. 1999 ; Baeza et al 2006 et Bekdouche 2010).

Sans oublier la présence des Ptéridophytes qui ont un caractère pionnier dans la succession naturelle des habitats, telles les *Asplenium*, la *Silaginella*, l'*Anogramma* et *Pteridium aquilinum* et nous observons aussi une régénération par souche de quelques arbustes, telles l'*Erica*, le *Pistacia* et le *Calycotome* (Haou. 1999 ; Guo 2003). La région d'étude est incendiée depuis une année et demie (en 2021), les différentes analyses permettent une première approche de l'évaluation de l'état du sol et de la végétation de la région d'étude Zitouna, montrant une composition spécifique de la flore non à celle qui existait avant le feu différent.

La valeur de l'indice d'émergence à un instant donné correspond au pourcentage des espèces rencontrées à cette date par rapport à ceux de la communauté considérée comme témoin (Altenburg et al. 1993 ; Haou. 1999). Le suivi de l'évolution de cet indice au cours du temps permet de déterminer la façon dont les espèces végétales au stade non incendié émergent après. D'après nos résultats, cet indice est de 60% une année et demi après incendie ; période où il est noté que 80% des espèces appartiennent à la strate herbacée. Ces résultats sont proches de ceux de Bekdouche (1996 et 2010) et Haou. (1999). Trabaud et Lepart (1980) constate une émergence de 80% deux années après incendie et 100% cinq années après.

Durant notre travail nous avons pu établir un inventaire des 106 espèces, dont 78 espèces sont des herbacées. La fréquence est entre 4,494 et 1,161 montrant une distribution assez abondante de toutes les espèces rencontrées durant notre échantillonnage. Sans oublier de mentionner un indice de diversité assez important et une équitabilité de distribution assez équilibré, vu que le site se présente assez loin à toute dégradation et intrusion humaine.

Conclusion et Perspectives

Notre travail au niveau de la subéraie de Zitouna ; station Loulidja constitue une contribution à la connaissance de la succession végétale post –incendie au sein d’une région considérée comme zone à haut risque d’incendie par le service de forêt.

Le suivie de l’évolution de la végétation au cours d’une année et demi après feu et l’estimation de l’émergence de cette flore, conduit à mettre en évidence une problématique qui doit être prise en considération par le service de forêt et le parc national d’El Kala.

La nature de l’incendie (feu de lèche) à induit des effets assez proche des études antérieurs sur la succession végétale post-incendie; ainsi la dynamique du premier stade de succession présente une évolution progressive. Ce fait est explique par un indice d’émergence de 60% et une évolution progressive pour la strate arborée (Chêne liège). Une stratification assez nette même si certain arbuste sont caractérisé par des semis. Cette évolution est prometteuse pour le stade intermédiaire d’une succession végétale de la subéraie. Nous pouvons conclure que ces quelques mois nous ont donnée des informations très importantes sur la dynamique non seulement de la flore mais aussi de l’architecture de la végétation pour cette station d’étude. Sur ca nous pouvant établir un plan de protection et de restauration pour cet habitat afin d’éviter tout ralentissement pour cette régénération naturelle et la prendre comme un patch dynamique pour d’autres étude d’écologie de paysage pour la perturbation incendie et subéraie.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Amroune S.2018. Phytothérapie et plantes médicinales.Université des Frères Mentouri Constantine .Algerie .

Arfa A.M.T., Benderradji M.E.H., et Alatou D., 2009. Analyse des bilans des incendies de forêt et leur impact économique en Algérie entre 1985-2006. Revue New Médit Vol. VIII-n. 1/2009. C.I.H.E.A.M. IAM, Bari, Italy pp. **46-51.**

Arfa, 2019 .Application du SIG et de la télédétection pour un outil cartographique d'aide à la gestion des feux de forêts dans la wilaya d'El Tarf. Université Frères Mentouri CONSTANTINE 1. **P : 3, 4, 5,62, 40.**

Arfa A.M.T., 2008. Les incendies de forêt en Algérie : stratégies de prévention et plans de gestion. Thèse Magistère en Ecologie et Environnement, Option Gestion et pathologie des écosystèmes forestiers, Université Mentouri Constantine, Algérie, 132 p.

Anderson, C.L. 1970 & Martin & Carew, E.A., Powell, J.R., 1993 Evolution of the Adh locus in the Drosophila willistoni group: the loss of an intron and shift in codon usage. *Mol. Biol. Evol.* **10(3): 605—618**

Ait Mouhoub D., 1998. Contribution à l'étude de la sécheresse sur le littoral algérien par le biais de traitement des données pluviométriques et la simulation. *Thèse Magi.*, Ecole nationale polytechnique d'Alger, **128 p.**

Aiteche.T. 2015. Evolution selon le relief de la recolonisation après incendie d'une communauté à *Pinus alepensis* par les cistes et les légumineuses et propositions de restauration contre l'érosion hydrique. Université Abderrahmane MIRA de Bejaia .**P : 11.13.14.**

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.

Aidoud, 1997. Le complexe alfa-armoise-sparte (*Stipa tenacissima* L., *Artemisia herba-alba* Asso, *Lygeum spartum* L.) des steppes arides d'Algérie : structure et dynamique des communautés végétales. (Thèse de Doctorat), Université d'Aix-Marseille, Marseille, **P : 263.**

Abdelouahab.S, 2011. Etude phytoécologique spatiotemporelle des zones humides du Nord-est du Sahara septentrional algérien (Région de Ouargla et de l'Oued Righ). UNIVERSITE OUARGLA. **P: 42, 43.**

Altenburg, R. G. M., Den- Nijs,J. C. M et Oostermerijer,J. G. B. 1993. Post- fire succession in *Quercus suber* L. Forest ear Argelès, France: an initial study of changes in vegetation and ant species composition. Hugo de Vries laboratory university of Amsterdam Kruislaan 318, 1098 SM Amesterdam The Netherlands.

Bendjedid.H, 2019.2020 : Méthode d'atude d'inventaire de la faune et la flore. 2^{ème} année écologie et environnement: Ch. 3 Composition et structure des peuplements. Réalisé par Bendjedid.Hassina ,2019-2020. **P : 1, 2, 3, 4, 5,6.**

Bengana S. & Ali Ahmed H ,2007. Comportement et qualité du liège des subéraies de la Wilaya de Jijel cas des cantons d'EL- MILIA et TEXENNA. Mémoire Ing., Faculté des sciences agronomique et biologique, Université de Tizi-Ouzou, 91p.

Benabadji N N.1995, "Etude phyto-écologique de la steppe à *Artemisia herba-alba* Asso. et *Salsola vermiculata* L. au sud de Sebdou (Oranie-Algérie)", Thèse doct. Es-Sci. Univ. Tlemcen, 296 p., (1995).

Boudy, 1955. Economie Forestière Nord-Africaine. Tome IV. Description Forestière De l'Algérie Et De La Tunisie. Larose, Paris, **481 P.**

Boudy, P. (1952). Guide du forestier en Afrique du Nord. Ed. La maison rustique. 505 p.

Braun-Blanquet, G. (1936). "La Lande à Romarin et Bruyère (*Rosmarino-Ericion*) en Languedoc." SIGMA, Comm **48.**

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

Bouazza M. (1995). "Etude phyto-écologique de la steppe à *Stipa tenacissima*L. et *Lygeum spartum*L. au Sud de Seb dou (Oranie-Algérie)", Thèse doct. Es-Sci. Univ. Tlemcen, 210 p.

Buxton M., Haynes,R. , Mercer,D. & Butt,A. (2011). Vulnerability to bushfire risk at Melbourne's urban fringe: The failure of regulatory land use planning. *Geogr Res.* **49**, 1-12.

Bekhdouche F, 2010. Évolution après feu de l'écosystème de la subéraie de Kabylie Nord algérien. Thèse de doctorat. Université de Tizi Ouzou, Algérie, **116 p.**

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

Clements, F.E. 1916. Plant succession. An Analysis of the Development of Vegetation. Carnegie Inst. Washington. No. 242: 512p.

Calvo, L., Tarrega, R., & E., Luis, (1992). "The effect of human factors (cutting, burning and uprooting) on experimental heatland plots." *Pirineos*, 140 : 15-27.

Certini, G. (2005). Effects of fire on properties of forest soils: A review. *Oecologia* **43**, 1-10.

Christopoulou A., Mallinis, G., Vassilakis, E., Farangitakis, G.-P., Fyllas, N.M., Kokkoris, G.D. & Arianoutsou, M. (2019). Assessing the impact of different landscape features on post-fire forest recovery with multitemporal remote sensing data: The case of Mount Taygetos (Southern Greece). *Wildland Fire* **28**, 521-532.

Clements, F.E. 1963. Plant succession and indicators: A definitive edition of plant succession and indicators. Hafner Press. New-York. 453p.

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.

Commission Européenne (2011). Application du SIG et de la télédétection pour un outil cartographique d'aide à la gestion des feux de forêts dans la wilaya d'El Tarf. Université Frères Mentouri CONSTANTINE 1. **P : 16.**

Cheney, N.P. ,2014. « La gestion actuelle des incendies de forêt en Australie », Revue Forestière Française, Vol 42/1:**368-374.**

Chabbi.L et Tiab.M. 2019. Contribution à l'étude de la variabilité de la qualité du liège de reproduction des subéraies d'El Taref Cas des stations : Oued Bougous, Sidi Bouzid et Zitouna. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou .**P : 27, 29, 30,33.**

D'Ouelmouhoub, S. & Benhouhou, S. (2007). Évolution floristique des suberaies incendiées dans la région d'El Kala (nord-est Algérie). *Ecologia Mediterranea* **33, 85-94.**

D'Ouelmouhoub S., Laboudi B., (1999). Etude synchronique et diachronique d'une subéraie incendiée dans la subéraie de la région d'El Kala. Thèse d'Ing. agro. INA d'El Harrach. **86p + annexes.**

Davis, M.B. 1981. Quaternary history and the stability of forest communities. Dans: Forest succession: concepts and application. pp: 132-151. Springer-Verlag. New-York.

Dimitrakopoulos A.P. & Mitsopoulos, I.D. (2006). Global forest resources assessment 2005 – Report on fires in the Mediterranean Region. FAO, Forestry Department, Fire Management Working Paper 8. FAO, Rome, Italy, **38 p.**

D.G.F, 2004. Direction Générale des Forêts : Programme d'Action National sur la lutte contre la Désertification, **104 p.**

Djebaili S., 1978 _ Recherches phytosociologiques et phytoécologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien. Thèse Doct. Univ .Sci. Techn. Languedoc, Montpellier, 229p.+annexe.

DAJOZ R., 1975 –Précis d'écologie, Paris, Gauthier-Villars, 549 p.

Daget J et De Rham P, 1970. Sur quelques poissons du sud de la Cote d'Ivoire. Valeur écologique et médicinale de la flore d'été des clairières de la subéraie dans le PNEK. Triki Dorsaf. 2022. **P : 23.**

Demolon ,1960 . Contribution à l'Etude phytoécologique des groupements à matorrals de BOURICHE (Daïra de Youb- Wilaya de Saida). Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen. **P:9.**

Delaunois, 2006. Etude phytoécologique spatiotemporelle des zones humides du Nord-est du Sahara septentrional algérien (Région de Ouargla et de l'Oued Righ). UNIVERSITE OUARGLA. **P : 42.**

Donahue, 1958. Etude phytoécologique spatiotemporelle des zones humides du Nord-est du Sahara septentrional algérien (Région de Ouargla et de l'Oued Righ). UNIVERSITE OUARGLA. **P : 44,45.**

Debazac, E.F., 1959. – La végétation forestière de la Kroumirie. *Ann. Ec. Nat. Eaux et For.*, 14 (2), Nancy. 131 p.

Egler, F.E. 1954. Vegetation science concepts !: Initial floristic composition, a factor in old field vegetation development. *Vegetatio* 4: 412- 417.

Emberger (1930, 1971). Travaux de botanique et d'écologie. Masson, Paris.(Valeur écologique et médicinale de la flore d'été des clairières de la subéraie dans le PNEK. Réalisé par : Triki Dorsaf. 2022. **P: 17.)**

Finegan, B. 1984. Forest .succession. *Nature* (Lond). **312:109-114 .**

FAO, 2001. Réunion de la FAO sur les politiques nationales ayant une incidence sur les incendies de forêt: Rome, 28-30 octobre 1998. Rome, FAO, p. **291-315**

F.A.O., 2006 a. Global forest resources assessment 2005: report on fires in the Mediterranean region. Fire Management Working Paper 8. Rome.

F.A.O., 2006 b. Global Forest Resources Assessment 2005 – Report on fires in the Balkan Region. Fire Management Working Paper 11. Rome.

FAO, 2007. « Fire management - global assessment 2006 », FAO Forestry Paper, Rome, Vol 151:97-101.

- F.A.O., 2007.** Fire management global assessment 2006. Thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005. Rome.
- F.A.O., 2010.** 2010. Global forest resources assessment 2010. Main report. FAO Forestry Paper No. 163. Rome.
- F.A.O., 2013.** 2013. State of Mediterranean forests 2013. Main report. FAO Forestry Paper No. 197. Rome.
- FOSA, 2000.** Etude prospective du secteur forestier en Afrique. Algérie. FAO, Rome, Italie, 60 p. www.fao.org/docrep/003/X6771F00.pdf
- 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.
- Frontier S. 1983.** Stratégie d'échantillonnage en écologie. Coll. d'écologie. 17 Ed. Masson. **294p.**
- Frontier S., Pichod-Viale D. 1993.** Ecosystèmes, structure-fonctionnement, évolution. Coll. d'Écol. 21. 2ème Ed. Masson. **447 p.**
- Fellah.F.** Biologie des populations et des organismes. /Résumé du cour. L3 Ecologie et Environnement. **P : 10.**
- Gonçalves A.C. & Sousa A.M.O. (2017).** The fire in the Mediterranean region: A case study of forest fires in Portugal. *In: Mediterranean identities. Intech open science* 13, **pp. 305-335.**
- Guinochet, 1973.** Le — Phytosociologie. — Paris : Masson, 1973. — **227 p.**
- Gounot, 1969.** Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson, Paris. **314 pp.**
- Gautier ,1994.** Le-risque-feux-de-forêts-L3-Foresterie (La pyrologie forestière). **P : 7**
- Grim, 1989.** Evolution selon le relief de la recolonisation après incendie d'une communauté à Pinus Halepensis par les cistes et les légumineuses et propositions de restauration contre l'érosion hydrique. Université Abderrahmane MIRA de Bejaia. **P : 10.**

Gómez-Pompa et Vazquez-Yanes, 1974, Studies on the secondary succession of tropical lowlands: the life cycle of secondary species. In: Proc First Intern. Congr. of Ecology (The Hague), 1974, p. 336-342.

Godron, 1968. Relevé méthodique de la végétation et du milieu, C.N.R.S, 292 p.

Gounot M., 1969. Méthodes d'études quantitatives de la végétation. Masson éd., Paris. pp 1-314.

Gaucher ,1968. Contribution à l'Etude phytoécologique des groupements à matorrals de BOURICHE (Daïra de Youb- Wilaya de Saida). Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen. **P : 9**.

Ghomari F et Bendi-Ouis A .2008. Science des matériaux de construction Travaux pratiques. (Analyse granulométrique). Université Aboubekr Belkaid. **P : 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,9**.

Ghanem N. Cours méthodes d'analyses physico-chimiques et biologiques des sols M1 Biologie de la conservation. **P : 6**.

Gras 1988. Etude phytoécologique spatiotemporelle des zones humides du Nord-est du Sahara septentrional algérien (Région de Ouargla et de l'Oued Righ). UNIVERSITE OUARGLA. **P : 42**.

Harper K., Boudreault, C, DeGrandpré, L., Drapeau , P., Gauthier, S., and Bergeron, Y. 2003. Structure, composition, and diversity of old-growth black spruce boreal forest of the Clay Belt region in Quebec and Ontario. Environmental Reviews 11 (S 1): 79.

Haou S. 1999. Etude synchronique post-incendie de la végétation des subéraies de la Numidie orientale : **p : 72**. + annexes. Thèse de Magister, Université d'Annaba (Algérie).

J.-P.Benzecri. 1970-1990 : Analyse Factorielle des Correspondances(AFC) L3 {MA,Info_SI,Info_Reseaux}-UFRS.A.T. **P : 1**.

J. Boyer, 1976: Wiki.aurea (https://wiki.aurea.eu/index.php?title=Aluminium_%C3%A9changeable).

Khelifi, H., 1987. – Contribution à l'étude phytoécologique et phytosociologique des formations à chêne-liège dans le Nord-Est Algérien. Thèse Magister, USTHB, 151 p.

Kacha, S, 1990. – Aperçu sur le climat du nord d'Algérie à travers les précipitations et les températures. *Thèse Ing.* ONM, 40 p.

Kaci, 2014. L'application des images LSA SAF pour la détection des causes et feux de forêts dans la wilaya d'Ain Defla Algérie .TFE, Liège Belgique, 140 p.

Kazanis D & Arianoutsou, M 2004; Rodrigo & al, 2004; De Luis & al, 2006. Evolution après feu de l'écosystème subéraie de Kabylie (Nord ALGERIEN). Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. **P : 2.**

Keeley, J.E., Bond, W.J., Bradstock, R.A., Pausas, J.G. & Rundel, P.W. (2012). Fire in Mediterranean ecosystems: Ecology, evolution and management. Cambridge University Press, 515 p.

Le HOUEROU H.N., 1980. – L'impact de l'homme et de ses animaux sur la forêt méditerranéenne (1 ère partie). *Rev. For. médit.*, II (1): 31 - 44.

Le Houerou H.N., 1974. Fire and vegetation in the Mediterranean basin. Proc. Ann. Tall. Timbers, Fire ecol. Conf. **13; 237-277.**

Louis,D 1991. Succession après feu chez les plantes de sous-bois a la limite sud de la foret Boréale. Université du Québec a Montréal. **P : 1.**

Luis & al, 2005. Evolution après feu de l'écosystème subéraie de Kabylie (Nord ALGERIEN). Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. **P : 2.**

Legay, M & Mortier, F, 2005. La forêt face au changement climatique : adapter la gestion forestière - Prise en compte dans les documents d'orientation de la gestion forestière. Synthèse de l'atelier ONF/INRA. Les Dossiers Forestiers, 2005, N°16.

Louis. (2010,2011) : Cours de Développement et évolution des écosystèmes. **P : 4, 5, 6, 11, 12, 16,20.**

Mataix-Solera J., Cerdà, A., Arcenegui, V., Jordán, A. & Zavala, L.M. (2011). Fire effects on soil aggregation: A review. *Earth-Sci. Rev.* **109, 44-60.**

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

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.

Metailie, 1978, 1984 ; Forgeard, 1985. 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. Université Ferhat ABBAS de Sétif. **P : 1.**

Moravec, J. (1990). "Regeneration of NW African *Pinus halepensis* forests following fire." *Plant Ecology* **87(1): 29-36.**

Meddour-Sahar, O. & Bouisset, C. (2013). Les grands incendies de forêt en Algérie : problèmes humains et politiques publiques dans la gestion des risques. *Méditerranée* **121, 33-40.**

Madoui A. (2013). 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. Thèse de doctorat. Université Ferhat Abbas de Sétif, Algérie, **133 p.**

Madoui A, Gehu, J.M. & Alatou, D. (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, 5-13-14.**

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., Catry, F.X. & Kaabeche, M. (2016). Wildfire effects on *Pinus halepensis* Mill. plantations in a semi-arid region of north-eastern Algeria: A case study of Zenadia forest, Sétif. *Ecologia Mediterranea* **42**, 79-92.

Moravec, J., 1990. – Regeneration of N.W. African *Pinus halepensis* forests following fire. *Vegetatio*, 87: 29 – 36.

Meddour-Sahar O. & Derridj A., 2010.– Le risque d'incendie de forêt : évaluation et cartographie. Le cas de la wilaya de Tizi-Ouzou, Algérie (période 1986-2005). *Sécheresse*, 21(3): 187-195.

Maire R., 1926. Carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie. Alger, Bacconier, 78 p.

Marc, H. 1930. *Notes sur les forêts de l'Algérie, Collection du Centenaire de l'Algérie, 1830-1930, Larose, Paris 702p.*

Meddour.S AHAR O., BOUISSET C. & DERRIDJ A., 2013. – La gestion du risque incendie de forêt en Algérie: des mesures curatives ou préventives ?", *IVème Conférence Internationale sur les Stratégies de Prévention des Incendies de forêts*, USSE - EFI Atlantic, Bordeaux : 67-80.

Martonne (1926), Turril (1929), Gaussen (1954), Walter & al. (1960), Mooneyet al. (1973), Benabadji (1991), Bouazza(1991). Contribution à l'étude du cortège floristique de la steppe au sud d'El Aricha (Oranie- Algérie). *Sci. Techn. N° spécial D. P:11-19.*

Mrabet .M. l'échantillonnage. Pr M.Mrabet. **P: 3, 4, 5, 15,16.**

M'HIRIT O, 1982. Etude écologique et forestière des cédraies du rif marocain. Thèse.Doct. Es. Sci. Nat. Univ. Aix – Marseille. **P : 502.**

Mathieu (1998). Etude phytoécologique spatiotemporelle des zones humides du Nord-est du Sahara septentrional algérien (Région de Ouargla et de l'Oued Righ). UNIVERSITE OUARGLA. P : 42.

Nicolaus Remer. La silice : l'élément oublié en agriculture. Extrait du livre: Substanzen im Lebenszusammenhang der Landwirtschaft, Titre original du chapitre : Kiesel das vergessene Element Traduction Aurélie Truffat.

Nasi R., Applegate G., Dennis R., Meijaard E. et Moore P. ,2002. « Les incendies de forêt et la diversité biologique », in La diversité biologique dans les forêts, volume 53.

Noble. I.R. et R.O. Slatyer. 1980. The use of vital attributes to predict successional changes in plant community subject to recurrent disturbances. *Vegetatio*. 43: 5-21.

Naveh, Z., 1975. – The evolutionary significance of fire in the Mediterranean region. *Vegetatio*, 29: 199 - 208.

Oliver, C.D. 1981. Forest development in North America following major disturbances. *Forest Ecology and Management* 3: 153-168.

Oliveira S., Oehler, F., San-Miguel-Ayanz, J., Camia, A. & Pereira, J.M.C. (2012). Modeling spatial patterns of fire occurrence in Mediterranean Europe using multiple regression and random forest. *For. Ecol. Manage.* **275**, 117-129.

Peel, M. C., 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification.

Pausas J.G., LLOVET J., RODRIGO A. & VALLEJO V.R., 2008. – Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin? -A review. *In.l J. Wildland Fire*, 17: 713 - 723.

Pausas J. G., PEREIRA J. S. & ARONSON J., 2009. – The tree. Pp: 11 – 21, *In: J. ARONSON, J.S. PEREIRA & J.G. PAUSAS (eds). Cork oak woodlands on the edge. Ecology, adaptive management and restoration.* Island Press, Abingdon, Oxfordshire, UK.


Pausas JG, RIBEIRO E & VALLEJO R., 2004. – Post-fire regeneration variability of *Pinus halepensis* in the eastern Iberian Peninsula. *Forest. Ecol. Manag.*, 203: 251 – 259.

Pausas J. G. & VERDU M., 2005. – Plant persistence traits in fire-prone ecosystems of the Mediterranean basin: a phylogenetic approach. *Oikos*, 109: 196 - 202.

Quezel, P., 1956. – Contribution à l'étude des forêts de chêne à feuilles caduques d'Algérie. *Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, Nouv. sér.: 1 - 57.

Quézel P., 1985. Definition of the Mediterranean region and origin of its flora. In C. Gomez-Campo, ed., *Plant conservation in the Mediterranean area*. Dordrecht, the Netherlands, W. Junk.

Quézel P. & SANTA S., 1962-1963. – Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. 2 vols, CNRS (eds). Paris. 1170 p.

Robert J.-L. L'analyse factorielle des correspondances : ses bases. [Article]  J.-L. Robert. <https://www.persee.fr>

Ramada 1983: Contribution à l'Etude phytoécologique des groupements à matorrals de BOURICHE (Daïra de Youb- Wilaya de Saida). Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen. **P :8.**

Ramade, 2003 : Elément d'écologie, écologie fondamentale, 3ème édition, p7-63.

Ramade, 2003. Eléments d'écologie (écologie fondamentale), 3ème édit. Univ. Paris . **P :690.**

Ramade F., 1997. Conservation des écosystèmes méditerranéens : enjeux et perspective. Plan Bleu, PNUE, Paris. *Ed. Economica*. N°3: 189p.

Rydgren K., Hestmark, G., and IZJkland , R.H. 1998. Revegetation following experimental disturbance in a boreal old-growth *Picea abies* forest. *Journal of Vegetation Science* 9(6): 763-776.

Sobhi, 2009 Impact des facteurs climatiques et anthropiques sur la diversité et l'écologie trophique des peuplements d'Orthoptères Calières dans l'est algérien (El-Taraf – El-Kala), Mémoire de magister. Ecole nationale supérieur agronomique (E.N.S.A).El- Harrach, Alger, 136p.

Saddouki, 2009 .Contribution à l'étude phyto-écologique des formations forestières dans la Daïra de Sidi Boubekeur (Forêt domaniale de Tafrent) Wilaya de Saida.

Scarascia-Mugnozza G., Helfried H., Piussi P. et Kallipi R., 2000. Forests of the Mediterranean region: gaps in knowledge and research needs. *Forest Ecology and Management*, 132: pp. 97–109.

Sari, D., 1976. L'homme et l'érosion dans l'Ouarsenis (Algérie). Ed. SNED, 224 p.

Shuggart, H.H. 1984. A theory of forest dynamics. Springer-Verlag. New-York. 278p

Silva J.S. & CATRY F., 2006. – Forest fires in cork oak (*Quercus suber* L.) stands in Portugal. *Int. J. Environ. Studies*, 63: 235 – 257.

Seltzer, P., 1946. Le climat de l'Algérie. Ed. Carbonel, Université d'Alger, 219p.

Segalen P, 1963. Bulletin bibliographique de pédologie. La section de pédologie de L'O.R.S.T.O.M. LE FER DANS LES SOLS, P: **5.6.10**.

Source **FAO.** **Wiki.aurea**
(https://wiki.aurea.eu/index.php?title=Aluminium_%C3%A9changeable).

Taylor, S.J., Carleton, T.J., and Adams, R 1987. Understorey vegetation change in a *Picea mariana* chronosequence. *Vegetatio* **73: 63-72**.

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. 1987. Dynamic after fire of sclerophyllous plants communities in the Mediterrean basin. *Ecologie Mediterranean*. Chemin de la Passio-Vella, F-66860. Perpignon. Cedex **25-37**

Trabaud. L. 1991. Le feu est –il un facteur de changement pour le système écologique du bassin Méditerranéen? Sècheresse N3, Vol 2 . Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive, CEFE/CNRS **163-174**

Trabaud. L. 1992. Réponses des végétaux ligneux méditerranéens à l'actio du feu. Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive, CEFE/CNRS **89- 107**

Trabaud L.et Lepart J. (1980). Diversity and stability in garrigue ecosystems after fire. *Vegetatio* **43: 49- 57.**

Trabaud L.et Lepart J. (1981). Change in the floristic composition of *Quercus coccifera* L. Garrigue in relation to different fire regimes. *Vegetation* **46: 1056116.2**

Viereck, L.A. 1983. The effects of fi re in black spruce ecosystems of Alaska and Northern Canada. *In* The role of fire in northern circumpolar ecosystems. Edited by and D.A. Maclean RW. Wein. John Wiley & Sons Ltd. **pp. 201- 220**

Veraverbeke S., Somers, B., Gitas, I., Katagis, T., Polychronaki, A. & Goossens, R. (2012). Spectral mixture analysis to assess post-fire vegetation regeneration using Landsat Thematic Mapper imagery: Accounting for soil brightness variation. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* **14, 1-11.**

Velez, R.,1995. Les feux de forêt en Espagne en 1994. *For. Méditerr. T.*, XVI, 2 : 164- 165.

Van Cleve K., and Viereck, L.A. 1981 . Forest succession in relation to nutrient cycling in the boreal forest of Alaska. *In* Forest Succession: Concepts and Applications. Edited by H.H. Shugart O.C . West, O.B. Botkin. Springer. pp. 185-211 .

Weaver J . E. et F.E. Clements. 1938. Plant ecology. McGraw-Hill book company. New-York. 601p.

Whittaker, R.H. 1974 . Climax concepts and recognition. *In: Vegetation dynamics .* Ed: R.Knapp. p123-136.

Wojterski, T.W., 1990. – Degradation stages of the oak forests in the area of Algiers. *Vegetatio*, 87: 135 – 173.

Yokelson R. J., Ward, D. E., Susott, R. A., Reardon, J., and Griffith, D. W. T., 1996: Emissions from smoldering combustion of biomass measured by open-path Fourier transform infrared spectroscopy, *J. Geophys. Res.*, 102(D15), 18865–18877.

Zeraia, L., 1981. – essai d'interprétation comparative des données écologique, phénologique et de production subero-ligneuse dans les forêts de chêne-liège de Provence Cristalline (France méridionale) et d'Algérie. Thèse Doct., Univ. Aix-Marseille, 367 p.

[2].Succession-écologique_Wikipedia-Fr.P :

(<http://fr.wikipedia.org/wiki/Succession%20%C3%A9cologique?oldid=110904407>

Contributeurs : Anthere, Orthogaffe, Manchot, Phe-bot, Papillus, QuoiNonne, RobotQuistnix, Loveless, Lamiot, BD2412, RémiH, Mafiou44, Beru91, Zawer, Salebot, Zorrobot, TXiKiBoT, Olivier C, SieBot, Laddo, Louperibot, MystBot, Alecs.bot, Dhatier, LeMorvandiau, ZetudBot, Nallimbot, Gagea, Dark Attsios, GnawnBot, ArthurBot, Cantons-de-l'Est, Xqbot, Forstbirde, EmausBot, ChuispastonBot, Krad449, Justincheng12345- bot, Addbot, BerAnth, Olivier324 et Anonyme : 12). **P : 1,2**

[3].Successions secondaires. Description, fonctionnement et évolution des écosystèmes forestiers tropicaux

[4] LE-RISQUE-FEUX-DE-FORÊTS-L3-Foresterie

Site web

Climate-Data.org. Climate Data . org, Algérie ElTaref .

Meteoblue, climat d'El Tarf. www.meteoblue.com , climat d'El Tarf.

P.Segalen,1973.Wiki.aurea

(https://wiki.aurea.eu/index.php?title=Aluminium_%C3%A9changeable).

fr.weatherspark.com. , climat d'El Tarf.

[1] Feux de forêts en Algérie: causes, conséquences et solutions: Friedrich-Ebert-Stiftung Algérie. (<https://algeria.fes.de/e/feux-de-forets-en-algerie-causes-consequences-et-solutions>).

[5] <https://fertilisation-edu.fr/cycles-bio-geo-chimiques/le-cycle-des-cations-k-ca-mg.html>.
Ca. Mgo

[6] Wiki.aurea ([https://wiki.aurea.eu/index.php?title=Aluminium_ %C3%A9changeable](https://wiki.aurea.eu/index.php?title=Aluminium_%C3%A9changeable)).

ANNEXES

| WinADE-4 * Metrowerks CodeWarrior C * CNRS-Lyon1 * JT & DC |

| COA: COCorrespondence Analysis 05/06/23 22/51 |

fc/COA: Correspondence analysis

Input file: C:\Users\louhi\Desktop\Nada 2023. Post-incendie\flo

Number of rows: 106, columns: 20

File C:\Users\louhi\Desktop\Nada 2023. Post-incendie\flo.fcpl contains the margin distribution of rows

It has 106 rows and 1 column

File C:\Users\louhi\Desktop\Nada 2023. Post-incendie\flo.fcpc contains the margin distribution of columns

It has 20 rows and 1 column

File C:\Users\louhi\Desktop\Nada 2023. Post-incendie\flo.fcta contains the double centred table DI-1*P*DJ-1 -1*1J'

It has 106 rows and 20 columns

File C:\Users\louhi\Desktop\Nada 2023. Post-incendie\flo.fcma contains:

the number of rows: 106

the number of columns: 20

the total number: 1246

DiagoRC: General program for two diagonal inner product analysis

Input file: C:\Users\louhi\Desktop\Nada 2023. Post-incendie\flo.fcta

--- Number of rows: 106, columns: 20

Total inertia: 2.79763-----
Num. Eigenval. R.Iner. R.Sum | Num. Eigenval. R.Iner. R.Sum |
01 +4.3668E-01 +0.1561 +0.1561 | 02 +3.2318E-01 +0.1155 +0.2716 |
03 +2.3665E-01 +0.0846 +0.3562 | 04 +2.2021E-01 +0.0787 +0.4349 |
05 +1.8777E-01 +0.0671 +0.5020 | 06 +1.7520E-01 +0.0626 +0.5647 |
07 +1.6821E-01 +0.0601 +0.6248 | 08 +1.4695E-01 +0.0525 +0.6773 |
09 +1.2749E-01 +0.0456 +0.7229 | 10 +1.2062E-01 +0.0431 +0.7660 |
11 +1.0063E-01 +0.0360 +0.8020 | 12 +9.4615E-02 +0.0338 +0.8358 |
13 +8.2089E-02 +0.0293 +0.8651 | 14 +7.7949E-02 +0.0279 +0.8930 |
15 +7.3155E-02 +0.0261 +0.9191 | 16 +7.0851E-02 +0.0253 +0.9445 |
17 +5.5423E-02 +0.0198 +0.9643 | 18 +5.1532E-02 +0.0184 +0.9827 |
19 +4.8421E-02 +0.0173 +1.0000 | 20 +0.0000E+00 +0.0000 +1.0000 |

File C:\Users\louhi\Desktop\Nada 2023. Post-incendie\flo.fcvp contains the eigenvalues and relative inertia for each axis

--- It has 20 rows and 2 columns

File C:\Users\louhi\Desktop\Nada 2023. Post-incendie\flo.fcco contains the column scores

--- It has 20 rows and 4 columns

File :C:\Users\louhi\Desktop\Nada 2023. Post-incendie\flo.fcco

| Col. | Mini | Maxi |

|----|-----|-----|

	1	-6.514e-01		1.271e+00		
	2	-6.913e-01		9.472e-01		
	3	-1.832e+00		9.500e-01		
	4	-9.758e-01		1.189e+00		
	---		-----		-----	

File C:\Users\louhi\Desktop\Nada 2023. Post-incendie\flo.fcli contains the row scores

--- It has 106 rows and 4 columns

File :C:\Users\louhi\Desktop\Nada 2023. Post-incendie\flo.fcli

Col.	Mini		Maxi			
	1	-9.620e-01		1.924e+00		
	2	-1.207e+00		1.666e+00		
	3	-3.766e+00		1.953e+00		
	4	-2.079e+00		2.535e+00		
	---		-----		-----	