



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



**UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID TLEMEN
FACULTE DES SCIENCES DE
LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE
ET DE L'UNIVERS**

Département des Ressources Forestières

MEMOIRE

Présenté par :

KEBRIT AHLEM

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Foresterie
Spécialité : Ecologie, gestion et conservation de la biodiversité

**Vulnérabilité du chêne liège de la forêt d'Ifri aux incendies
Evaluation des risques en cas de futur feu de forêt**

Soutenu le 05/10/2021 devant le jury :

Président : Mme BELHOCINE Latifa	Professeur	Université de Tlemcen
Encadreur : Mr BOUHRAOUA Rachid Tarik	Professeur	Université de Tlemcen
Examineur : Mr BERRICHI Mohamed	Professeur	Université de Tlemcen

Année universitaire 2020/2021



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID TLEMCEN
FACULTE DES SCIENCES DE
LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE
ET DE L'UNIVERS

Département des Ressources Forestières

MEMOIRE

Présenté par :

KEBRIT AHLEM

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Foresterie
Spécialité : Ecologie, gestion et conservation de la biodiversité

Vulnérabilité du chêne liège de la forêt d'Ifri aux incendies
Evaluation des risques en cas de futur feu de forêt

Soutenu le 05/10/2021 devant le jury :

Président : Mme BELHOCINE Latifa	Professeur	Université de Tlemcen
Encadreur : Mr BOUHRAOUA Rachid Tarik	Professeur	Université de Tlemcen
Examineur : Mr BERRICHI Mohamed	Professeur	Université de Tlemcen

Année universitaire 2020/2021

Dédicace

À chaque mère et père qui souffrent encore et qui sont fatigués
de l'enfant d'aujourd'hui.....l'homme de demain

À ma mère et mon père

À ceux qui le peuvent et tiennent bon pour élever des
générations et remettre le flambeau de la science

À mes professeurs

Et à tous ceux qui portent l'amour dans leur cœur et apprécient
l'amitié sincère.....

À mes amis

À la bonne terre Mon pays bien-aimé, l'Algérie

KEBRIJ AHLEM



Remerciement

Je voudrais tout d'abord adresser toute ma reconnaissance à l'encadreur de ce mémoire, le professeur BOUHRAOUA Rachid Tarik, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion

Je désire aussi remercier madame BELHOCINE Latifa, professeur à l'université de Tlemcen, qui m'a fait l'honneur de présider mon jury de mémoire

Je remercie également le professeur BERRICHI Mohamed, pour avoir accepté d'examiner ce travail

Je remercie mes très chers parents, qui ont toujours été là pour moi, je remercie mes sœurs et mes frères, pour leurs encouragements

Enfin, je remercie mes amis, leur soutien inconditionnel et leurs encouragements ont été d'une grande aide

À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude

KEBRIJ AHLEM



Sommaire

✚ <u>Dédicace</u>	
✚ <u>Remerciement</u>	
✚ <u>Liste des figures</u>	
✚ <u>Liste des tableaux</u>	
✚ <u>Les des abréviations</u>	
✚ <u>Résumé</u>	
✚ <u>Introduction générale</u>	<u>1</u>

Chapitre I

ETAT DES CONNAISSANCES SUR LE CHENE LIEGE ET LES INCENDIES DE FORET

1. Le chêne liège (<i>Quercus suber L</i>)	4
1.1. Importance économique de chêne liège	4
1.2. Répartition géographique et superficies des subéraies algériennes	6
1.3. Les subéraies algériennes face au feu	7
2. Les incendies de forêts	10
2.1. Caractéristiques principales du feu	11
2.2. Facteurs influençant l'impact du feu sur la végétation	11
2.2.1. Les conditions météorologiques	12
2.2.2. Caractéristiques du combustible (végétation).....	14
2.2.3. Caractéristiques de relief	16
3. Impact des incendies sur l'écosystème subéraie	16
3.1. Dégâts sur l'arbre	17
3.2. Dégâts sur le liège	18
3.3. Dégâts sur les peuplements et l'écosystème	19
3.4. Rôle du liège comme couche de protection	20
3.5. Comportement du chêne liège après incendie	21

Chapitre II

PRESENTATION DE MILIEU D'ETUDE: LA FORET DOMANIAL D'IFRI

1. Situation géographique et administrative de la zone.....	25
2. Situation forestière	25
3. Diversité biologique	27
4. Topographie	27
5. Géologie	28
6. Pédologie.....	28
7. Hydrologie.....	29
8. Climat.....	30
8.1. Les précipitations	30
8.1.1. Régime annuelle et mensuel	30
8.1.2. Régime saisonnier.....	32
8.2. Les températures	33
8.2.1. Amplitudes thermiques, indice de continentalité	35
8.2.2. Étages de végétation méditerranéenne	36
8.3. Les vents	37
8.4. Humidité	38
8.4.1. Influence du taux d'humidité sur l'inflammabilité	40
8.5. Synthèse climatique	41
8.5.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson	41
8.5.2. Quotient pluviométrique d'Emberger.....	42

Chapitre III

MATERIEL ET METHODE D'ETUDE

1. Aperçu générale su la zone d'étude: la foret d'Ifri.....	45
2. Objectif de l'étude.....	46
3. Choix la zone d'étude et placettes d'échantillonnage	46
3.1. La zone d'étude	46
3.2. Les placettes d'échantillonnage	47

4. Les relevés d'étude	48
5. Relevés géographiques et topographiques	48
6. Données végétations accompagnatrice du chêne liège	49
6.1. importance de la végétation post-feu	49
6.2. Inflammabilité et combustibilité des espèces végétales.....	50
7. Données arbres du chêne liège	53
7.1. Descripteurs forestiers	53
7.1.1. Descripteurs dendrométriques	53
7.1.2. Descripteurs d'exploitation.....	55
7.1.3. Descripteurs sanitaires	57
7.2. Sévérité de feu sur le peuplement de chêne liège	59

Chapitre IV

RESULTAT ET DISCUSSION

Résultats **66**

1. Caractéristiques de la végétation.....	66
1.1. Distribution de taux de recouvrement des espèces et des strates.....	66
1.2. Inflammabilité et combustibilité des espèces végétales.....	68
1.2.1. Classification des espèces végétales par notation.....	68
1.2.2. Description (inflammation/combustion) et couvert végétal	70
1.2.3. Classification (inflammabilité / combustibilité) en fonction des strates	71
1.2.4. Indice d'inflammabilité et de combustibilité.....	72
2. Caractéristiques de milieu forestier.....	73
2.1. Description de peuplement de chêne liège par strates	73
2.2. Etat dendrométrique des arbres.....	74
2.2.1. Hauteurs totales des tiges	74
2.2.2. Circonférences à 1,30m des tiges	75
2.2.3. Diamètres et structure de peuplement	75
2.2.4. Productivité de la forêt	76
2.3. Etat d'exploitation des arbres.....	77
2.3.1. Epaisseur de liège	77
2.3.2. Hauteurs et coefficients d'écorçages	78

2.4. Etat sanitaire..... 80
2.4.1. Reprise végétative et indice de santé..... 80
2.4.2. Les crevasses et état de bois du tronc 81
2.5. Sévérité de feu..... 82

Discussion..... 84

Conclusion générale et recommandation..... 89

Références bibliographiques

Annexes.....

Liste des figures

Fig 1 : chêne liège brûlé en été 2012 et régénéré dans la forêt d'Ifri.....	4
Fig 2 : Divers produits de transformation du liège.....	5
Fig 3: Aire de répartition du chêne-liège en Algérie.....	6
Fig 4: Situation géographique des principales subéraies dans les monts de Tlemcen.....	7
Fig 5: Evolution annuelle des superficies de chêne liège (ha) parcourues par le feu	8
Fig 6 : les facteurs influencent les dégâts d'incendie sur le chêne liège.....	16
Fig 7 : Degrés de brûlures des arbres du chêne liège.....	17
Fig 8 : Le liègez flambé et la fabrication des panneaux d'isolation à JLE de Jijel.	18
Fig 9 : Vue générale des peuplements du chêne liège transformés en maquis clair à Tlemcen (a), Bejaia (b), Jijel (c) et Skikda (d).....	20
Fig 10 : comportement du chêne liège après incendie.....	22
Fig 11 : modèle de comportement du chêne liège après incendie.....	23
Fig 12 : localisation géographique de la forêt d'Ifri.....	25
Fig 13 : vue générale de la subéraie d'Ifri (a,b) un arbre brûlé en 2012 exploité en 2019 (c) et une pile de liège flambé récolté en 2019.....	26
Fig 14 : le réseau hydrographique d'Ain Fezza.....	29
Fig 15 : variations des précipitations moyennes mensuelles (IFRI 1999-2019).....	31
Fig 16 : variations des précipitations moyennes annuelles (IFRI 1999-2019).....	31
Fig 17: variations des températures moyennes mensuelles (IFRI 1999-2019).....	34
Fig 18 : variations des températures moyennes annuelles (IFRI 1999-2019).....	35
Fig 19 : variation de vitesse moyenne mensuelle de vent (IFRI 1999-2019)	37
Fig 20: variation de vitesse moyenne mensuelle de vents (IFRI 1999-2019).....	38
Fig 21 : variation des moyennes mensuelles d'humidité relative (IFRI 1999-2019).....	39
Fig 22: variation des moyennes annuelles d'humidité relative (IFRI 1999-2019).....	39
Fig 23: diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussien (IFRI 1999-2019)	41
Fig 24 : localisation de la zone d'étude dans le climagramme du Quotient pluviothermique d'Emberger.....	43
Fig 25 : degrés de sévérité des arbres brûlés en été 2012 (faible:a,b) et forte (c,d).....	45
Fig 26: état de la végétation de la forêt d'Ifri brûlée en août 2012 entre 2013 et 2020	46

Fig 27 : localisation satellitaire de la station d'étude -foret d'Ifri.....	47
Fig 28 : schéma explicatif de la méthode utilisée pour l'échantillonnage.....	47
Fig 29 : schéma explicative de différents facteurs contribuent à la sévérité du feu.....	59
Fig 30 : etat d'embrossaillement de la station d'étude.....	66
Fig 31: distribution horizontale et taux de recouvrement des espèces inventoriées avec le chêne liège (début juillet 2021) à Ifri	66
Fig 32: les différents strates des espèces (la distribution verticale)	67
Fig 33: variation du délai d'inflammation de couverture végétale.....	70
Fig 34: variation de durée de combustion de couverture végétale.....	70
Fig 35: représentation de l'inflammabilité des espèces végétales en fonction des strates.....	71
Fig 36: représentation de la combustibilité des espèces végétales en fonction des strates.	71
Fig 37: répartition de différents strates des arbres de chêne liège dans la station.....	73
Fig 38: Répartition des hauteurs moyennes des arbres échantillons par catégorie	74
Fig 39: Répartition des circonférences moyennes par catégorie de tiges.....	75
Fig 40: Répartition de diamètre par catégorie d'arbre (à gauche) et principales catégories de bois (à droite).....	76
Fig 41: Répartition de la surface terrière par catégorie d'arbre.....	77
Fig 42: Répartition par classe des épaisseurs du liège des arbres échantillons.....	78
Fig 43: Répartition des hauteurs et coefficient d'écorçages des arbres échantillons récoltés en été 2019 par classes.....	79
Fig 44: Répartition de la reprise végétative des arbres échantillons par classes et catégories sanitaires.....	80
Fig 45: Vue générale de l'état de santé du peuplement.....	81
Fig 46: Répartition de l'état crevasse (gauche) et l'état de bois (droite) de tronc des arbres échantillons par classes.....	81
Fig 47: Quelques exemples de mauvais état de tronc d'arbres de chêne liège à Ifri.....	82
Fig 48: Représentation graphique de la sévérité de feu des arbres échantillons.....	83

Liste des tableaux

Tab 1 : Bilan des incendies des forêts de chêne liège dans la région Tlemcen durant la période 2007-2015	9
Tab 2 : Statistiques concernant les incendies de la forêt d'Ifri	10
Tab 3: Résistance des arbres pour un feu d'intensité moyenne	21
Tab 4 : Données géographiques de la forêt d'Ifri.....	30
Tab 5 : précipitations Moyennes mensuelles et annuelles d'IFRI (période 1999-2019).	31
Tab 6 : Régime pluviométrique saisonnier de la station (IFRI 1999-2019).....	33
Tab 7: températures moyennes mensuelles et annuelles de la station (IFRI 1999-2019).....	34
Tab 8 : Amplitudes thermiques et types de climat de la station (IFRI 1999-2019).	36
Tab 9 : Moyennes mensuelles de la vitesse des vents en m/s (IFRI 1999-2019).....	37
Tab 10 : les moyennes mensuelles d'humidité relative de la station (IFRI 1999-2019).....	39
Tab 11 : Influence du taux d'humidité sur l'inflammabilité	40
Tab 12 : Les caractéristiques géographique et topographique de la station d'étude.....	48
Tab 13 : abondance de végétation en fonction de taux de recouvrement %	50
Tab 14 : Principales strates de distribution verticale des espèces végétales	50
Tab 15 : Paramètres pris en compte pour la classification des indices (inflammabilité/combustibilité)	53
Tab 16 : Principales classes de catégorie de bois.....	54
Tab 17 : relevés dendrométriques de différentes catégories d'arbre mesurées de chêne liège.....	55
Tab 18 : distribution des épaisseurs du liège par classe et catégorie	56
Tab 19 : les différentes classes de relevées d'exploitation.....	56
Tab 20 : distribution sanitaire par classe de reprise végétative des arbres brûlés	57
Tab 21 : classes et signification de l'état de tronc (crevasses et surface de bois).....	58
Tab 22 : principales catégorie de santé du peuplement du chêne liège prises en compte en fonction de (IS).	58
Tab 23 : probabilité mortalité/survie de chêne liège en fonction de la sévérité de feu (Sv).	60
Tab 24 : principaux facteurs de mortalité ou survie des arbres selon les auteurs.	61
Tab 25: effet de l'épaisseur du liège (age) sur la sévérité du feu selon les sources.....	62
Tab 26: Taux de survie des jeunes sujets de chêne liège selon leurs dimensions pour un feu de forte intensité.....	62
Tab 27: Facteurs de risque et probabilité de sévérité du feu.....	63
Tab 28 : Classification des espèces végétales en fonction de la note d'inflammabilité.....	68
Tab 29 : Classification des espèces végétales en fonction de la note de la combustibilité.....	69

Les des abréviations

Br : brins de chêne liège

C: circonférence

CA: catégorie d'arbre

CE: coefficient d'écorage

CFT : conservation des forêts Tlemcen

D: diamètre

DGF : direction générale des forêts

DH : distribution horizontale

DV: distribution verticale

E : épaisseur de liège

EBT: état bois du tronc

ECT: état crevasse du tronc

H: hauteur

HE: hauteur d'écorage

HF: hauteur de fut

NR : arbres de chêne liège non récoltés

RA : arbres de chêne liège récoltés avant 2019

R19 : arbres de chêne liège récoltés en 2019

RV: reprise végétative

S: surface terrière

Sv : sévérité de feu

TR : taux de recouvrement de placette

Résumé

Titre : Vulnérabilité du chêne liège de la forêt d'Ifri aux incendies : Evaluation des risques en cas de futur feu de forêt

Résumé : L'évaluation de la vulnérabilité du chêne liège (*Quercus suber*) au prochain feu de forêt après 9 ans de celui de l'été 2012 a été réalisée dans la forêt d'Ifri (Tlemcen). Pour cela, nous avons installé une station de 400 m² en fin juin 2021 dans l'objectif principal est d'évaluer les risques de feu de forêt, de distinguer les facteurs qui influent sur la vulnérabilité de cette subéraie aux incendies, et enfin d'établir des stratégies qui permettent de contrôler la gravité des risques et de réduire les pertes par incendie. Les caractéristiques de sous-bois comme facteur indicateur d'intensité du feu et de sévérité du peuplement ont été étudiées à partir de 40 unités d'échantillonnage (inventaire et importance de végétation). Plusieurs paramètres ont été relevés au niveau de 238 arbres (dendrométrie, état de santé, exploitation, état de tronc). Les résultats des analyses ont démontré le développement d'un sous-bois très inflammable et très combustible qui contribuerait à un risque élevé de sévérité du feu. Le ciste de Montpellier est le plus abondant avec un taux de recouvrement supérieur à 80%. Ce développement expose le peuplement au danger d'un feu intense. L'évaluation de l'état sanitaire, d'exploitation et dendrométrie des arbres pourraient grandement contribuer à un degré de sévérité élevé (taux mortalité élevé). En revanche, qu'un taux de survie de 50 % pourrait atteindre pour les tiges de plus de 7 cm de diamètre, une épaisseur de liège supérieure à 2.0 cm, une bonne reprise végétative de la couronne et un tronc sain. Ces facteurs assurent une probabilité de survie des arbres à plus de 60%. En effet, la capacité de régénération des houppiers dans le temps a montré une reconstitution élevée des cimes, un bon état de bois avec l'absence des crevasses de tronc dans la majorité des arbres. Donc, ces arbres auront une faible probabilité de mortalité en cas de futur feu. L'estimation de ces résultats nous fait dire que le futur incendie dans la forêt d'Ifri est sévère caractérisé par un taux de mortalité des tiges supérieure à 50%.

Mots clés : chêne liège, Incendie, vulnérabilité, sévérité de feu, inflammabilité, combustibilité, Ifri,

Title: Vulnerability of cork oak trees to fires in Ifri forest: Risk assessment in the event of a future wildfire

Abstract: The vulnerability assessment of the cork oak (*Quercus suber*) to the next wildfire after 9 years of that of summer 2012 was carried out in the Ifri forest (Tlemcen). For this, we installed a 400 m² plot at June 2021 with the main objective of assessing the risks of forest fires, to distinguish the factors that contributed the vulnerability of this cork oak forest to fires, and finally to establish strategies to control the severity of risks and reduce fire losses. The characteristics of undergrowth as an indicator factor of fire intensity and stand severity were studied using 40 sampling units (inventory and importance of vegetation). Several parameters were recorded for 238 trees (dendrometry, state of health, harvesting, state of trunk). The results of the analyzes demonstrated the development of a very flammable and very combustible undergrowth which would contribute to a high risk of fire severity. The Montpellier cistus is the most abundant with a recovery rate of over 80%. This development exposes the stand to the danger of intense fire. The assessment of the health, exploitation and dendrometry of trees could greatly contribute to a high degree of severity (high mortality rate). On the other hand, 50% survival rate could be achieved for stems over 7 cm in diameter, cork thickness greater than 2.0 cm, good vegetative crown recovery and a healthy trunk. These factors ensure a tree survival probability of over 60%. Indeed, the regeneration capacity of the crowns over time showed a high reconstitution of the crowns, a good state of wood with the absence of trunk cracks in the majority of the trees. So these trees will have a low probability of mortality in the event of a future fire. The estimation of these results leads us to say that the future fire in the Ifri forest is severe characterized by a stem mortality rate of over 50%.

Key words: cork oak, Fire, vulnerability, fire severity, flammability, combustibility, Ifri.

العنوان حساسية أشجار البلوط الفلين للحرائق في غابة إيفري: تقييم المخاطر في حالة اندلاع حرائق

الغابات في المستقبل

الملخص: تم إجراء تقييم مدى تأثير بلوط الفلين (*Quercus suber*) بحرائق الغابات بعد 9 سنوات من صيف 2012 في غابة إيفري (تلمسان). لهذا الغرض، قمنا بتركيب محطة بمساحة 400 متر مربع في نهاية يونيو 2021 بهدف رئيسي هو تقييم مخاطر حرائق الغابات، وتمييز العوامل التي تؤثر على تعرض غابة الفلين هذه للحرائق، وأخيرًا وضع استراتيجيات التي تتحكم في شدة المخاطر وتقلل من خسائر الحرائق. تمت دراسة خصائص الشجيرات كمؤشر لشدة الحريق وخطورة الوقوف من 40 وحدة أخذ العينات (جرد وأهمية الغطاء النباتي). تم تسجيل العديد من المتغيرات لـ 238 شجرة (قياس الشجرة، الحالة الصحية، الاستغلال، حالة الجذع). أظهرت نتائج التحليلات تطوير نبتة شديدة الاشتعال وقابلة للاشتعال للغاية والتي من شأنها أن تساهم في ارتفاع مخاطر شدة الحريق. تعد نبتة المونبلييه الأكثر وفرة بمعدل استرداد يزيد عن 80%. يعرض هذا التطور الموقف لخطر نشوب حريق شديد. يمكن أن يساهم تقييم الحالة الصحية للأشجار واستغلالها وقياس شجرها بشكل كبير في درجة عالية من الشدة (معدل وفيات مرتفع). من ناحية أخرى، يمكن تحقيق معدل بقاء بنسبة 50% للسيقان التي يزيد قطرها عن 7 سم، وسماكة الفلين أكبر من 2.0 سم، والانتعاش الخضري الجيد للتاج وجذع صحي. تضمن هذه العوامل احتمال بقاء الشجرة بنسبة تزيد عن 60%. في الواقع، أظهرت قدرة التجديد للتيجان بمرور الوقت إعادة تكوين عالية للتيجان، وحالة جيدة من الخشب مع عدم وجود تشققات في الجذع في غالبية الأشجار. لذلك سيكون لهذه الأشجار احتمال ضئيل للوفاة في حالة نشوب حريق في المستقبل. تقدير هذه النتائج يقودنا إلى القول إن الحريق المستقبلي في غابة إيفري حاد يتميز بمعدل وفات للأشجار يزيد عن 50%.

الكلمات الأساسية: بلوط الفلين، النار، الضعف، شدة الحريق، القابلية للاشتعال، الاحتراق، إيفري،



Introduction

générale

Introduction générale

En Méditerranée, les incendies de forêt représentent un fléau majeur pour les écosystèmes et sont le résultat de l'interaction de facteurs physiques, biologiques et anthropique (Haneoui., 2013). Ils constituent la principale perturbation naturelle responsable de la dynamique de la végétation (Filipe et al., 2013). L'incendie de forêt reste incontestablement un des facteurs de dégradation les plus dévastateurs dans le bassin méditerranéen, lequel est caractérisé par une végétation très inflammable et des conditions climatiques chaudes et sèches (Cherki et Gmira., 2013).

L'incendie de forêt est devenue un phénomène très répandu et tellement grave qu'on peut le médiatiser de catastrophe naturel. Les formations forestières de l'Algérie subissent chaque année de considérables dégâts du fait des feux sauvages et incontrôlés et la couverture végétale et pédologique est très affectée (Morsli et al., 2013).

Les forêts de chêne liège en Algérie sont soumises à plusieurs facteurs de dégradations, dont le plus important est les incendies, qui ont provoqué, depuis des années, des dépérissements très inquiétants particulièrement nocifs pour l'aspect écologique et économique des subéraies.

La surface forestière en chêne liège en Algérie est en constante régression dont les conséquences sont la disparition de cet écosystème typique de la méditerranée mais aussi la réduction de la production en liège (Bouhraoua., 2013). La récurrence des feux et la déficience de la régénération naturelle sont des facteurs explicatifs de la réduction de la superficie des subéraie et de production du liège en Algérie (Bouhraoua et al., 2014).

Bien que le chêne liège (*Quercus suber*) soit considéré comme une espèce à haute résistance et résilience dépend largement de la présence des traits adaptifs qui protègent ses tissus et des réserves à carbohydrates. La fragilité des individus du chêne liège aux incendies et leurs capacités de régénération sont influencées par des facteurs liés à la fois aux caractéristiques spécifiques de l'arbre et de sous-bois, l'intensité de l'incendie, les caractéristiques climatiques et topographiques de la situation. L'estimation des risques d'incendie ainsi que leur sévérité sur une forêt de chêne liège nécessite une étude approfondie de ces facteurs, en particulière en ce qui concerne l'état de l'arbre.

La forêt d'Ifri à Tlemcen comme d'autres subéraies algériennes, présente un potentiel élevé de risque d'incendie, ce qui la rend vulnérable à une dégradation inévitable. Afin de comprendre le comportement et la sensibilité du chêne liège de cette forêt aux incendies, nous avons mené une étude dont l'objectif principal est d'évaluer les risques d'incendie futur de cette forêt et de mettre en évidence les résultats attendus pour asseoir les programmes de défense contre les incendies de forêts, les techniques d'assainissement et d'aménagement durable ultérieures qui contribuent à atténuer la gravité des risques.

L'approche initiée consiste à : **a)** Evaluer l'état de la subéraie d'Ifri après l'incendie 2012, **b)** Mettre en compte les facteurs influençant la vulnérabilité de chêne liège aux feu, **c)** Modéliser la sévérité de feu sur les individus de la subéraie d'Ifri en fonction des descripteurs majeurs, **d)** Développer quelques perspectives et recommandations pour l'aménagement de la subéraie d'étude avant et après passage d'incendie.

A cet effet, notre travail a été scindé en quatre chapitres :

Le **chapitre I** a fait ressortir l'état des connaissances sur le chêne liège (*Quercus suber*) et sur les incendies. Le **chapitre II** est consacré à la présentation du milieu d'étude à savoir la forêt domaniale d'Ifri. Le **chapitre III** est réservé à la description de la méthodologie d'étude et à l'acquisition des données. Enfin le **chapitre IV** est consacré à la présentation des analyses des données et à la discussion des réponses à la problématique suggérée préalablement.

Nous concluons le travail avec des perspectives et recommandations adéquates pour faire face aux risques d'incendies avant et après qu'ils se produisent, c'est-à-dire l'aménagement les techniques d'assainissement de la forêt.



Chapitre I

**ETAT DES CONNAISSANCES
SUR LE CHENE LIEGE ET LES
INCENDIES DE FORET**

1. Le chêne liège (*Quercus suber L*)

Le chêne-liège (*Quercus suber L*), est une essence forestière remarquable, qui présente une grande valeur économique, grâce à sa particularité physiologique qui le distingue des autres ligneux, à reproduire une nouvelle écorce subéreuse appelée communément : liège. Ce produit a des qualités spécifiques de légèreté, de souplesse, et d'élasticité. En plus, cette espèce est assez rare puisque son aire de répartition se limite au pourtour méditerranéen occidental (Berriah., 2015).

Parmi les essences typiquement méditerranéennes, le *Quercus suber* se montre comme le mieux adapté au phénomène structural que représente l'incendie d'été puisque la protection subéreuse lui permet de résister aux passages du feu. Dans certains cas il tire même des avantages de sa régénération rapide face à la mortalité généralisée des autres essences forestières avec lesquelles il est en concurrence (Rossello., 2004).



Figure 1: chêne liège brûlé en été 2012 et régénéré dans la forêt d'Ifri (originale., 2021).

1.1. Importance économique de chêne liège

Les subéraies algériennes jouent un rôle à la fois économique, social et environnemental. Elles procurent notamment du travail à près de 3 500 personnes par ans dans le domaine des travaux sylvicoles dont la récolte de liège, auquel il faut ajouter 1500 saisonniers et permanents dans l'industrie de transformation (Bouhraoua et al., 2014).

Le liège est une ressource naturelle renouvelable qui constitue une matière première précieuse et un matériau polyvalent pour l'industrie utilisé pour une grande variété de produits. En raison de son caractère économique, actuellement il est considéré comme le deuxième produit forestier non ligneux (PFNL) après l'Alfa d'importance commercialisable parmi les produits forestiers de la Méditerranée occidentale (Catry et al., 2012) et le sixième PFNL dans le monde (FAO., 2013). La liste est longue dans l'utilisation du liège. Il rentre essentiellement dans la production du bouchon naturel qui génère 70% du chiffre d'affaire du commerce (APCOR., 2018). On trouve des objets divers, comme les volants de Badminton, les flotteurs de pêche, la chaussure, l'artisanat, etc. Dans le secteur du bâtiment on utilise beaucoup le liège comme isolant thermique et phonique, la décoration, et également dans la mise en place de murs végétaux (Roux., 2019) (Fig.2).

Le bois de chêne liège sert à la fabrication des travers de chemin de fer, et de tonneaux et autres usages en menuiserie. C'est un bois rouge clair et compact. De nos jours, ce bois est très peu utilisé, voire inutilisable en construction comme en menuiserie (Bonnier., 1990). Le bois a longtemps été apprécié, aussi, pour son utilisation en construction et la fabrication des coques de navires (Bouhraoua., 2003).



Figure 2 : Divers produits de transformation du liège (Original, 2021).

1.2. Répartition géographique et superficies des subéraies algériennes

En Algérie, le chêne Liège couvre de vastes espaces au Nord Est du pays où il recouvre près de 43 000 ha depuis les frontières marocaines aux frontières tunisiennes. Les principales subéraies algériennes sont localisées dans le Tell Oriental, situées essentiellement en zones subhumides et humides au Nord-est de l'Algérie jusqu'à la frontière tunisienne (Zeraia., 1983). Elles se répartissent à travers 22 wilayas (Ouelmouhoub., 2005).

Cependant, le premier Inventaire Forestier National (IFN 1983-84) n'a répertorié que 230 000 ha de chênes lièges, dont 140 000 ha de vieille futaie, soit 60,5 % des forêts, contre seulement 37 % de jeunes futaies et 2,5 % de taillis et perchis. Le reste de la superficie a donc évolué vers un maquis à chênes lièges (Bouhraoua., 2013). La figure 3 montre la distribution de chêne liège en Algérie.

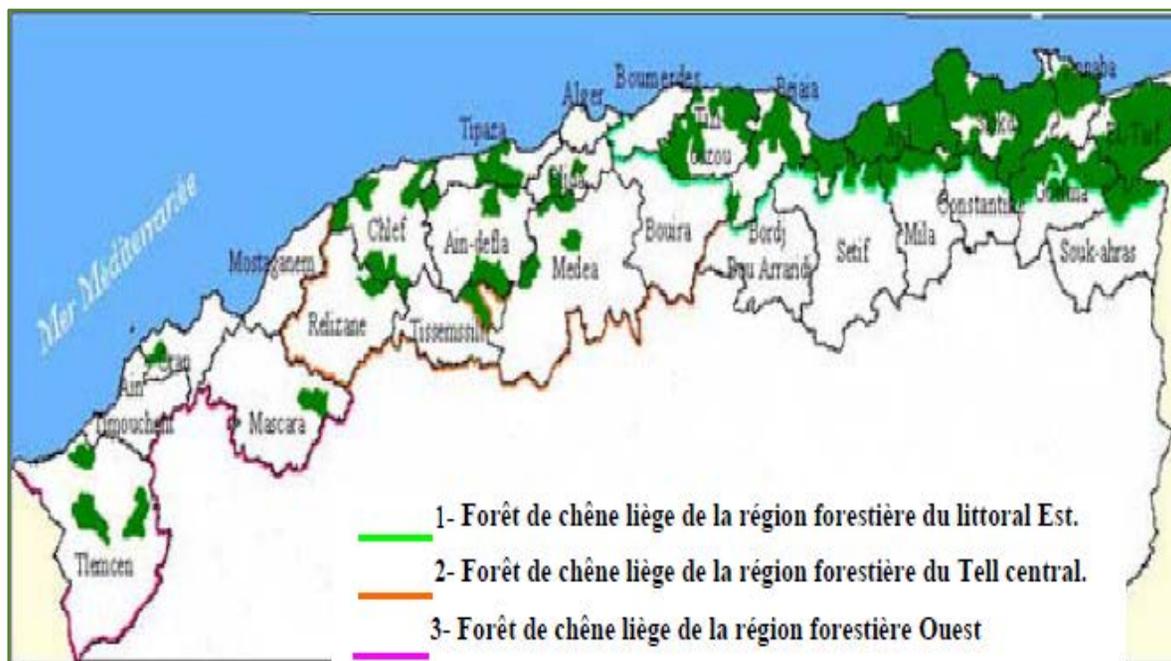


Figure 3: Aire de répartition du chêne-liège en Algérie (DGF., 2012).

- **Le chêne liège dans la région de Tlemcen**

La répartition géographique du chêne liège dans la wilaya de Tlemcen est éparse. C'est à Hafir qu'elle est la plus importante (3500 ha), viennent ensuite celles de Sidi Hamza et Ain Essouk (1125 ha), Zarifet (962 ha) Oum-EI Alou (forêt d'Yfri 24 ha). Le reste est réparti un peu partout. (Gaouar., 1980 ; Medjahdi et al., 2018) (Fig.4).

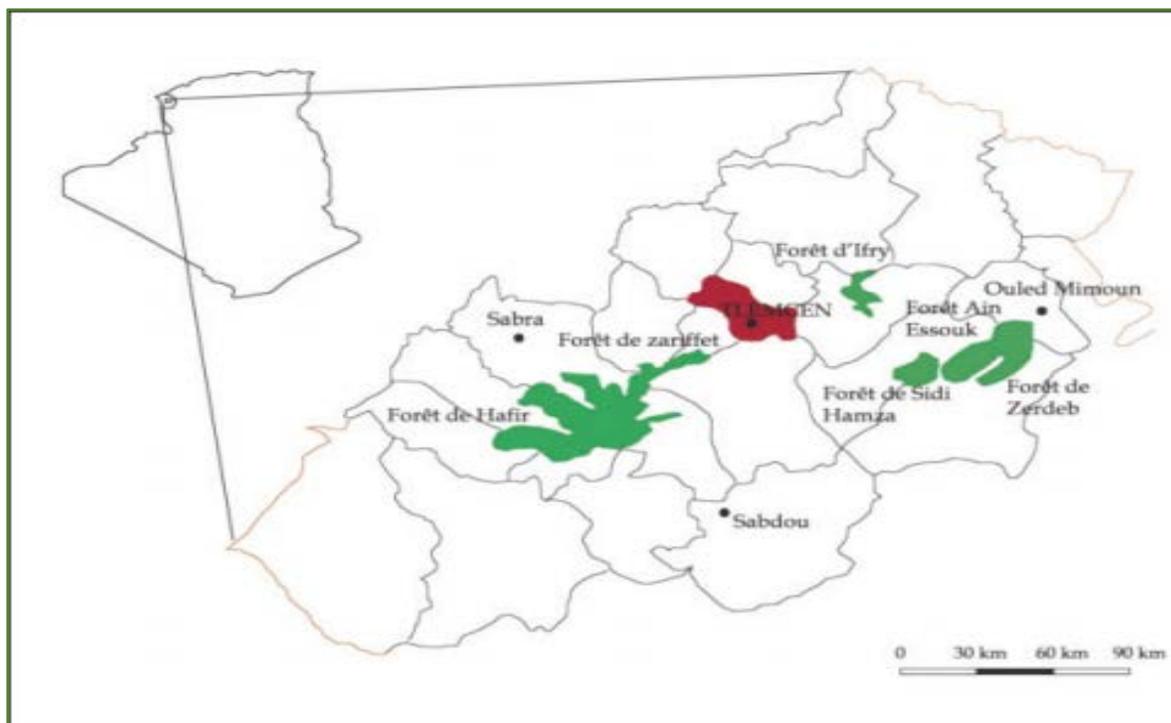


Figure 4: Situation géographique des principales subéraies dans la région de Tlemcen (Medjahdi et al., 2018).

1.3. Les subéraies algériennes face au feu

Depuis longtemps les forêts de chênes liège algériennes comme ailleurs dans la région méditerranéenne sont traversées par les feux. Des superficies variables brûlent presque chaque année. Selon DGF (2013), les statistiques fournies pour une période de 27 ans (1985-2012), montrent que les incendies de forêt ont ravagé une surface totale en chêne liège d'environ 200 000 ha ce qui représente une surface moyenne annuelle de 7300 ha (Fig.5).

D’après cette figure, on remarque que les incendies catastrophiques sont enregistrés plus particulièrement en été 1994 atteignant une surface record de 63 328 ha. D’autres de gravité moindre sont notées en 1990, 1993, 2000, 2007 et le dernier en été 2012. Durant ces années, les incendies ont atteint des surfaces variant entre 10 et 17.000 ha.

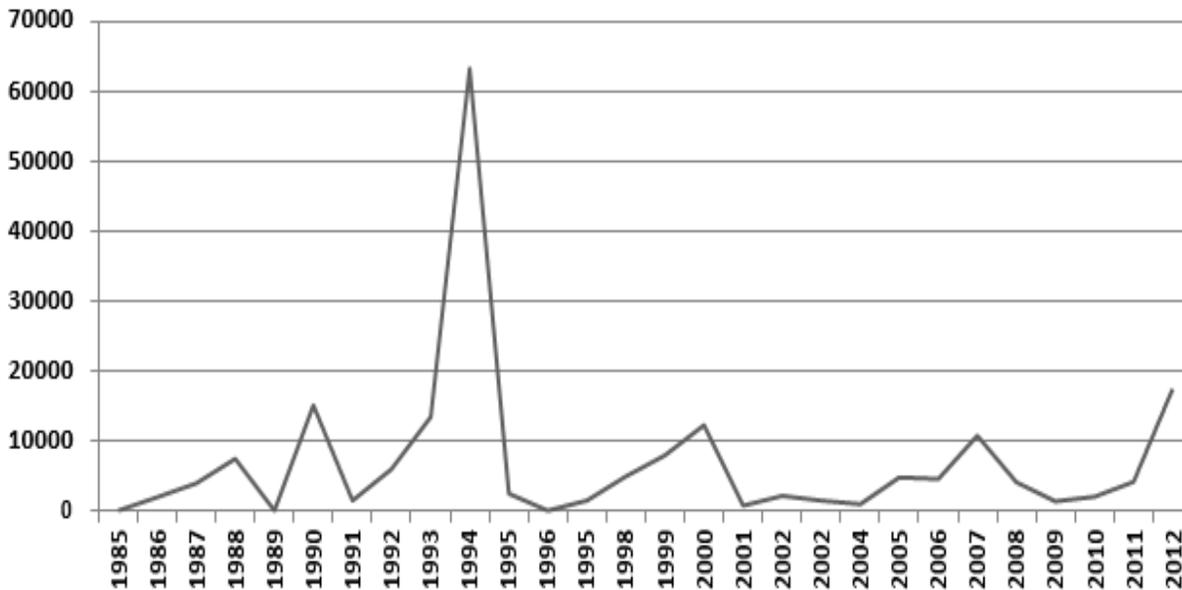


Figure 5: Evolution annuelle des superficies de chêne liège (ha) parcourues par le feu

(DGF., 2013).

- **A Tlemcen**

Le tableau 1 suivant montre le bilan des incendies de chêne liège dans la wilaya de Tlemcen durant la période allant de 2007 à 2015. On observe que les années 2007 et 2015 marquent les plus grandes superficies de chêne liège parcourues par le feu au niveau des deux communes Ain Ghoraba et Mansourah (Terny).

Tableau 1 : Bilan des incendies des forêts de chêne liège dans la région Tlemcen durant la période 2007-2015 (CFT., 2016).

Années	Daira	Commune	forêt ou Lieu-dit	Superficie Incendrée (Ha)	Essences
2007	Chetouane	Ain Fezza	Oum Allou	8	05 broussailles et 03 ch vert et liège
	Mansourah	Ain Ghoraba	Oued feden	150	38 ch liège 40 maquis ch vert 40 BR
	Mansourah	Mansourah	FD Zarifait	55	20 ch liège 35 Maquis
HORS CAMPAGNE					
2014	Ouled Mimoun	Béni Smiel	Châabet Boudali Zerdeb Sud	45	15 ha Chêne Liège - 30 ha Broussailles
	Mansourah	Terny	Zariffet	10	07 ha Broussailles - 03 ha chêne liège
	Chetouane	AinFezza	Oum Allou	1,5	01 ha Broussailles - 0,5 chêne liège
2015	Chetouane	AinFezza	Tafrenet	03	Broussaille (Calycotum-Oléastres-Doum-Diss) +quelque sujets Chêne Liège
	AinTellout	AinTellout	Djorf El Ougab - FD Slissen	15	Broussailles
	Mansourah	Mansourah - Terny	Zariffet	208	35 ha Forêt de Chêne l- 67 ha Maquis dégradé de Chêne vert - 106 ha Broussailles (Doum-Diss-Calycotum) et quelques sujets de pin d'Alep
	Mansourah	Béni Mester	Tadjra (AinDouz)	1,5	Broussailles et quelques sujets de Chêne Liège
	Mansourah	AinGhoraba	FD Hafir - Canton Oued Tlat	05	02 ha : Chêne Lièges - 03 ha : Broussailles

- **A Ifri**

Pendant les dernières décennies, la forêt d'Yfri a été affrontée par plusieurs facteurs de dégradations dont le plus sévère été les incendies de forêt. Ces derniers ont sérieusement aggravé les écosystèmes surtout après les années de grande sécheresse (Santiago-Beltran., 2003). Les incendies les plus importants sont mentionnés dans le tableau 2 suivant :

Tableau 2: Statistiques concernant les incendies de la forêt d'Ifri (Belkhodja., 2015).

Année	1994	1995	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2012
Surface	137	10	02	01	245	86	04	11	50
Nombre	3	3	1	1	3	3	3	2	3

La lecture de ce tableau, montre que la forêt a été soumise à un nombre important de d'incendies de forêt. Dans un espace de 18ans, près de 22 départs de feu ont été enregistrés dans la forêt d'Yfri. Ces feux ont affecté de grandes superficies de couverture végétale (forêts, maquis et broussailles) brûlées presque chaque année. Les années les plus catastrophiques sont enregistrées en 1994 et 2004 et avec un degré moindre en 2005 et 2012.

2. Les incendies de forêts

Le feu est une perturbation fréquente dans les zones méditerranéennes, avec des effets directs, indirects et parfois différés importants sur les écosystèmes. En raison des récents changements d'utilisation des terres et du changement climatique prévu, les incendies devraient augmenter en nombre et/ou devenir plus graves au cours des prochaines décennies. Ainsi, les modèles de végétation peuvent être modifiés en raison des changements prévus du régime des feux. Les systèmes forestiers de chêne-liège en particulier sont susceptibles de devenir régionalement menacés si la tendance actuelle se poursuit, montrant qu'une enquête multidisciplinaire est nécessaire. Le régime des feux fait référence à la nature, la récurrence (fréquence, c'est-à-dire le nombre d'incendies, et le retour du feu, c'est-à-dire l'intervalle de temps entre deux incendies successifs dans une zone donnée), l'intensité (énergie libérée), la saison et la taille des incendies (Schaffhauser et al., 2012).

2.1. Caractéristiques principales du feu

- **Intensité**

L'intensité du feu représente l'énergie dégagée au cours des différentes phases d'un incendie. Cette mesure est particulièrement utile pour comprendre le comportement des incendies dans les forêts (Keeley., 2009). Elle est directement proportionnelle à la gravité des incendies dans la plupart des forêts, et peut s'exprimer en termes d'effets sur la végétation, l'habitat et dans certains cas, les infrastructures humaines (David et al., 2012). Elle joue un rôle-clé dans la propagation du feu par le biais du phénomène de transfert de chaleur (conduction, convection et rayonnement) (Cherki et Gmira., 2013 ; Pimont et al., 2014).

- **Sévérité**

De la nécessité de fournir une description de la façon dont l'intensité du feu affecte les écosystèmes forestiers est née le concept de la sévérité du feu. Ce concept intègre les modifications des propriétés physiques, chimiques et biologiques d'un site donné comme résultats de l'action du feu (Keeley., 2009). Les surfaces forestières brûlées n'auront pas forcément le même degré d'altération ou de gravité, ceci est attribuable à l'hétérogénéité des facteurs de milieu (topographie, végétation, météorologie) (Cherki et Gmira., 2013).

- **Chaleur**

La chaleur est la température à partir de laquelle les combustibles prennent feu. Cette température est appelée « point d'inflammation (Rebai., 1983). Avec les combustibles forestiers, un apport extérieur de chaleur n'est nécessaire que pour amorcer le phénomène de combustion, une fois les matériaux en ignition (Trabaud., 1979).

2.2. Facteurs influençant l'impact du feu sur la végétation

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. L'inflammabilité

dépend particulièrement de la composition chimique des végétaux ainsi que des paramètres météorologiques (Abdi., 2014).

2.2.1. Les conditions météorologiques

L'intensité, la fréquence et l'importance de l'incendie sont en rapport avec le milieu physique et végétal qui se caractérise par les facteurs climatiques déterminants, la structure et la composition de la végétation. La naissance et la propagation des incendies sont dépendante de la présence et de la réunion des différentes conditions naturelles et des causes d'origine souvent humaines (Bouretaa et Brika., 2019).

Les paramètres météorologiques tels que les précipitations, la température, 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 (Abdi., 2014).

- **Précipitations**

Elles Présentent 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. Il suffit Seulement une petite quantité d'eau pour ralentir l'inflammabilité des graminées. Mais son effet ne dure pas (Kaiss et al., 2007).

En revanche, les fortes pluies réduisent l'inflammabilité de combustibles les plus important tels que les grosses branches tombées à terre. L'effet bénéfique de fortes précipitations hivernales peut ainsi être annulé pour un printemps et un été longs et secs (Khalid., 2008).

- **Températures**

La principale source de chaleur est le soleil, le combustible exposé au soleil se réchauffe plus rapidement que celui sous couvert forestier, il peut y avoir jusqu'à 10 C° de différence. La température peut avoir une influence directe par le réchauffement ou le refroidissement des matériaux ou indirecte par la modification du contenu et humidité de l'atmosphère. Pour cette raison, les pics de température sont fortement redoutés du fait de la facilité de combustion de la végétation (Bekdouche., 2010).

Autrement, plus la température ambiante est élevée, plus la température du combustible végétal mort ou vivant est élevé aussi, et moins la chaleur nécessaire à son inflammation est importante (Trabaud., 1989).

• **L'humidité relative**

Les modifications que connaît la teneur en humidité relative, exercent des effets importants sur les matériaux combustibles. Si le contenu de l'air en humidité est élevé, les combustibles s'humidifient et deviennent difficilement inflammables. Cependant, si l'air est sec, le taux d'évaporation de l'humidité des combustibles sera plus élevé ce qui augmentera l'inflammabilité de la forêt (Bouretaa et Brika., 2019).

L'état hydrique des formations végétales qui constituent le couvert végétal, en relation avec le niveau des réserves en eau des sols, est évidemment le premier facteur de risque pour les incendies de forêts sous l'angle de l'influence des facteurs climatiques (Seguin., 1990).

• **Le vent**

Selon Blin (1974), parmi les paramètres intervenant dans le déclenchement et la propagation des incendies de forêt, on cite le vent qui joue un rôle particulièrement important. Son action est multiple :

- ✓ Il favorise le dessèchement des végétaux et des sols, augmentant ainsi les risques d'éclosion des feux ;
- ✓ Il couche et allonge les flammes, favorisant donc la migration du feu ;
- ✓ Par apport de nouvelles quantités d'oxygène, il augmente la masse de comburant mis à la disposition du feu ;
- ✓ Par sa vitesse, sa turbulence, son type d'écoulement, il transporte parfois fort loin des brindilles enflammées allumant de nouveaux foyers en aval des sauveteurs.

2.2.2. Caractéristiques du combustible (végétation)

Les combustibles interviennent dans la propagation des incendies par leur nature, leur grosseur, leur disposition, leur quantité, leur distribution, mais surtout par leur composition chimique ainsi que leur teneur en humidité (Ammari., 2011).

L'inflammabilité et la combustibilité sont des paramètres qui permettent de caractériser le comportement de la végétation par rapport au feu :

- ✓ L'inflammabilité influe sur l'éclosion du feu ;
- ✓ La combustibilité intervient dans la propagation de l'incendie (Colin et al., 2001).

• Inflammabilité

L'inflammabilité qualifie la facilité du matériel végétal à s'enflammer sous l'action d'un apport de chaleur. Elle caractérise la quantité d'énergie nécessaire à la dessiccation du végétal et à la pyrolyse et elle peut être définie pour un élément végétal (rameau, feuille, fragment d'écorce), pour une espèce végétale ou pour une formation végétale. L'inflammabilité d'un végétal varie en fonction de sa teneur en eau et de son état phénologique, donc en fonction de la saison. Des mesures réalisées tout au long de l'année permettent de suivre l'évolution de l'inflammabilité au cours des mois, notamment pendant la saison à risque (Colin et al., 2001).

Selon Valette (1990), L'analyse des variations de l'inflammabilité est destinée à :

- Suivre l'évolution du risque d'éclosion d'incendies que présentent les principales espèces en tenant compte de leur place respective dans les diverses formations forestières ;
- Hiérarchiser ces espèces entre elles selon ce critère ;
- Élaborer des aménagements adaptés aux usages multiples de la forêt méditerranéenne.

• Combustibilité

La combustibilité traduit la puissance du feu qu'une formation végétale, de par ses caractéristiques, (composition en espèces, biomasse, structure) peut alimenter sans considérer

l'influence du relief et du vent. Elle caractérise l'aptitude du matériel végétal à propager l'incendie, c'est-à-dire à brûler en dégageant suffisamment d'énergie pour entraîner, par transfert de chaleur, l'inflammation des végétaux voisins. C'est un concept applicable à une espèce végétale ou à une formation végétale. La combustibilité d'une formation végétale est corrélée à la biomasse participant à la combustion, aux pouvoirs calorifiques des espèces qui la composent, à la structure et à la teneur en eau, c'est-à-dire à la saison (Colin et al., 2001).

- **Structure**

Il se répartit en quatre strates:

1. La litière : très inflammable, elle est à l'origine d'un grand nombre de départs de feux, difficiles à détecter, car se consumant lentement.
2. La strate herbacée : d'une grande inflammabilité, le vent peut y propager le feu sur des grandes superficies.
3. La strate des ligneux bas (maquis, garrigue) : d'inflammabilité moyenne, elle transmet rapidement le feu aux strates supérieures.
4. La strate des ligneux hauts : rarement à l'origine d'un feu, elle permet cependant la propagation des flammes lorsqu'elle est atteinte ; ce sont les feux de cimes (Abdi., 2014).

- **Teneur en eau**

La sécheresse du combustible végétal exerce une influence capitale sur l'inflammation. A l'inverse une humidité trop importante empêche la propagation du feu. De nombreuses études montrent que l'inflammation ne peut avoir lieu que pour une teneur en eau inférieure à 7 %. Par conséquent, la nature du combustible, mort ou vivant, influe sur le temps nécessaire à l'inflammation. La teneur en eau influe à la fois sur l'inflammabilité de la végétation mais aussi sur leur combustibilité (Margerit., 1998).

2.2.3. Caractéristiques de relief

La topographie joue un rôle très important au comportement du feu par l'accélération ou au contraire le ralentissement de la propagation du feu. Dans les montées, sur un versant à forte pente, dans le sens du vent, le feu accélère sa propagation. Alors par contre dans les descentes, il ralentit; mais il peut se propager sur l'autre versant par des sautes provoquées par le vent (Zaoui., 2013).

3. Impact des incendies sur l'écosystème subéraie

L'écosystème subéraie est le plus vulnérable aux incendies, chaque année des milliers d'hectares de forêts de chêne liège méditerranéen sont brûlées, L'impact initial des feux de forêt est la destruction de la canopée, appareil aérien de l'arbre (Berberis et al., 2003), La vulnérabilité au feu est fonctionnelle pour aboyer l'épaisseur et, ensuite, le nombre d'années après l'éboulement et la gravité des brûlures (Catry et al., 2012). Les dégâts sont très variables en fonction de l'intensité et de la vitesse de passage du feu, et ils correspondent aux circonstances spécifiques de chaque forêt et de chaque incendie (Rossello., 2004). Les feux de forêt contribuent également au phénomène du « déclin du chêne-liège » causé par un complexe de facteurs abiotiques et biotiques (Catry et al., 2009), favorisant l'attaque subséquente par des agents pathogènes. Les principaux facteurs intervenant dans les dégâts d'incendie sur le chêne liège sont montrés dans la figure 6 suovant (Amandier., 2004).

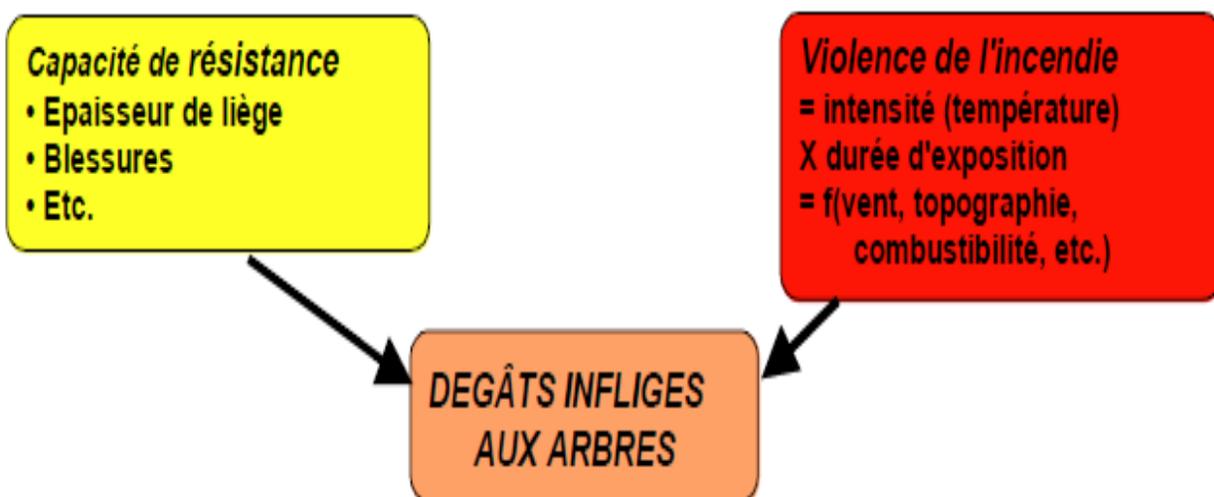


Figure 6: les facteurs influencent les dégâts d'incendie sur le chêne liège (Amandier., 2004).

3.1. Dégâts sur l'arbre

Selon Veille., (2004), Les conséquences du feu sur les arbres vont dépendre de l'intensité de celui-ci. A l'aide d'un diagnostic simple, il est facile de déterminer la violence du feu subi par les arbres. Une échelle, non officielle, a été élaborée par des techniciens, à partir d'observations faites sur le terrain (Amandier., 2004) (Fig.7)

-premier degré : le feuillage de l'arbre est visible, roussi, avec quelques feuilles encore vertes, le liège n'a pas brûlé sur toute sa hauteur. L'arbre va très certainement réagir et reconstituer un houppier ;

-deuxième degré : le feuillage est absent, mais de nombreux rameaux fins sont encore visibles. Le liège est noir sur presque toute sa surface. Les rameaux fins sont peu atteints ;

-troisième degré : plus aucune brindille n'est encore visible. Seule l'architecture principale de l'arbre est en place. Le liège a fortement brûlé au pied, et toute sa surface est calcinée. Des blessures apparentes ont pu permettre une combustion interne de l'arbre. Les arbres subissent un stress important ;

- quatrième degré : la violence du feu a provoqué l'éclatement du liège, voire la combustion totale du liège fin (moins de 1 cm). Les conséquences du feu sur la survie de l'arbre sont irréversibles.

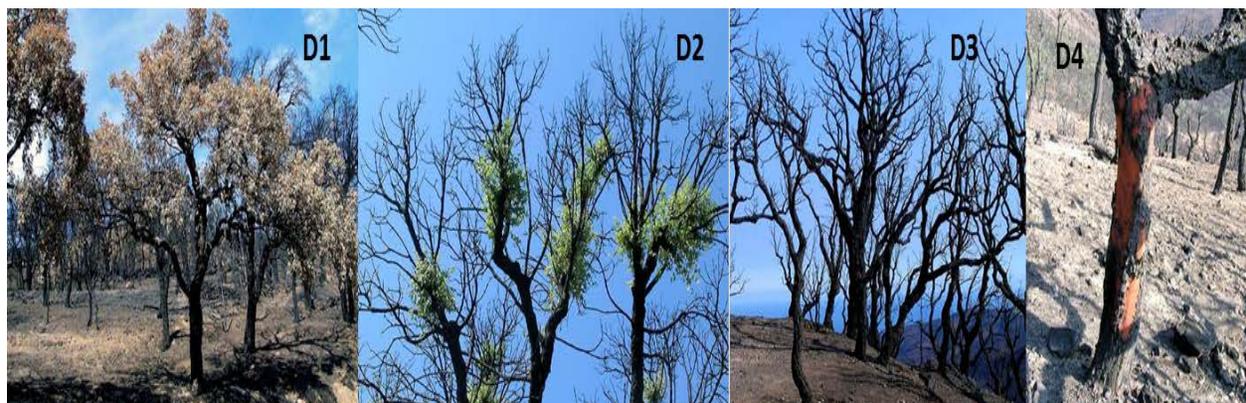


Figure 7: Degrés de brûlures des arbres du chêne liège (Amandier., 2004) : D1 (degrés 1), D2 (degrés 2 ; ect).

3.2. Dégâts sur le liège

Les dégâts sur le liège sont souvent importants, même avec des feux de faible intensité. Le liège de reproduction ne propage pas les flammes, ce qui fait que la superficie carbonisée sera celle qui a été directement exposée aux flammes. Les dégâts dépendront de la hauteur des flammes, de l'intensité du feu et de l'épaisseur du liège. Le liège mâle et les lièges des zones humides ont souvent des lichens qui sont très inflammables en été et qui peuvent parvenir à transmettre au houppier un feu à l'origine superficiel (Santiago-Beltràn et al., 2003).

D'après Abric (1974), le liège subit une triple dépréciation du fait de l'incendie :

- la forêt incendiée ne donnera pas de liège « bouchonnable » durant toute une révolution. Cette perte sur la qualité de liège se répètera donc pendant 12 ans, temps de révolution (généralement admis pour la formation d'un liège « marchand » de 25 mm d'épaisseur.

- La dépréciation du liège flambé peut être estimée à 15 % de la valeur du liège « blanc ». Car celui qui reste du liège est le « liège noir » qui a une valeur très faible (Plaisance., 1974). Il est souvent utilisé pour la fabrication du liège aggloméré expansé pur pour les panneaux d'isolation de différentes dimensions dans la bâtiment comme isolant thermique et phonique. Il est destiné à l'exportation avec un prix au mètre cube qui varie de 123 à 128 euros (Bouhraoua., 2016) (Fig.8) ;

- La perte cumulée peut être atteindre les 50 % de la valeur du liège « blanc » sur pied.



Figure 8: Le liège flambé et la fabrication des panneaux d'isolation à JLE de Jijel

(Photos Bouhraoua).

3.3. Dégâts sur les peuplements et l'écosystème

L'incendie réduit la densité globale des peuplements et il les régularise en détruisant préférentiellement les plus petits et les plus gros arbres (Amandier., 2004). D'un point de vue sylvicole et biodiversité, les répercussions sont plus délicates à observer (Prodon et al., 1989 ; Veille.,2004) :

-Le feu soumis la subéraie à une réorganisation des peuplements en supprimant toutes les jeunes classes d'âges ;

-Les jeunes sujets aux diamètres réduits sont beaucoup plus sensibles au feu ;

-Les sujets d'avenir avait moins de 20 ans a disparu totalement dans la majeure partie des subéraies ;

-Certaines espèces mêlées au chêne liège comme le pin maritime, le châtaignier et le pin d'Alep s'effaceront facilement et la forêt va se transformer en subéraie pure ;

-La biodiversité à tendance à se raréfier dans les subéraies dont la fréquence des feux est inférieure à 15 ans. Ce sont les mammifères à déplacement lent qui disparaissent plus que les oiseaux. En plus, la perturbation des populations animales, le changement qualitatif et quantitatif de la couverture végétale et la destruction de la vie microbienne, réduisent la richesse spécifique. Dans ce milieu pauvre plantes mellifères influe sur la vie des abeilles.

-Perturbation de la structure du peuplement avec réduction de la densité du peuplement (Fig.9), changement de la composition des espèces, ect

*Bouleversement de l'équilibre naturel,

*Altération du paysage : transformation de la forêt en maquis au sous-bois développé devenant plus vulnérable aux feux récurrents (Fig.9), envahissement de la végétation luxuriante qui limite toutes les possibilités de régénération naturelle et de plantations artificielles.

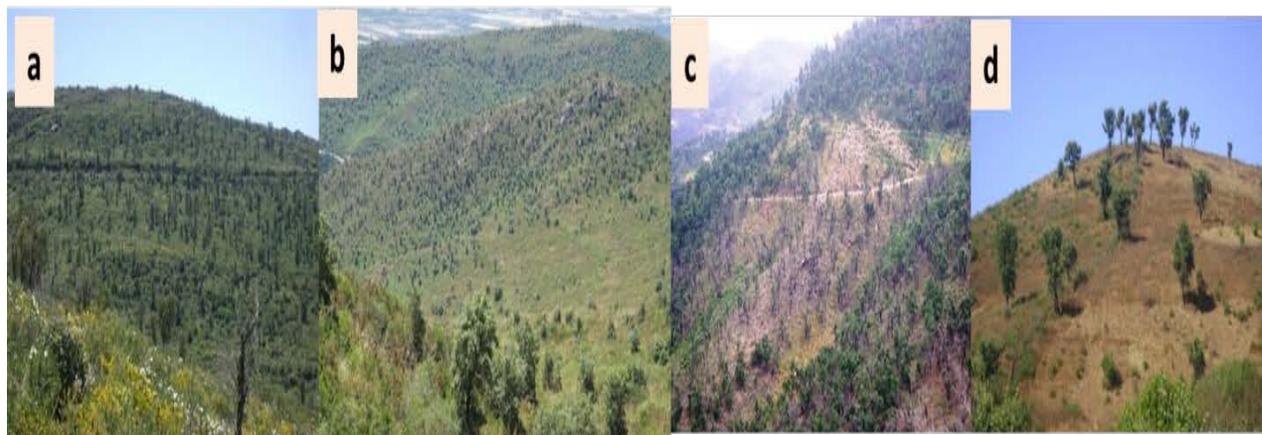


Figure 9: Vue générale des peuplements du chêne liège transformés en maquis clair à Tlemcen (a), Bejaia (b), Jijel (c) et Skikda (d) (Photos : Bouhraoua).

3.4. Rôle du liège comme couche de protection

La survie du chêne-liège suite à un incendie est estimée à 70%, grâce à la protection de son écorce qui lui procure une grande capacité de repousse. Ce pourcentage augmente lorsque la couche de liège atteint une épaisseur supérieure à 20 mm, suffisante pour apporter à l'arbre une protection adéquate contre le feu (Dubois, 1990 ; Amandier, 2004) (Tab.3). La rugosité du liège, son épaisseur, sa porosité et sa qualité pourraient influencer sur la vulnérabilité des forêts de chêne-liège aux incendies de forêt. Bien que la récolte d'écorce d'arbre soit une source de revenu importante, elle peut réduire la protection contre les incendies de forêt (Ramon Molina et al., 2018).

Les cellules de la mère, situées sous le liège, meurent lorsqu'elles sont en face à une température supérieure à 55-60°C. Les dégâts dépendront donc de l'intensité de la chaleur dégagée par l'incendie, ainsi que de cette barrière que constitue le liège (Berdón et al., 2015).

Tableau 3: Résistance des arbres pour un feu d'intensité moyenne (Amandier., 2004).

Comportement de l'arbre		Nature de la protection
<i>Très résistant</i>		Liège mâle
<i>Très résistant</i>		Liège surépais
<i>Assez résistant</i>		Liège femelle de plus de 4 ans
<i>Peu résistant</i>		Liège femelle mince
<i>Très vulnérable</i>		Croûte de démasclage
<i>Vulnérable</i>		Liège discontinu

3.5. Comportement du chêne liège après incendie

La subéraie subissait des incendies plus ou moins violents depuis une longue date, néanmoins elle persiste grâce à sa forte résistance. En effet, quelques semaines après le feu, des rejets et des drageons apparaissent en abondance. Si le chêne-liège est capable de résister à des incendies parfois violents, c'est à l'épaisseur et à la structure de son écorce (présence d'une multitude de compartiments étanches remplis d'air) qu'il doit cette aptitude. En effet, en terme thermique, le tissu subéreux figure parmi les substances douées de la plus haute capacité isolante. L'écorce liégeuse du chêne-liège est donc sa meilleure assurance vie (Bekdouche., 2010).

Si le volume de la canopée est entièrement endommagé ce n'est pas un aspect clé influençant la survie post incendie de l'arbre car le chêne liège peut facilement recouvrir sa canopée (Pausas., 1997), il a la particularité de se régénérer au niveau de la canopée et au niveau du sol d'où sa reconstitution rapide d'une structure quasi-forestière (Jacquet et Prodon., 2007). La figure 10 montre le comportement des arbres après le passage du feu (Boukhris, 2017).



Figure 10 : Comportement du chêne liège après incendie (Boukhris., 2017).

Selon Pausas (1997), le chêne liège présente deux caractéristiques uniques liées à la régénération de la couronne post-feu et à l'écorce. c'est le cambium par sa capacité de s'accommoder au stress possède des cellules capables de se différencier sous l'effet du feu, pour former des bourgeons éplicormiques (sous l'écorce) qui vont se réveiller une fois la dominance apicale levée par l'incendie (Amandier., 2004) . Ces bourgeons vont donner naissance à des rejets aériens ou à des rejets de souches et dont la survie et la mortalité est réglée par la quantité des réserves emmagasinée dans la souche (la mortalité différée) (Piazetta., 2012). En effet, *Quercus suber* est le seul chêne qui a la capacité d'avoir un phellogène active toute au long de sa vie. Il produit des couches de liège à l'extérieur (Moreira et al., 2007), qui protègent de façon adéquate les individus en empêchant au feu d'atteindre le bois. C'est une variable clé de détermination de la survie de l'arbre après incendie (Pintus et al., 2004). Le schéma suivant résume le comportement du chêne liège après incendie (Fig.11).

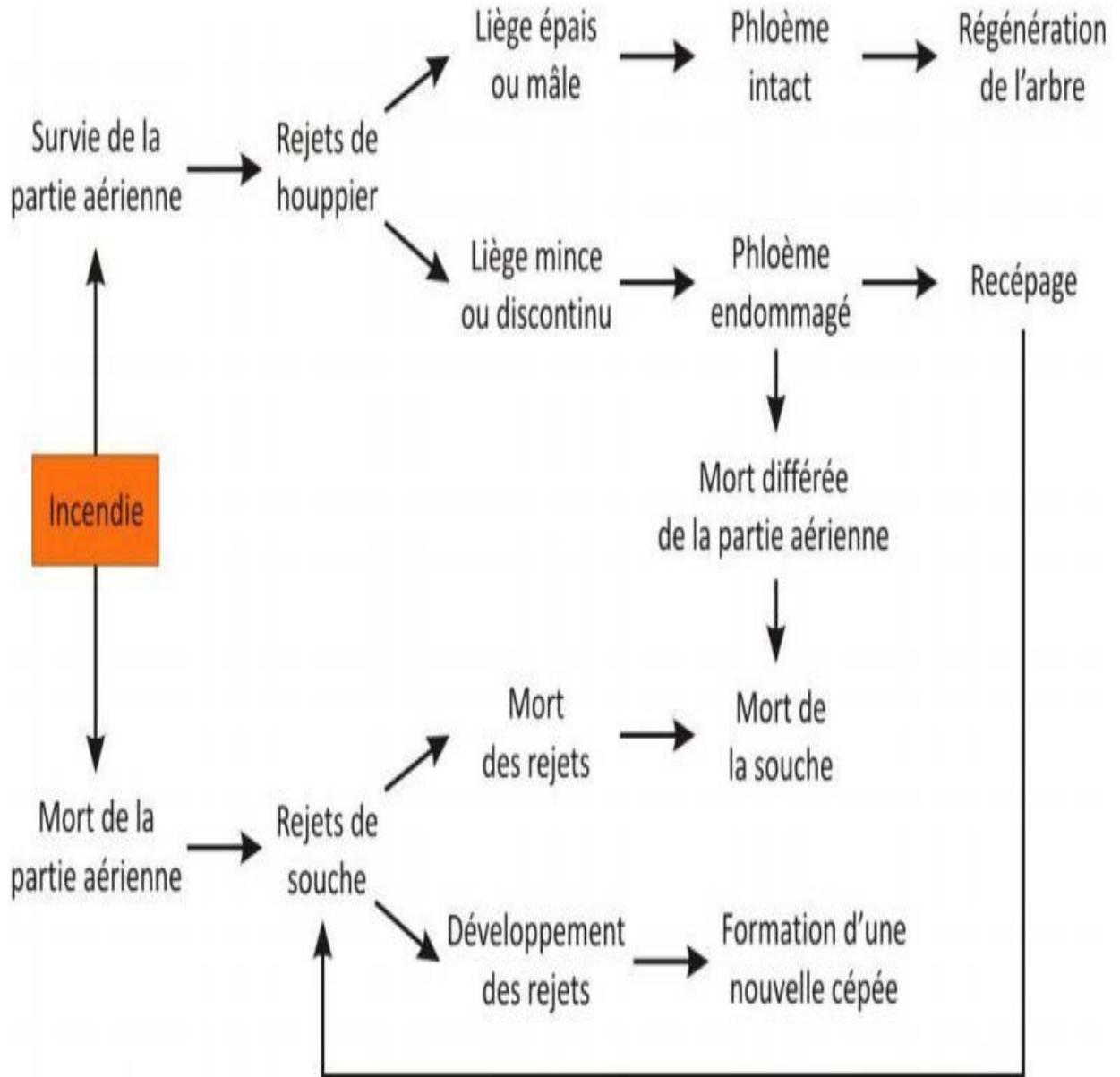


Figure 11 : Modèle de comportement du chêne-liège après incendie (IML., 2016).



Chapitre II

PRESENTATION DE MILIEU
D'ETUDE LA FORET DOMANIAL
D'IFRI

1. Situation géographique et administrative de la zone d'étude

La forêt domaniale d'Ifri appartient à la conservation des forêts de la Wilaya de Tlemcen, la circonscription forestière de Tlemcen, le triage d'Ain-Fezza (Fig.12). Elle se trouve au nord-est de Tlemcen. Elle est limitée par la commune de Sidi Abdelli au Nord, Chetouane à l'ouest, Ouled Mimoune à l'est, Amieur et Oued Chouly au sud (CFT., 2016).

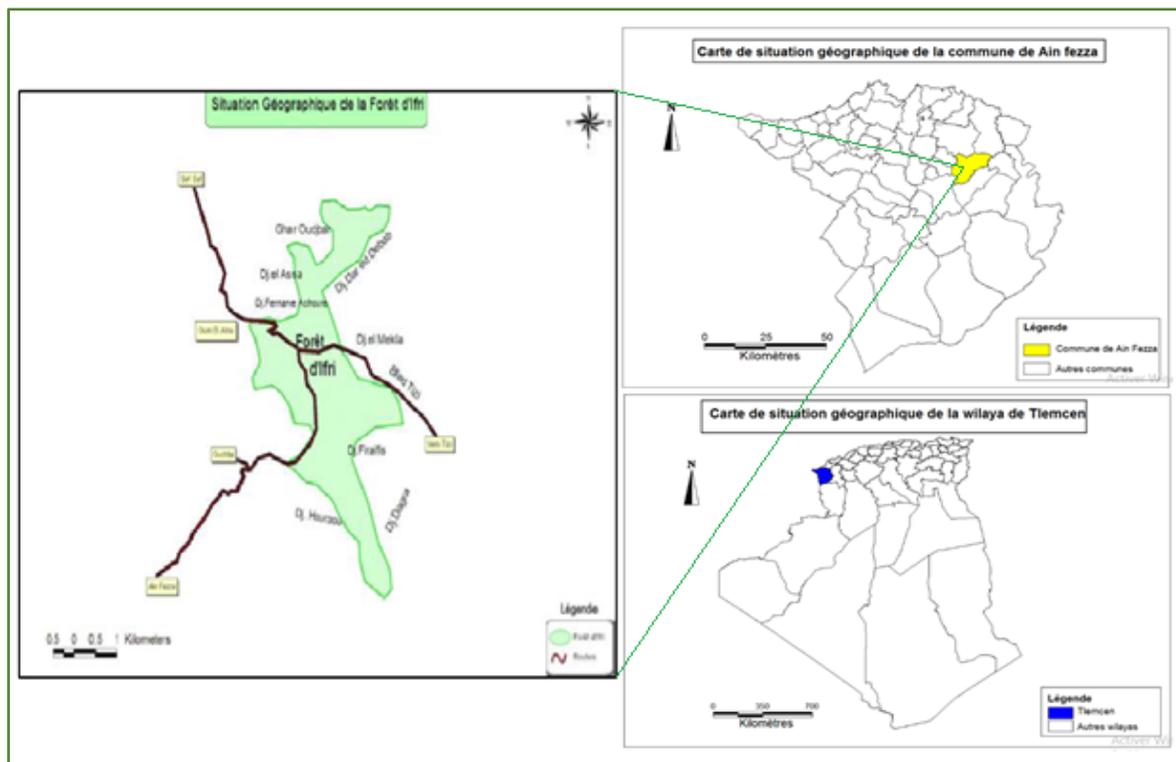


Figure 12: Localisation géographique de la forêt d'Ifri.

2. Situation forestière

La forêt d'Ifri est couverte largement de terres forestières, constituées essentiellement de chêne liège mais aussi de chêne vert et pin d'Alep (Sarl Cabinet La Grande Bleu., 2016). Elle s'étend sur une superficie de 1080 ha et regroupe trois cantons :

- Bled el Fouazez 510 hectares ; composé d'un peuplement disséminé de chêne liège au stade de futaie et un taillis dégradé de chêne vert ;

- Cascades 100 hectares ; composé d'une futaie irrégulière de Pin d'Alep avec un sous-bois dense ;
- Djbel el Matmora 470 hectares ; à l'état de maquis, composé de thuya, lentisque, phyllère (CFT., 2016).

Le chêne-liège occupe environ 100 ha (24 ha selon GAOUAR, 1980). Il se présente en futaie disséminée localisé dans le canton de Fouazez à 800 m d'altitude en moyenne. Le sol brun forestier a pris naissance d'une roche calcaire. Dans ce canton, régnait un climat sub-humide où tombent entre 700 et 900 mm d'eau par an (C.O.I.T., 1964). Le peuplement était bien venant dans les années 50 (Boudy., 1955), qui s'est progressivement dégradé en laissant pénétrer un maquis arborescent de chêne vert (GAOUAR, 1980). Le liège était exploité de façon très occasionnelle. Pendant l'époque coloniale, la récolte a eu lieu à trois reprises (1941, 1948 et 1952) totalisant un volume de 205 Qx, mais après l'indépendance, ces travaux n'ont repris qu'en 1982 (soit 20 ans plus tard) et le liège ainsi enlevé durant les trois campagnes (1982, 1983 et 1986) sur 7 690 pieds a atteint un total d'environ 1190 Qx. Signalons enfin qu'un reboisement de 30 ha de chêne-liège a été effectué en 1986 dans cette forêt (A.E.F.C.T., 1995a et b). La dernière exploitation du liège a eu lieu en fin juillet 2019 avec un volume de 19 qx (9 qx du liège de reproduction sain et 10qx du liège brûlé) (CFT., 2020) (Fig.13).



Figure 13 : Vue générale de la subéraie d'Yfri (a,b), un arbre brûlé en 2012 exploité en 2019 (c) et une pile de liège flambé récolté en 2019 (photos, Bouhraoua).

3. Diversité biologique

- **La flore**

La composition floristique et l'abondance de la végétation traduisent souvent des conditions édapho-climatiques. En effet la végétation est le reflet de plusieurs facteurs, à savoir le climat local, la topographie et surtout la nature du sol.

Dans la forêt d'Ifri, la végétation naturelle se compose essentiellement d'arbustes méditerranéens sclérophylles toujours verts à l'origine des matorrals et les forêts dont les superficies sont relativement plus restreintes par rapport à la superficie totale de la commune. (Haddouche et Kherbouche., 2017).

Les espèces végétales qui marquent cette diversité : *Pinus halepensis* ; *Tetraclinis articulata* ; *Juniperus phoenicea* ; *Pistacia lentiscus* ; *Olea europea* ; *Phylerea angustifolia* ; *Citrus heterophyllus* ; *Rosmarinus tournefortu* ; *Erica mulliflora* ; *Lavandula dentata* ; *Thymus ciliatus* ; *Genista tricuspidata* ; *calycotome intermédia* ; *Chamoerops humilis* ; *Citrus ladaniferus*. (Sarl Cabinet La Grande Bleue., 2016).

- **La faune**

La faune rencontrée dans le territoire est représentée essentiellement par: le sanglier (*Sus scrofa*) ; le chacal (*Canis aureus*) ; le renard (*Vulpes vulpes*) ; le lapin de garenne (*Oryctolagus cuniculus*), le lièvre (*Lepus*), la perdrix (*Perdrix perdrix*), le pignon et le gibier d'eau. Toutefois, certaines espèces se trouvent menacées de disparition à savoir : l'aigle royal (*Aquila chrysaetos*), le porcépic (*Hystricognatha*), le chat sauvage (*Felis silvestris*), la belette (*Mustela nivalis*), la mangouste (*Cynictis penicillata*) et l'épervier (*Acciptier nisus*) (Sarl Cabinet La Grande Bleue., 2016).

4. Topographie

La commune d'Ain-Fezza est caractérisée par son relief montagneux, faisant partie du Massif Tellien, prenant la forme de sa vallée fortement encaissée. Elle constitue un écran protecteur contre les vents et procure de nombreuses émergences, d'où l'originalité est la fertilité de sa vallée verdoyante (CFT., 2016).

Deux grands ensembles physiques peuvent d'être distingués :

- Une zone montagneuse qui présente deux ensembles montagneux bien distincts, l'un au Sud de la commune d'une orientation Est- Ouest lié au massif des monts de Tlemcen formé par Djbel Dokara, Djbel Hanif, Djbel Medrara. et l'autre au Nord de la commune de direction Nord- Sud formé par Djbel Baoumar, Djbel Rmailia, Djbel Ghar Boudjebar.
- Une dépression synclinale au niveau de la zone centrale le long de la route, d'une altitude moyenne 800 m où se situe l'ensemble du trafic routier et ferroviaire de la commune autour de l'agglomération d'Ain Fezza. (Sarl Cabinet La Grande Bleue, 2016).

5. Géologie

Les formations géologiques sont de lithologie très différente qui date du séquanien pour les plus anciens et de l'Helvétien pour les plus récentes. Les terrains qui affleurent au niveau de la région d'Ain-Fezza sont des formations essentiellement sédimentaires constituées par des roches carbonatées de types dolomies compacts uniformes. Dans la partie Nord de la région, au niveau de la plaine et des reliefs collinaires on trouve les formations tendres et marneuses; elles sont ravinées du fait des formations argilo-marneuses appartenant au domaine du Miocène.

Les roches calcaires dures et les roches marneuses occupent d'importants espaces où s'étendent des sols différents qui permettent le développement d'un cortège floristique diversifié (CFT., 2016).

Cependant, la dominance du chêne liège dans la station souligne le caractère siliceux du substratum de la zone d'étude, qui est loin de dominer la totalité du territoire (CFT., 2016).

6. Pédologie

Les terrains de la région d'Ain-Fezza sont représentés par une diversité de type de sols de différentes classifications. Parmi les types de sols qui caractérisent la forêt Ifri sont :

- ✓ Sols marneux-gréseux et calcaires : ce sont des sols peu développés sur des terrains accidentés (8 à 10% de pente), avec une faible profondeur. Ce sont des sols à moyenne potentialité avec une croûte calcaire par endroit.

- ✓ Sols argileux marneux à forte teneur en calcaire : dans ces sols les argiles entrent en contact avec les plaques de grés et dolomies, occupent les terrains de faible pente.

A la forêt d'Ifri, les pentes peuvent dépasser les 50% dans plusieurs endroits, avec une altitude allant de 800 m à 1100 m (Berriah., 2015).

7. Hydrologie

Le réseau hydrographique de la zone d'étude est composé essentiellement (Fig.14):

- D'un cours d'eau principal d'Oued Saf-Saf, avec un écoulement permanent les eaux pluviales de direction Sud-Est à Nord-Ouest, des Oued Tassadorine, Oued Ferroudj et vers Oued Chouly de direction Sud-Ouest à Nord-Est.
- Des cours d'eau secondaires dont le plus important est Oued Ain-Fezza, qui prend naissance sur les hauteurs Sud de la commune, divisé l'agglomération chef-lieu.

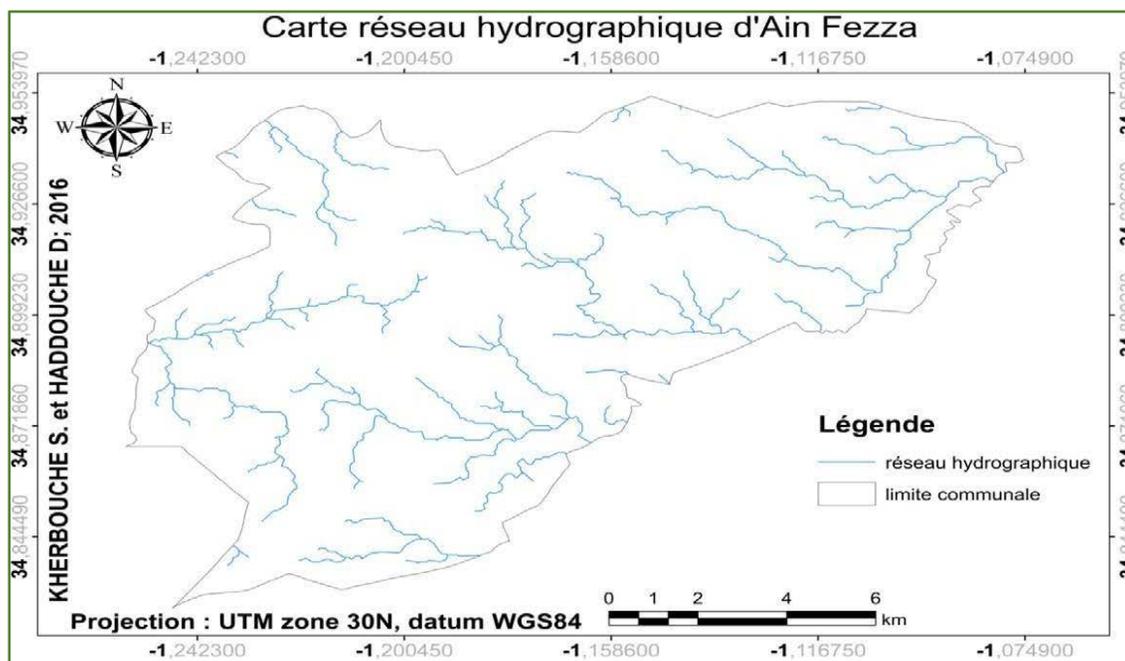


Figure 14: Le réseau hydrographique d'Ain Fezza (Haddouche et Kherbouche., 2017).

8. Climat

Le Climat un élément essentiel dans l'étude des différentes régions du monde. C'est le facteur qui se place en amont de toute étude relative du fonctionnement des écosystèmes écologiques. Les facteurs climatiques jouent un rôle prépondérant dans la croissance des végétaux, en particulier le chêne liège tels que la longévité de l'arbre et sa faculté d'émettre des rejets de souche (Bouhraoua., 2003).

Tableau 4 : Données géographiques de la forêt d'Ifri (CFT., 2016).

Forêt	Latitude	Longitude	Altitude
Yfri	34°55'N	01°10'W	894m

Nous avons obtenu les données climatiques (Précipitations, Températures, Humidité de l'air et le vent) de la forêt d'IFRI à partir du site (power.larc.nasa.gov). La période prise pour caractériser le climat de cette station est de 20 ans allant de 1999 à 2019.

8.1. Les précipitations

La pluie est le facteur climatique le plus important qui influe sur le phénomène d'occurrence des feux. Ce ne sont pas les quantités d'eau tombées qui inhibent le phénomène d'occurrence des feux, mais plus particulièrement leur rythme d'apparition (Trabaud., 1983).

8.1.1. Régime annuelle et mensuel

L'analyse des données pluviométriques moyennes mensuelles est utile pour mieux approcher la distribution des quantités d'eau enregistrées au niveau de notre station durant toute la période d'étude (Tab.5).

Tableau 5 : précipitations Moyennes mensuelles et annuelles d'IFRI (période 1999-2019).

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Total
Cumul (mm)	57,5	40,9	40,5	42,2	33,4	9,8	3,9	15,7	32,9	51	67,9	48,7	444,3

Les variations des précipitations par mois et par années de la station expriment par les deux courbes comme suit (Fig.15 et 16) :

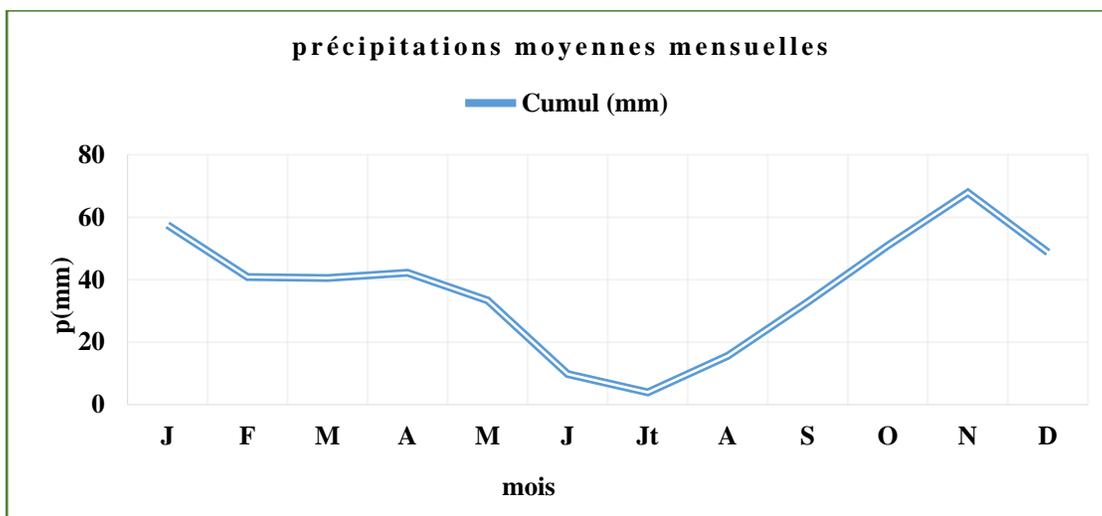


Figure 15 : variations des précipitations moyennes mensuelles (IFRI 1999-2019).

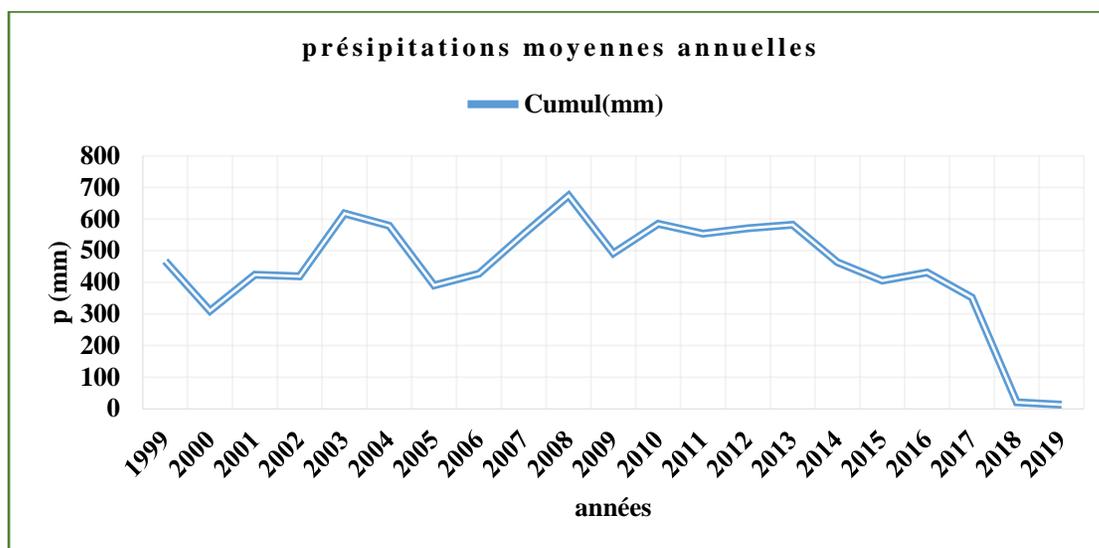


Figure 16 : variations des précipitations moyennes annuelles (IFRI 1999-2019).

L'analyse de tableau 5 et les deux figures 15 et 16 montre que :

- Les mois les plus arrosés s'étalent du mois de septembre au mois de mai (30mm-70mm), dont le mois de novembre est le plus pluvieux (67,88 mm), comparativement avec les autres mois de la saison estivale qui sont plus secs, particulièrement le mois de juillet (3,95 mm),
- Les précipitations oscillent entre 300 mm et 700 mm et c'est dans la période 1999- 2017, que les hauteurs de pluies sont supérieures à la moyenne mais elles varient de façon significative en 2003 et 2008. Nous remarquons une baisse significative de la quantité de précipitations en 2018 et 2019. Alors la station se caractérise par une irrégularité de précipitation.

Les précipitations jouent un rôle important dans la fertilité des sols qui permet par la suite d'accéléré le taux de régénération après incendie.

8.1.2. Régime saisonnier

La notion du régime saisonnier a été définie pour la première fois par Musset (1935). Elle consiste à calculer la somme des précipitations par saison et à effectuer le classement saisonnier par ordre de pluviosité décroissante en désignant chaque saison par son initiale :

L'hiver (H) : de décembre de l'année n-1 à janvier et février de l'année n ;

Le printemps (P) : intègre les mois de mars à mai ;

L'été (E) : les mois de juin à août ;

L'automne (A) : la période de septembre à novembre.

Le coefficient défini par Musset est appelé : **Crs** « Coefficient relatif saisonnier de Musset ». Il se calcul par la relation suivante :

$$\mathbf{Crs = Ps \times 4 / Pa}$$

Ps : Précipitations saisonnières (mm)

Pa : Précipitations annuelles (mm)

Il existe deux types de régimes :

- Le type PHAE correspondant aux zones littorales, ou plutôt ceux à influence maritime ;

- Le type HAPE se rapportant à une région semi-continentale (Chelda., 2011).

Le tableau 6 résume les différents résultats obtenus :

Tableau 6 : Régime pluviométrique saisonnier de la station (IFRI 1999-2019).

Station IFRI	Saison								Régime saisonnier
	Hiver		Printemps		Eté		Automne		
	P_s (mm)	C_{rs}	P_s (mm)	C_{rs}	P_s (mm)	C_{rs}	P_s (mm)	C_{rs}	
	147,12	1,32	116,12	1,04	29,43	0,26	151,7	1,36	HAPE

D'après ce tableau, on voit que le maximum pluviométrique centré sur la saison hivernale et le minimum pluviométrique centré sur la saison estivale, Pour le reste des saisons, on s'aperçoit que le régime saisonnier caractérise un automne plus pluvieux que le printemps. On constate que le régime saisonnier de la station durant cette période est de type HAPE.

8.2. Les températures

La température est un facteur écologique fondamental et un élément vital pour la végétation. Toutefois au-delà d'un certain seuil, la température peut provoquer des effets néfastes. (Lakehal., 2010). Les températures vont régler l'activité végétale, la production de biomasse, l'évapotranspiration et notamment lorsque la sécheresse s'installe, rend le végétal plus au moins inflammable et combustible (Barbero., 1988).

Dans cette étude, on a dégagé les grands traits de la variation mensuelle et annuelle de la température de la zone étudiée pour la caractérisation de ce paramètre. Plusieurs variables ont été prises en considération durant la période de référence (Tab.7):

- ✓ La moyenne mensuelle et annuelle(T)
- ✓ La moyenne des maxima (max : M)
- ✓ La moyenne des minima (min : m)
- ✓ L'amplitude thermique (max-min).

Tableau 7: Températures moyennes mensuelles et annuelles de la station (IFRI 1999-2019).

mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	T ann (C°)
T moy (C°)	7,5	8,3	11,3	14,2	18,1	22,9	26,7	26,5	22,0	17,9	11,5	8,6	16,4
T min (C°)	3,4	3,7	6,1	8,3	11,9	16,1	19,9	20,2	16,6	12,9	7,3	4,7	10,9
T max (C°)	13,5	14,6	18,1	21,4	25,4	30,6	34,8	34,3	29,2	24,6	17,4	14,4	23,2

La lecture de ce tableau montre que la température moyenne annuelle est de 16.4°C. Elle varie entre 7.5°C en Janvier et 26.7°C en juillet.

Les deux histogrammes suivants représentent les différentes variations des températures par mois et par année de la station durant cette période de référence :

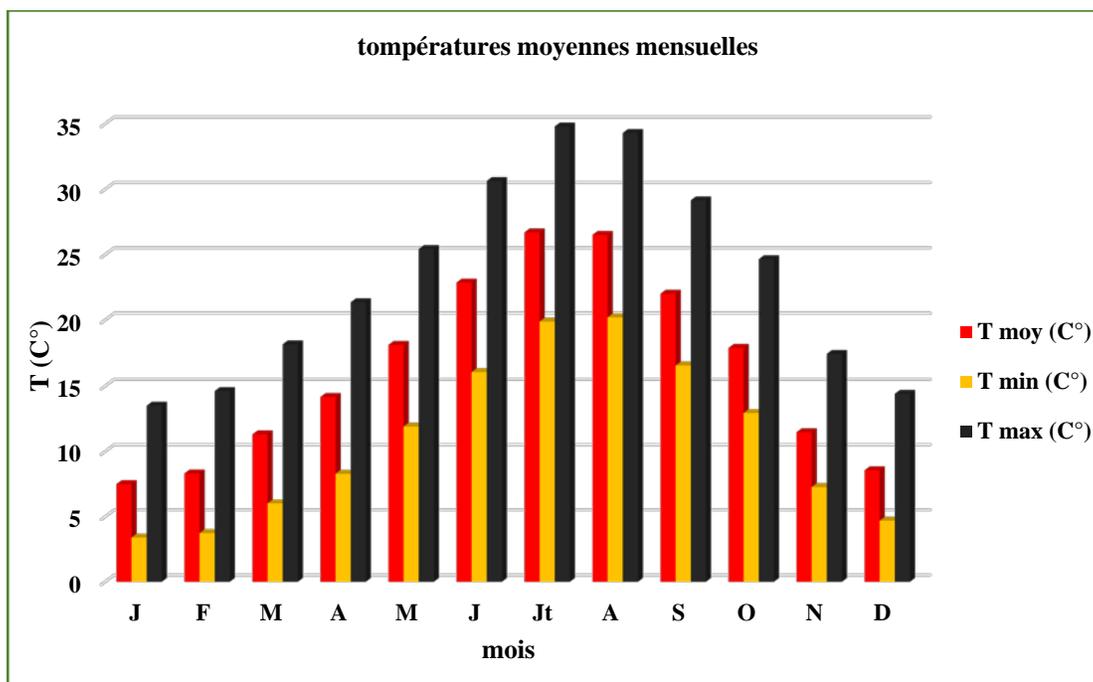


Figure 17 : variations des températures moyennes mensuelles (IFRI 1999-2019).

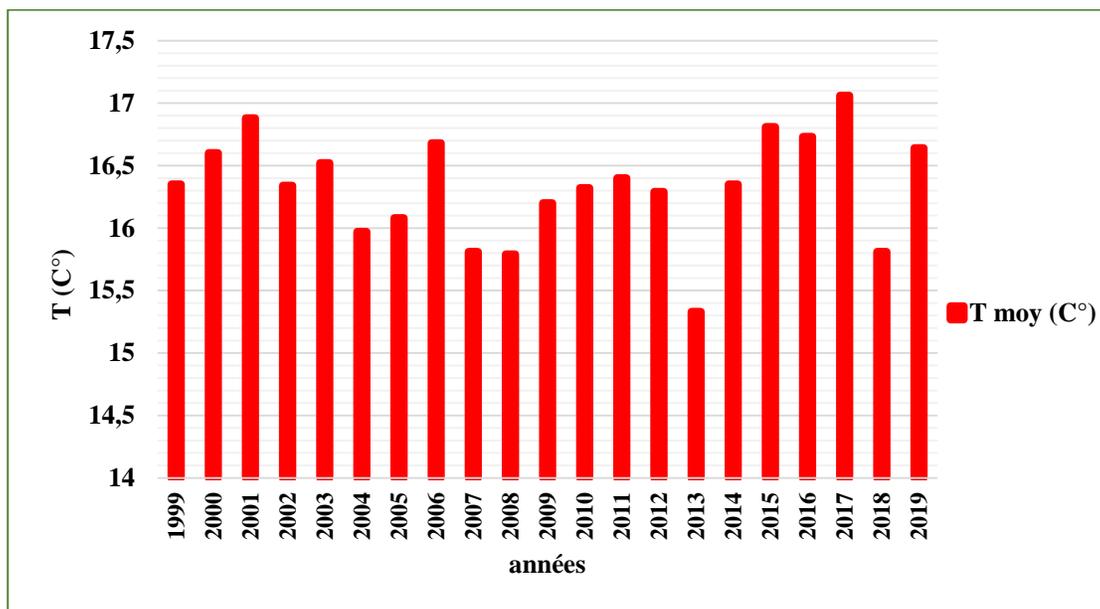


Figure 18: variations des températures moyennes annuelles (IFRI 1999-2019).

D'après les deux figures 17 et 18 on note que :

-Le mois le plus froid est enregistré durant la saison hivernale en mois de janvier ($m=3,4^{\circ}\text{C}$), alors que le mois le plus chaud est noté durant la saison estivale en mois de juillet. Le maxima des températures moyennes maximales atteint $34,8^{\circ}\text{C}$.

-les fluctuations des températures au cours de cette période ont atteint des valeurs record en 2001 et 2017 ; ces deux années ont enregistré les plus grandes valeurs moyennes annuelles, tandis que la plus petite valeur moyenne annuelle de température est enregistrée en 2013.

La température élevée favorise le dessèchement des arbres qui augmente le risque de déclenchement du feu.

8.2.1. Amplitudes thermiques, indice de continentalité

Ce paramètre présente la limite thermique extrême à laquelle chaque année les végétaux doivent résister, elle influence le cycle biologique du couvert végétal. Sa valeur est écologiquement importante à connaître (Debrach., 1953). D'après la classification thermique des climats proposés par Debrach (1953), on distingue :

- ✓ Climat insulaire : $M-m < 15^{\circ}\text{C}$;
- ✓ Climat littoral : $15^{\circ}\text{C} < M-m < 25^{\circ}\text{C}$;
- ✓ Climat semi-continentale : $25^{\circ}\text{C} < M-m < 35^{\circ}\text{C}$;
- ✓ Climat continentale : $M-m > 35^{\circ}\text{C}$.

Où : M : la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en $^{\circ}\text{C}$ et m : la moyenne des températures minimales du mois le plus froid en $^{\circ}\text{C}$.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 8 suivant indiquent que la zone d'étude jouit d'un climat semi-continentale.

Tableau 8 : Amplitudes thermiques et types de climat de la station (IFRI 1999-2019).

Stations	Max ($^{\circ}\text{C}$)	Min ($^{\circ}\text{C}$)	Max-min ($^{\circ}\text{C}$)	Type de climat
IFRI	34,8	3,4	31,4	Semi Continental

8.2.2. Étages de végétation méditerranéenne

La température moyenne annuelle ($T^{\circ}\text{C}$) est combinée avec la température moyenne du mois le plus froid « m » pour définir les étages de végétation méditerranéenne, selon la classification suivante :

- ✓ **Thermo- méditerranéen** : $T > 16^{\circ}\text{C}$; $m > +3^{\circ}\text{C}$ (Variante tempérée).
- ✓ **Méso- méditerranéen** : $12 < T < 16^{\circ}\text{C}$; $0 < m < +3^{\circ}\text{C}$ (Variante fraîche).
- ✓ **Supra- méditerranéen** : $8^{\circ}\text{C} < T < 12^{\circ}\text{C}$; $-3 < m < 0^{\circ}\text{C}$ (Variante froide). (Daget., 1977).

En comparant avec notre zone d'étude au $m = 3,4$ ($0 < m < +3^{\circ}\text{C}$), et $T = 16,28^{\circ}\text{C}$ ($12 < T < 16^{\circ}\text{C}$) : on constate que cette zone possède une variante fraîche, et le chêne liège appartient à l'étage de végétation de type « méso- méditerranéen ».

8.3. Les vents

Le vent est l'un des éléments les plus caractéristiques du climat, c'est un facteur écologique de premier ordre par les effets directs ou indirects qu'il exerce sur le couvert végétal en déracinant les plantes annuelles, modifiant la morphologie des végétaux et influant sur la répartition des graines lors de leur dissémination. Cet élément accentue les effets des autres éléments du climat (température, humidité et précipitations). Il est fortement influencé par les conditions topographiques locales. (Le Houerou., 1987).

Le vent par son intensité, sa vitesse et sa direction favorise et accélère le dessèchement des végétaux et des sols, apporte la chaleur aux combustibles adjacents, augmente la vitesse de propagation et peut produire des feux de cimes difficilement contrôlables (Lakhael., 2016). Dans notre zone d'étude, les valeurs du vent sont consignées dans le tableau 9 suivant :

Tableau 9 : Moyennes mensuelles de la vitesse des vents en m/s (IFRI 1999-2019).

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	V ann (m/s)
V moy (m/S)	3,0	3,2	3,0	3,0	2,7	2,5	2,4	2,4	2,4	2,6	3,1	3,0	32,9

Les variations de la vitesse des vents au cours des mois et des années dans la station durant cette période de référence sont représentées dans les deux courbes suivantes :

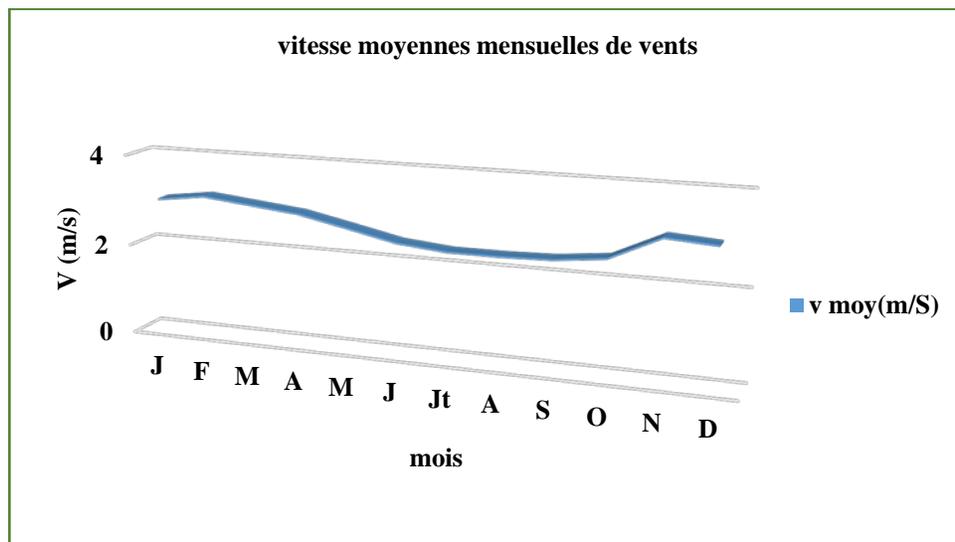


Figure 19 : variation de vitesse moyenne mensuelle de vents (IFRI 1999-2019).

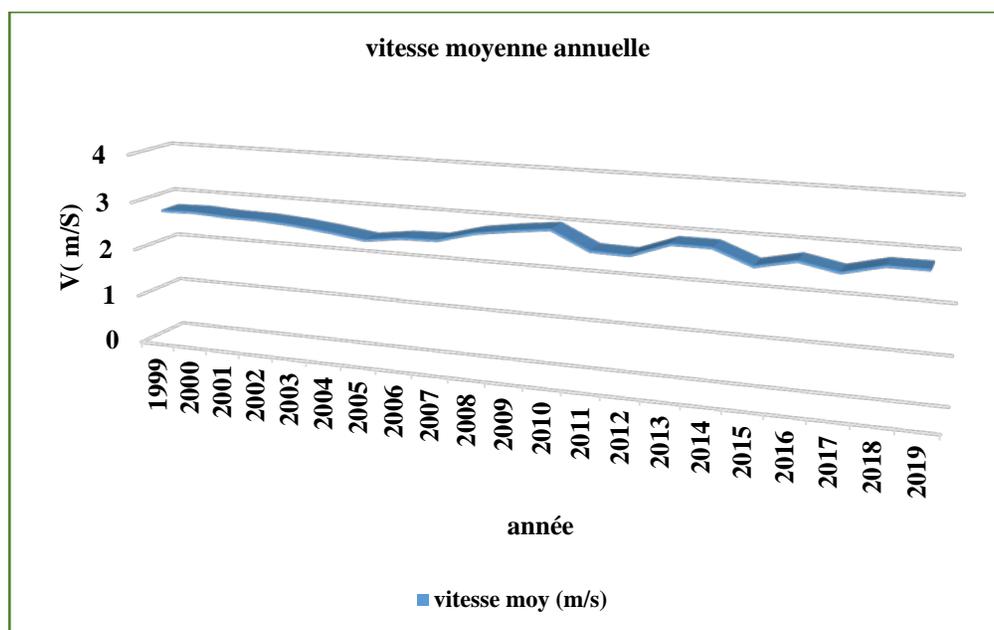


Figure 20 : variation de vitesse moyenne annuelle de vents (IFRI 1999-2019).

D'après le tableau 9 et les deux figure 19 et 20, on remarque ce qui suit :

- Les vents les plus fréquents avec une vitesse moyenne mensuelle sont enregistrés pendant les mois de novembre à avril par rapport les autres mois ;
- Les vents les plus fréquents avec une vitesse moyenne annuelle sont enregistrés pendant l'année 2010.

Plus la vitesse des vents est élevée plus elle facilite la propagation des incendies. De même, l'effet de la vitesse est plus grand quand l'humidité du combustible est très basse.

8.4. Humidité

C'est le rapport de la pression observée de la vapeur d'eau à la pression maximale compatible avec la température de l'air. Elle n'agit pas directement sur le phénomène d'apparition des feux, mais elle joue un rôle très important sur la teneur en eau des végétaux combustibles (Lakehal., 2016). Le tableau 10 suivant montre les moyennes mensuelles du taux d'humidité relative (**Hr**) de la forêt Ifri sur la période 1999-2019 :

Tableau 10 : les moyennes mensuelles d'humidité relative de la station (IFRI 1999-2019).

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Hr ann(%)
Hr moy (%)	71,1	68,3	63,3	59,2	54,5	46,1	39,1	41,9	53,1	57,5	67,8	71,9	57,2

Les deux courbes suivantes représentent les différentes variations d'humidité relative par mois et par années de la station durant cette période :

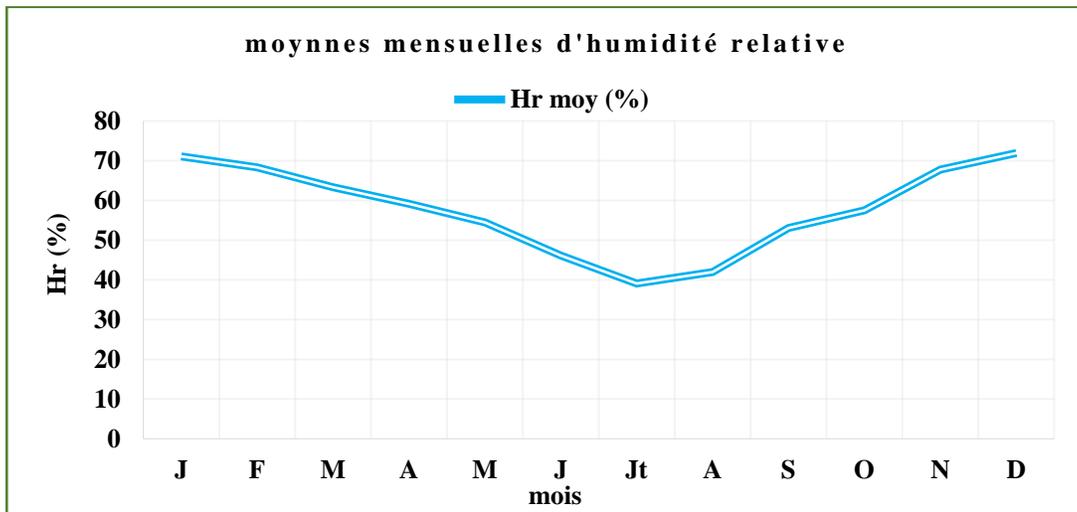


Figure 21: variations des moyennes mensuelles d'humidité relative de la station (IFRI 1999-2019).

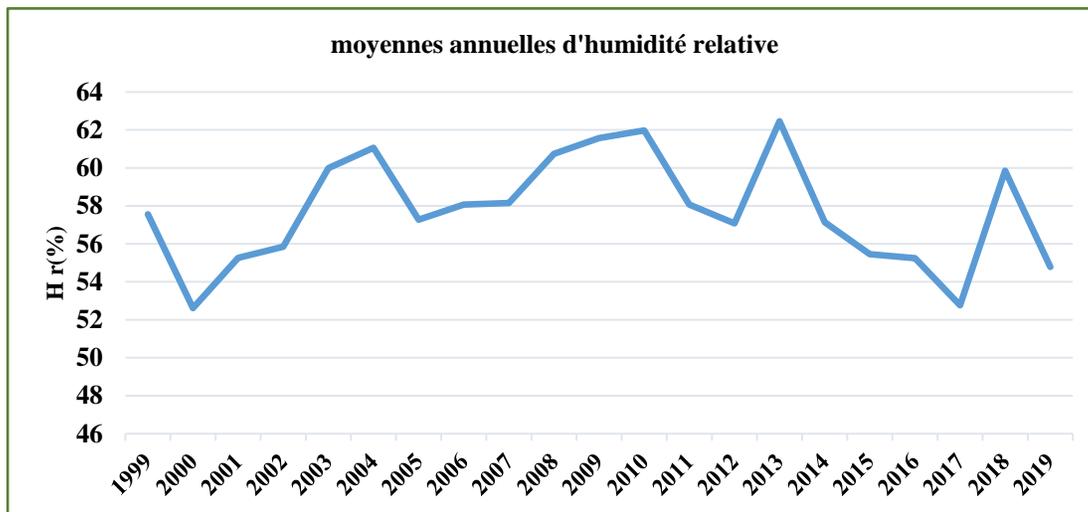


Figure 22 : variation des moyennes annuelles d'humidité relative de la station (IFRI 1999-2019).

La lecture du tableau 10 et les figures 21 et 22 montre que :

-L'humidité relative est élevée durant la saison hivernale (entre 68 et 72%) ; par contre elle est relativement plus faible pendant la saison estivale (42-46%). Elle est moyenne dans le reste des saisons,

- Des fluctuations annuelles notables de l'humidité pendant cette période.

La quantité de la chaleur transmise par le feu dans les arbres et le temps de séjour dépendent de l'humidité de combustible. Donc, plus l'humidité de combustible est élevée et plus le risque d'inflammabilité est faible.

8.4.1. Influence du taux d'humidité sur l'inflammabilité

L'influence du taux d'humidité sur l'inflammabilité des végétaux est donnée par Margerit (1998) dans le tableau suivant.

Tableau 11 : Influence du taux d'humidité sur l'inflammabilité (Margerit., 1998).

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

D'après ce tableau, on remarque que l'humidité relative maximale de la saison hivernale enregistrée au mois de décembre (max=71,9%) est supérieure à 70% ce qui explique que le risque d'inflammabilité es faible (rarement les incendies sont déclarés pendant cette saison). Par contre, l'humidité relative est minimale durant la saison estivale ; où elle est enregistrée au mois de juillet (min=39,11%) avec une variation entre 26% et 45% ce qui présente un risque fort d'inflammabilité des plantes. En outre, l'humidité relative moyenne annuelle enregistrée entre 46% et 70% (Ann=57,82%) signifie un risque faible d'inflammabilité des végétaux.

8.5. Synthèse climatique

8.5.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

Le diagramme ombrothermique proposé par Bagnouls et Gausсен (1953), permet de dégager la période sèche, on considérant qu'un mois est sec, lorsque le total des précipitations est inférieur ou égal au double de la température mensuelle.

Pour connaître l'interaction qui existe entre la température et les précipitations, et pour connaître l'aridité moyenne des différents mois, on peut réaliser un diagramme ombrothermique (Bouguettaya., 2011). A partir des valeurs climatiques, on a pu dégager le diagramme de la zone d'étude pour la période de référence 1999-2019. (Fig.23).

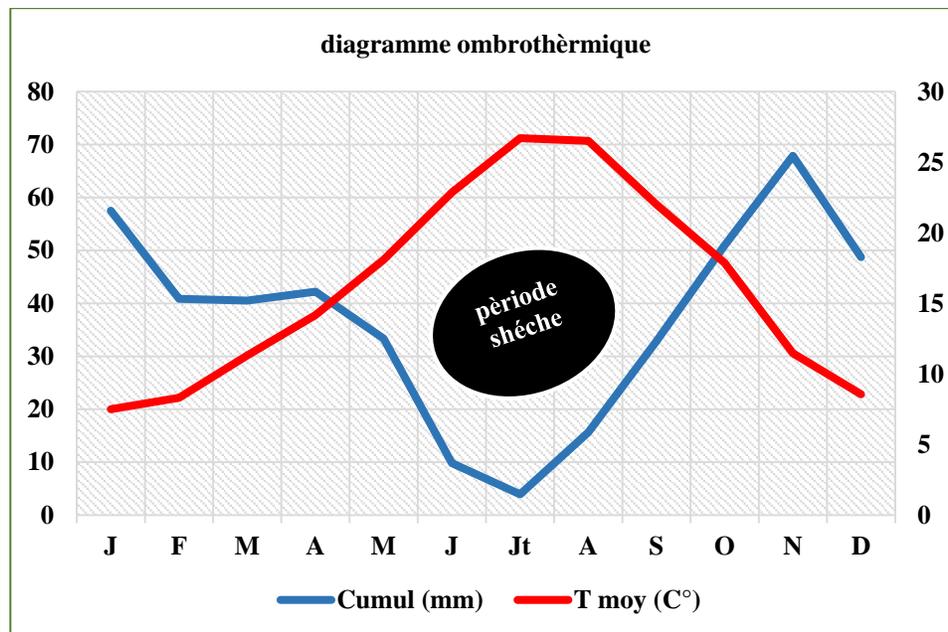


Figure 23 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен (IFRI 1999-2019).

L'analyse de diagramme montre que notre zone d'étude s'identifie par une sécheresse accentuée de 7 mois, allant d'avril à octobre. La végétation passe donc une période très dure marquée par des perturbations sur le plan physiologique, celle-ci représente un facteur écologique défavorable.

8.5.2. Quotient pluviométrique d'Emberger

L'emploi du quotient pluviométrique Q2 est spécifique au climat méditerranéen, ce quotient permet d'apprécier l'aridité des régions méditerranéennes, les valeurs étant d'autant plus basse que le climat est plus sec (Mesli., 2001).

A partir de Q2 Emberger a classé la région méditerranéenne en cinq étages bioclimatiques (Saharien, arides, Semi-aride, Sub-humide et humide).

D'après les travaux d'Emberger (1930 – 1955), le quotient Q2 a été formulé de la façon suivante :

$$Q2 = \frac{2000P}{(M^2 - m^2)}$$

P : pluviosité moyenne annuelle.

M : moyenne des maximas du mois le plus chaud ($T^{\circ}K = T^{\circ}C + 273$).

m : moyenne des minima du mois le plus froid ($T^{\circ}K = T^{\circ}C + 273$).

Cet indice présente les avantages de tenir compte de la hauteur d'eau annuelle de la moyenne des températures $T^{\circ}C = (M - m)/2$ et de l'évapotranspiration ($M - m$).

Ainsi sur un repère d'axes orthogonaux, les stations se trouvent représentées par un point dont l'abscisse est la valeur « m » et l'ordonnée la valeur du quotient pluviométrique « Q2 ». Selon les différentes valeurs climatiques, on a pu localiser notre zone d'étude dans le climagramme d'Emberger (Fig.24).

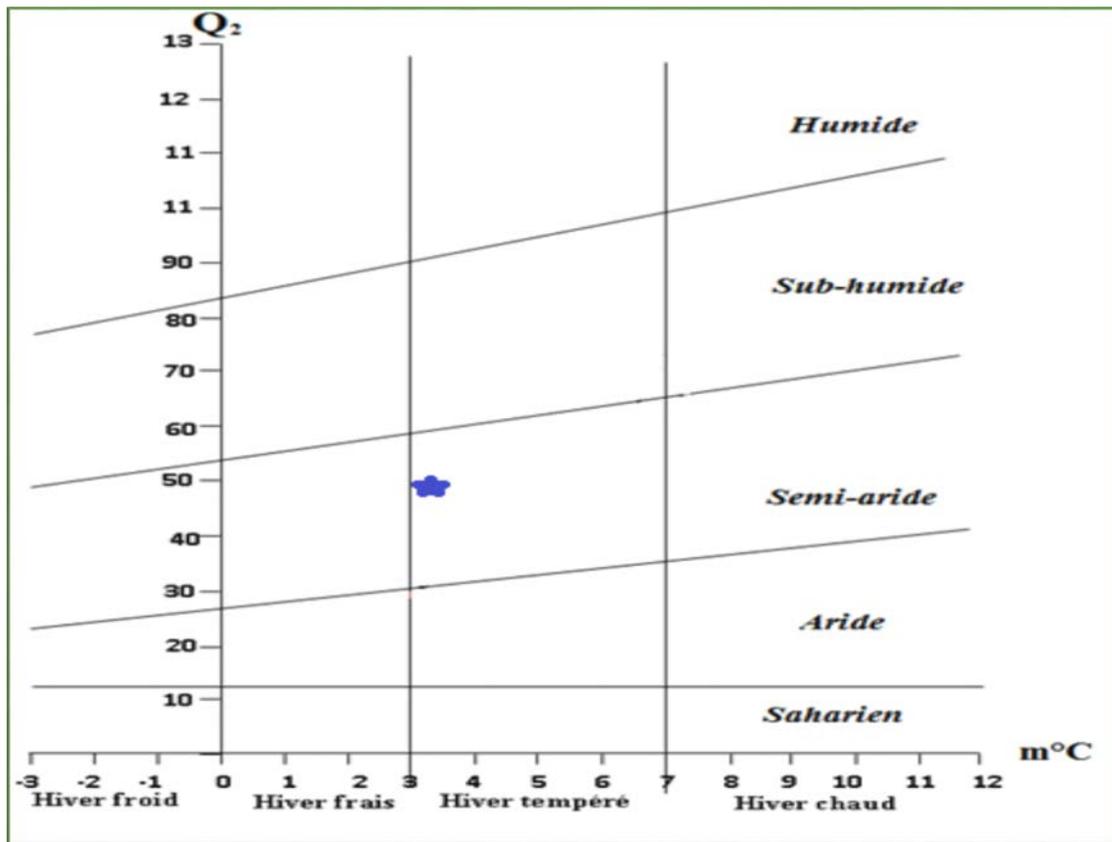


Fig 24: Localisation de la zone d'étude dans le Climagramme du Quotient Pluviothermique d'Emberger (Q2).

A partir du quotient pluviométrique d'emberger ($Q_2 = 48,44$), on remarque que notre zone d'étude jouit d'un bioclimat semi- aride à hiver tempéré.



Chapitre III

MATERIEL ET METHODE
D'ETUDE

1. Aperçu général sur la zone d'étude : La forêt d'Yfri

La forêt d'Yfri est depuis longtemps traversée par de nombreux incendies et à des moments différents. En effet, le dernier incendie a eu lieu en été 2012 ; il a parcouru près de 50 hectares de différentes formations végétales et ce pendant trois fois selon les statistiques fournies par la Conservation de Tlemcen selon (Belkhodja., 2015) (Tb.2). Le peuplement de chêne liège a été complètement touché par cet incendie où les dommages (sévérité du feu : degré de brûlure) étaient très variables d'un arbre à l'autre. Il y a ceux qui ont perdu complètement leur feuillage (tout le feuillage consumé) et d'autres partiellement (feuillage grillé) (fig.25).

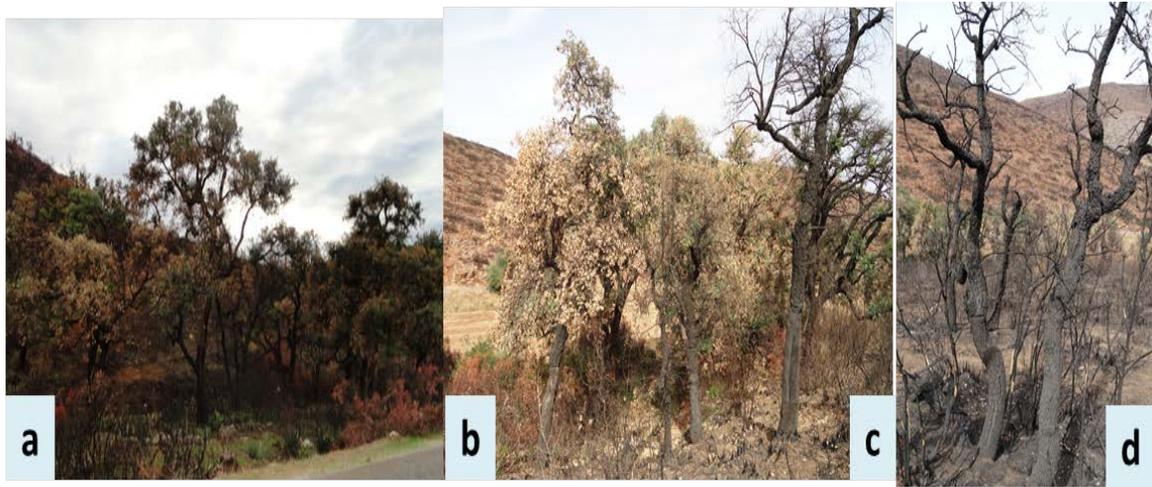


Figure 25: Degrés de sévérité des arbres brûlés en été 2012 (faible : a,b) et forte (c,d)

(Photos Bouhraoua, Novembre 2012).

Selon les différentes études, la résilience de la végétation dans la station au cours du temps après l'incendie est remarquable. On peut dire que le taux de recouvrement général de végétation est supérieur à 75% avec une abondance de la strate sous arborescente bas composé de ciste de Montpellier. Cette espèce présente un recouvrement dominant avec une biomasse importante. Une récupération foliaire importante des houppiers de chêne liège (Fig.26) avec l'absence des insectes de xylophages (Lakhal, 2016 ; Belkadi, 2016 ; Agoune, 2020 ; Bakhti, 2020 ; Slimani, 2020).

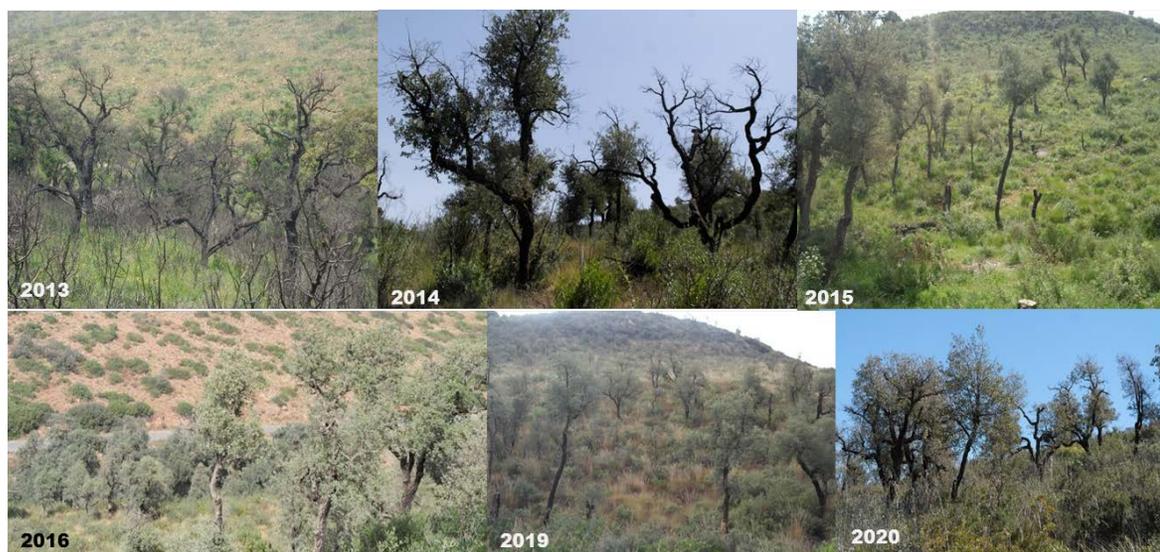


Figure 26 : Etat de la végétation de la forêt d'Ifri brûlée en aout 2012 entre 2013 et 2020
(Photos, Bouhraoua).

2. Objectif de l'étude

Les risques de passage du feu sur un écosystème forestier sont liés à des facteurs et à des indicateurs physiques et biologiques qui distinguent ce milieu. L'objectif de notre travail est d'étudier et quantifier le comportement de peuplement du chêne liège et leur vulnérabilité au incendie futur à partir de l'étude des principaux paramètres tels que l'épaisseur du liège, l'état sanitaire, la quantité et la dynamique de sous-bois accompagnateur de ce peuplement etc , et ce afin d'évaluer les risques en cas de futur feu dans la forêt d'IFRI. Cette étude permet aussi de prendre en compte les mesures nécessaires pour atténuer la gravité de ces risques et réduire les pertes comme mesures préliminaires avant et après que cela ne se produise.

3. Choix de la zone d'étude et placettes d'échantillonnage

3.1. La zone d'étude

Nous avons effectué les sorties sur le terrain en fin juin pour mettre en place des parcelles d'étude. En effet, nous avons choisi une station écologiquement homogène qui représente plus ou moins la forêt d'IFRI. Dans cette station, les arbres de chêne liège sont abondants. La figure 27 ci-dessous reflète la station sélectionnée.

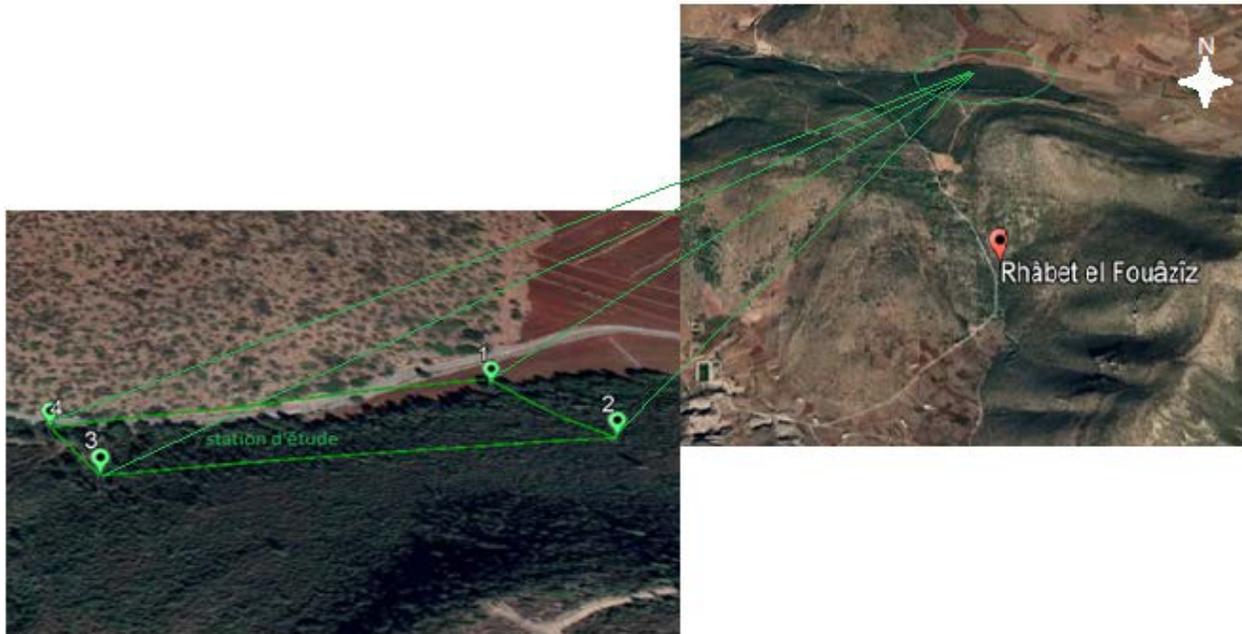


Figure 27: localisation satellitaire de la station d'étude-forêt d'Ifri- (Google Earth).

3.2. Les placettes d'échantillonnage

L'unité d'échantillonnage «placette» retenue a une forme carrée à surface fixe de 400 m^2 . Tous les arbres de chêne liège présents à l'intérieur des placettes ont été recensés et mesurés. Également, les descripteurs du milieu ont été enregistrés (Fig.28). Au total, 40 placettes sont installés ou niveau de toute la station et 238 arbres ont fait l'objet de diverses mesures.

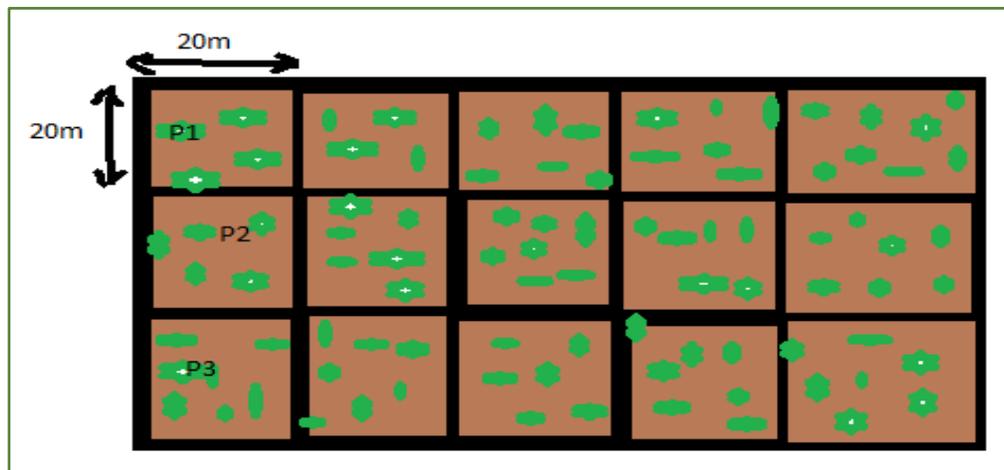


Figure 28: Schéma explicatif de la méthode utilisée pour l'échantillonnage.

4. Les relevées d'étude

Le plan d'étude comprend les enregistrements suivants :

- ✓ Les paramètres relatifs à la station (altitude, exposition, pente) ;
- ✓ Mesures des caractéristiques floristiques et de végétations des placettes ;
- ✓ Mesures des caractéristiques de milieu forestier des placettes.

Chaque parcelle fait l'objet d'une description détaillée du milieu physique, du milieu forestier et de la végétation.

5. Relevés géographiques et topographiques

Les coordonnées géographiques de la station d'étude (exposition et altitude,) sont repérées à l'aide d'un GPS. Par contre le clisimètre boussole nous donne la pente (%).

Les expositions sont enregistrée selon deux paramètres à savoir l'exposition aux pluies et au soleil : les expositions favorables : N-NO-O-NE-NO-SO et les expositions défavorables : S-SE-E).

Pour les pentes (P), celles-ci sont notées en modalités : 1(plat :<3%) ; 2 (moyen : 3-12.5%) ; 3(abrupt :>12.5%).

Quatre points ont été attribués aux extrémités de la station. Les données géographiques et topographiques pour chaque point sont indiquées dans le tableau 12 ci-dessous.

Tableau 12 : Les caractéristiques géographique et topographique de la station d'étude.

Point descripteur	Point1	Point2	Point3	Point4
Exposition	34°55'13,1''N 01°11'49,2'' O	34°55'10,7''N 01°11'47,6''O	34°55'09,5''N 01°11'59,0''O	34°55'11,0''N 01°12'0,1''W
Altitude(m)	884	892	886	885
Pent (%)	3	3.5	10.5	10.5

6. Données végétations accompagnatrice du chêne liège

Certains paramètres ont été retenus dans cette étude pour apprécier le développement de la végétation (toutes espèces confondues) 9 ans après le dernier feu de 2012. Ils sont évalués au niveau de l'ensemble de la station à partir de chaque parcelle installée. L'inventaire des espèces végétales (vivaces, ligneuses et semi-ligneuses) confinées dans cette station est :

Ciste de Montpellier (*Cistus monspeliensis*), Arbousier (*Arbutus unedo*), Phyllère (*Phyllirea latifolia*), Lentisque (*Pistacia lentiscus*), Chêne vert (*Quercus ilex*), Daphnie (*Daphne gnidium*), Diss (*Ampelodesma mauritanicum*), Asperge (*Asparagus acutifolius*), Lavande stoechade (*Lavandula stoechas*), Calycotome (*Calycotome intermedia*), Chèvre feuille (*Lonicera implexa*), Genêt (*Genista*), Chêne kermes (*Quercus coccifera*), Doum (*Chamaerops humilis*), Bruyère arborescente (*Erica arborea*), Ciste ladanifère (*Cistus ladaniferus*), Pin d'alep (*Pinus halepensis*).

6.1. Importance de la végétation post-feu

La végétation accompagnatrice du chêne liège qui a été repoussée dans la station après incendie 2012 est décrite à deux échelles de distribution suivantes :

- **Distribution horizontale** : elle est exprimée en taux de recouvrement de l'espèce végétale et de la strate considérée dans chaque parcelle, elle est estimée en utilisant des taux croissants de recouvrement. Au total, 5 classes de taux de recouvrement (TR) sont affectées pour une plante ou strate de végétation. Les espèces présentes se voient attribuer un coefficient de dominance- d'abondance (Tab.13).

Tableau 13 : Abondance de végétation en fonction de taux de recouvrement (%).

Classes	Taux de recouvrement (%)	Coefficient d'abondance
0	0	0
1	TR<10%	1
2	10≤TR<25%	2
3	25≤TR<50%	3
4	50≤TR<75%	4
5	TR≥75%	5

- **Distribution verticale :** c'est l'ensemble des strates définies en fonction de la hauteur de chaque espèce. Ces strates sont montrées dans le tableau 14 comme suit :

Tableau 14 : Principales strates de distribution verticale des espèces végétales.

notes	classes de hauteur (m)	strates
0	H<0.5	Herbacée (non considéré dans cette étude)
1	0.5≤H<2	Sous arbustive bas
2	2≤H<4	Sous arbustive haut
3	4≤H<6	Arbustive
4	H≥6	Arborescente

La composition floristique de chaque parcelle et le taux de recouvrement avec la strate de chaque espèce sont enregistrées dans l'annexe 2, sachant que la note 0 dans l'annexe reflète l'absence de l'espèce dans la parcelle et non la note de la strate herbacée.

6.1. Inflammabilité et combustibilité des espèces végétales

Selon Peyre (2004), Les notions d'inflammabilité et de combustibilité sont généralement utilisées par les forestiers pour caractériser le risque que présente la végétation vis à vis du feu.

- L'inflammabilité représente la capacité d'une espèce à s'enflammer. Pour le chêne-liège elle est en fonction de la litière qu'il génère ;

- La combustibilité est la capacité d'une espèce à propager un incendie.

- **Notes inflammabilité et combustibilité d'espèces végétales**

Selon l'étude de 2016 faite par Henaoui concernant l'inflammabilité et la combustibilité des communautés végétales à *Cistus* dans la région de Tlemcen, on peut déduire les différentes notes (inflammabilité/combustibilité) de la végétation de notre station d'étude.

D'après cette étude, trente-huit espèces végétales ont subi le test d'inflammabilité et celui de la combustibilité à l'aide d'un brûleur à infrarouge afin de classer nos forêts selon une échelle de différents indices (inflammabilité, combustibilité, intensité de combustion et la teneur en eau) qui déterminent leurs états. L'objectif de notre étude se résume à l'estimation du degré des différents paramètres d'inflammabilité en fonction de la teneur en eau de leurs cortèges floristiques au cours de la saison printanière afin d'élucider leur sensibilité au feu. Trabaud et Galtié lors de leurs travaux d'évaluation du risque incendie, ont établi une notation des différentes espèces caractérisant leur prédisposition à l'inflammabilité et à la combustibilité (Peyre., 1991).

La classification des espèces végétales selon une note de chaque paramètre d'inflammabilité reste une étape fondamentale afin de mieux définir l'état de nos forêts. Les classes obtenues sont les suivantes (Henaoui., 2016) :

Note inflammabilité (Seconde)

≥ 130s	[1]: peu inflammable (long délai d'inflammation)
65 -130s	[2]: moyennement inflammable (moyen délai d'inflammation)
≤ 65s	[3]: très inflammable (court délai d'inflammation)

Note combustibilité (Seconde)

≥ 102s	[1]: peu combustible (longue durée de combustion)
73 -102s	[2]: moyennement combustible (moyenne durée de combustion)
≤ 73s	[3]: très combustible (courte durée de combustion)

- **Indices inflammabilité et combustibilité**

A partir de la méthode développée par le Cemagref (Alexandrian., 1982), on peut calculer l'indice d'inflammabilité et de combustibilité de notre station d'étude. Elle est basée sur les relevés de végétation. Des indices de combustibilité et d'inflammabilité sont calculés pour chacun des groupes de formations végétales.

- **L'inflammabilité (I)** est liée aux variables par la formule (Alexandrian., 1982) :

$$I = 0,4 + 2,5 (E2) + 5 (E3) + 0,3 (BV * F) - 4,47 (NS)$$

Avec: **BV**: biovolume

$$BV = BV1 + BV2 + BV3 + BV4$$

BV1 : (représente le taux de recouvrement des ligneux hauts/10) c'est-à-dire si le recouvrement des ligneux hauts dans la placette d'étude =80% alors l'indice devient 80/10= 8) ;

BV2 : représente le taux de recouvrement des ligneux bas/10 ;

BV3 : représente le taux de recouvrement de la strate herbacée/10 ;

BV4 : représente le taux de recouvrement de la litière/10 ;

F : note d'inflammabilité du type CEPE (de la 1ère espèce herbacée c'est-à-dire F=E1) ;

NS : nombre de strates (litière, herbacée, ligneux bas et ligneux haut) c'est-à-dire NS=4 si on compte la litière,

E2 : note d'inflammabilité de la 2ème espèce herbacée

E3 : note d'inflammabilité de la 3ème espèce herbacée

- **La combustibilité (C)** est liée aux variables par la formule (Alexandrian., 1982) :

$$C = 39 + 2,3 * BV * (E'1 + E'2 - 7,18)$$

Avec : **BV** : biovolume

E'1 : note de combustibilité de la 1ère espèce arborée

E'2 : note d'inflammabilité de la 2ème espèce herbacée

Tableau 15: Paramètres pris en compte pour la classification des indices (inflammabilité/combustibilité).

Indice	Nom	Classe	Notes	Justification
I	Inflammabilité	0 nulle	5	Inflammabilité définie par le CEMAGREF (Alexandrian, 1982)
		< 40 faible	1	
		40 – 50 modérée	2	
		50 – 60 élevée	3	
		> 60 très élevée	4	
C	Combustibilité	0 nulle	5	Combustibilité définie par le CEMAGREF (Alexandrian, 1982)
		< 40 faible	1	
		40 – 50 modérée	2	
		50 – 60 élevée	3	
		> 60 très élevée	4	

7. Données arbres du chêne liège

Il s'agit d'obtenir les paramètres requis pour chaque arbre de chêne liège contenant dans cette station. Ces arbres sont divisés en quatre catégories comme suit :

- ✓ Arbres de chêne liège non récoltés (NR)
- ✓ Arbres de chêne liège récoltés avant 2019 (RA)
- ✓ Arbres de chêne liège récoltés en 2019 (R19)
- ✓ Brins de chêne liège à l'âge de 9 ans (Br)

7.1. Descripteurs forestiers

Il s'agit d'un inventaire pied par pied des arbres de chêne liège contenus dans chacune des parcelles. Ces relevés comprennent les diverses mesures dendrométriques, d'exploitation et de santé. Les détails sont enregistrés dans l'annexe (3).

7.1.1. Descripteurs dendrométriques

La dendrométrie d'un arbre est exprimée généralement au moyen de quatre grandeurs :

- **Hauteur totale (m)** : c'est la distance entre le pied et le bourgeon terminal de l'arbre de chêne liège mesurée au moyen d'un blum-liess.
- **Circonférence à 1,30m (cm)**: la mesure de la circonférence s'opère à l'aide d'un ruban mètre à 1,30m du sol (mesure à hauteur de poitrine d'homme).
- **Diamètre du bois (cm)** : il est calculé par la formule suivant :

$$D = C_{ext} - 2\pi E / \pi$$

D : diamètre du bois de l'arbre (cm)

C_{ext} : circonférence externe (cm)

E : épaisseur de liège (cm)

Selon Riffard et al. (2008), la structure du peuplement est déterminée en fonction de diamètre des arbres échantillonnés. On a classé les arbres en différentes catégories de bois dans le tableau 16 suivant :

Tableau 16 : Principales classes de catégorie de bois (Riffard et al., 2008).

Notes	Classe de diamètre (cm)	Catégorie de bois
1	$D < 17,5$	perche
2	$17,5 \leq D < 22,5$	Petit bois
3	$22,5 \leq D < 42,5$	bois moyen
4	$42,5 \leq D < 62,5$	gros bois
5	$D \geq 62,5$	très gros bois

Le tableau 17 consigne les relevés dendrométriques de différentes catégories d'arbre de chêne liège mesurés dans la station d'étude.

Tab 17 : relevés dendrométriques de différentes catégories d'arbre mesurées de chêne liège.

Catégorie d'arbre mesurée	Nombre d'arbre (%)	Hauteur totale (m)			Circonférence à 1.30m (cm)			Diamètre de bois (cm)		
		Max	min	moy	max	min	moy	max	min	moy
Non récolté (NR)	22,26	6	2	3,64	74	27	43,41	14,55	0,23	5,27
Récoltés avant (RA)	20,58	9	2,5	5,9	134	44	75,28	38,65	6	14,96
Récoltés en 2019 (R19)	27,31	12	7	9,2	240	35	122,03	75,43	10,15	37,86
Brins (Br)	29,41	3	0,5	1,61	27	5	12,97	X		

- **Surface terrière (S)** : La surface de base de l'arbre correspond à la surface de la section transversale de cet arbre à hauteur d'homme (à 1,30m). La surface terrière d'un peuplement (G) reflète la productivité de la forêt, c'est la somme des surfaces terrières de tous les arbres qui le composent. Elle est exprimée en mètre carré de la surface de bois par hectare (m²/ha).

$$S = C^2_{(1,3)} / 4\pi \text{ et } G = \sum_{k=1}^n C^2 / 4\pi$$

Avec :

S : surface terrière de l'arbre (m²)

C : Circonférence à 1,30m de l'arbre (m)

G : Surface terrière du peuplement (m² par hectare)

7.1.2. Descripteurs d'exploitation

Ils sont liés aux mesures d'extraction du liège ; ils aident à décrire la qualité du liège final. Il s'agit de mesurer la hauteur d'écorçage pour déterminer le coefficient d'écorçage.

- **Épaisseur du liège (E)** : elle est mesurée au moyen d'une jauge à écorce en mm. Les différentes mesures sont distribuées par classes dont chacune exprime une catégorie de liège (Tab.18).

Tableau 18 : Distribution des épaisseurs du liège par classe et catégorie (Stiti et al., 2014).

Note	Classes d'épaisseur (mm)	Catégorie de liège
1	$E < 22$	Flotté
2	$22 \leq E < 27$	Mince
3	$27 \leq E < 32$	Juste
4	$32 \leq E < 40$	Régulière
5	$40 \leq E < 45$	Limonade
6	$45 \leq E < 54$	Épais
7	$E \geq 54$	Sur épais

- **Hauteur d'écorçage ou démasclage (HE)** : la hauteur d'exploitation est mesurée à l'aide d'un ruban mètre en **cm**. Elle concerne la partie récoltée de la dernière campagne. Elle se distingue bois par la couleur du tronc qui vire du jaune-sablé (récolte récente) au sombre (récolte ancienne).
- **Coefficient d'écorçage ou démasclage (CE)** : la formule suivante nous permet de calculer ce paramètre (Boudy., 1955).

$$CE = HE / C_{1,3}$$

Tableau 19 : les différentes classes de relevés d'exploitation

Relevés d'exploitation	
Mesures	Classes
Épaisseur de liège (mm) de NR, RA et R19	$C1 < 22, C2 [22; 27[, C3 [27; 32[, C4 [32; 40[, C5 [40; 45[, C6 [45; 54[, C7 \geq 54$
Hauteur d'écorçage (cm) de RA et R19	$C1 < 100, C2 [100; 200[, C3 [200; 300[, C4 [300; 400[, C5 \geq 400$
Coefficient d'écorçage RA et R19	$C1 < 1, C2 [1; 2[, C3 [2; 3[, C4 [3; 4[, C5 \geq 4$

7.1.3. Descripteurs sanitaires

Il s'agit d'un inventaire de l'état de santé des arbres de chêne liège. Ils consistent essentiellement à des observations reposant sur l'appréciation visuelle de l'état du houppier et du tronc. Les différentes évaluations sont faites en notes.

- **Etat de la cime ou la reprise végétative:**

Il permet d'estimer la récupération foliaire des arbres de chêne liège après le dernier incendie de 2012 (soit 9 ans après) par rapport à un arbre de référence non brûlé. Cet arbre possède un houppier et une architecture normale avec une densité foliaire remarquable (tab.20).

Tableau 20: Distribution sanitaire par classe de reprise végétative des arbres brûlés.

Etat de la cime ou reprise végétative (RV)		
note	classe de reprise végétative (%)	catégorie de reprise végétative/ et catégorie sanitaire
0	0%	Arbre mort
1	$RV < 10\%$	Arbre très faiblement repris/ Arbre très dépéris
2	$10 \leq RV < 25\%$	Arbre faiblement repris/ arbre dépéris
3	$25 \leq RV < 50\%$	Arbre moyennement repris/ arbre affaibli
4	$50 \leq RV < 75\%$	Arbre fortement repris/ Arbre sain
5	$RV \geq 75\%$	Arbre très fortement repris/ Arbre sain

- **Etat de tronc (crevasses et surface du bois) :**

- ✓ État de crevasse de tronc : il consiste à observer la présence ou l'absence des crevasses dus aux champignons et des insectes xylophages secondaires en l'occurrence *Platypus cylindrus* qui s'installe fréquemment après le passage du feu en profitant de la situation physiologique défavorable que traverse l'arbre (Cstry et al., 2017),
- ✓ État de la surface du tronc : il s'agit de l'évaluation de la surface du bois du tronc. Il consiste d'observer si le tronc est recouvert du liège ou non (dénudé : bois exposé directement à l'air). Ce dernier est le résultat généralement du mauvaise récolte du liège (arrachage de la couche du liège avec la mère ou ce qui laisse le bois nu).

Ces deux paramètres peuvent déterminer le taux de survie ou de mortalité de l'arbre après l'incendie. Le tableau 21 ci-dessous montre les notes d'évaluation de l'état de tronc.

Tableau 21 : Classes et signification de l'état de tronc (crevasses et surface de bois)

état de tronc (NR, RA et R19)		
Classe	Etat crevasse (ECT) et Etat de bois (EBT) (%)	Signification
0	0%	Tronc sain, complètement recouvert de liège
1	ECT ou EBT <10%	Tronc faiblement crevassé en perdant une fraction de son volume du bois/Une surface du tronc faiblement dénudée
2	$10 \leq \text{ECT ou EBT} < 25\%$	Tronc moyennement perd jusqu'au quart de son volume du bois/ Une surface du tronc dénudée assez grande
3	ECT ou EBT $\geq 25\%$	Tronc fortement crevassé perdant plus du quart de son volume du bois/ Une surface du tronc dénudée plus grande

- **Indice de santé (IS)**

Il représente l'état global du peuplement à partir de l'ensemble des arbres pris individuellement. Le calcul de cet indice se base sur la récupération végétative des arbres après feu. Il est déterminé par la formule suivante:

$$\text{IS} = (n_1 \cdot \text{RV}_1) + (n_2 \cdot \text{RV}_2) + (n_3 \cdot \text{RV}_3) + (n_4 \cdot \text{RV}_4) + (n_5 \cdot \text{RV}_5) / N$$

Avec : n_i : Nombre d'arbres de la classe i de Reprise végétative, P_i : Poids de la classe i (1 si $i=1$; 2 si $i=2$ etc.), **RV** : Reprise végétative de la couronne, **N** : Effectif total d'arbres observés.

Tableau 22 : Principales catégories de santé du peuplement du chêne-liège prises en compte en fonction de (IS)

Indice de santé (Is)	Statut sanitaire
$Is < 1.6$	Peuplement déperis ou très fortement affaibli
$1.7 < Is < 2.0$	Peuplement affaibli
$2.1 < Is < 2.5$	Peuplement moyennement sain
$Is > 2.6$	Peuplement sain

7.2. Sévérité de feu sur le peuplement de chêne liège

La gravité de l'incendie est définie comme un impact du feu sur l'écosystème forestier et qu'elle peut donc être interprétée individuellement. La composition des espèces avant le feu, le peuplement (structure, densité, date exploitation du liège, état de santé, âge des arbres, dendrométrie, etc.), la topographie, le substrat et le climat auront tous un effet sur la façon dont l'intensité du feu se traduit en gravité du feu (Keeley., 2009). Le schéma suivant (Fig.29) reflète les différentes propriétés physiques, chimiques et biologiques qui contribuent à la sévérité de l'incendie :

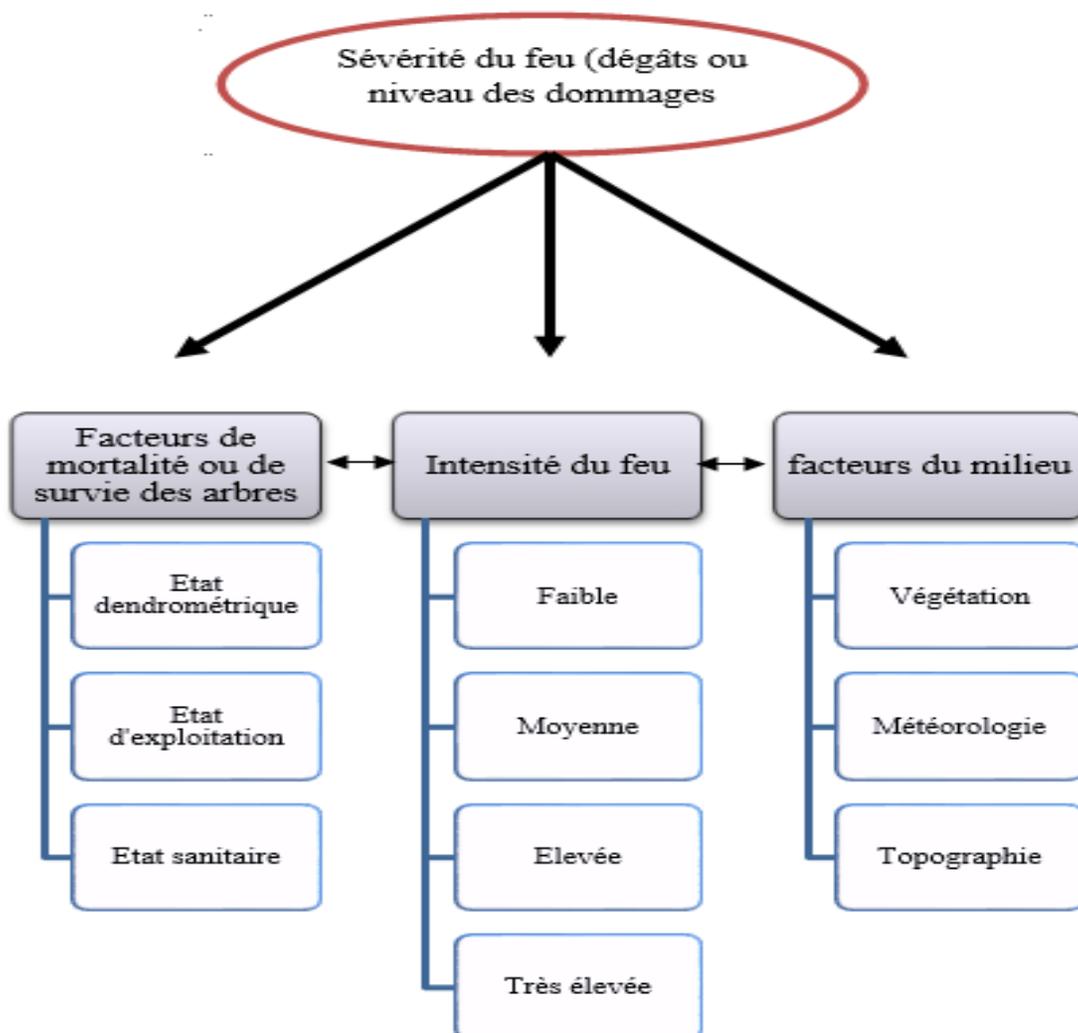


Figure 29 : Schéma explicative de différents facteurs contribuent à la sévérité du feu.

- **Indice de sévérité de feu**

En fonction de ces facteurs on peut donner ce qu'on appelle un indice de sévérité (**ISv**) ; c'est la probabilité de la mortalité ou la survie de chaque arbre de chêne liège après un feu d'intensité variable (quand la végétation est abondante dans la station on parle d'un feu intense). L'estimation de ces probabilités nous permet de déduire l'indice de sévérité de futur feu dans notre zone d'étude.

Tableau 23 : Probabilité mortalité/survie de chêne liège en fonction de la sévérité de feu (Sv).

Cas : Feu intense		
Notes de Sv	signification	Probabilité de mortalité (%)
0	très faible	0
1	faible	25
2	moyen	50
3	élevé	75
4	très élevé	100

Sur la base des paramètres individuels des arbres et les conditions du milieu, nous pouvons estimer la probabilité de mortalité ou de survie des arbres et ce selon les travaux scientifique antérieurs (Tab.24, 25).

Tableau 24 : Principaux facteurs de mortalité ou de survie des arbres selon les auteurs.

Type paramètres	Facteur	Sévérités des arbres	Auteurs
physiques	Exposition	Facteur vient en 2 ^{ème} rang après l'épaisseur du liège : probabilité de survie plus grande dans sud que l'Est (expositions favorables/défavorables)	Moreira et al., 2007
Forestiers	Couvert forestier	Plus le couvert est grand et la survie est grande, la couverture forestière atténuée la mortalité	Moreira et al., 2007
	Sous-bois	Plus le couvert du sous bois est abondant et plus la mortalité est grande et donc la survie est faible	Moreira et al., 2007
			Parcelle fortement embroussaillée est frappée par un incendie de forte intensité, mais régulièrement entretenue le feu devient moyennement intense
Individuels	Diamètre	Gros arbres sont plus exposés à la mortalité que les arbres de taille moyenne	Moreira et al., 2007
		La probabilité de mortalité augmente avec l'augmentation du diamètre des arbres : 27% (PB), 35% (BM), 66% (GB)	Roula et al., 2020
	Hauteur totale	Pas d'effet significatif	Moreira et al., 2007
	Exploitation	Arbres démasclés sont plus exposés à la mortalité que les arbres non démasclés, ces arbres sont plus résistants au feu	Moreira et al., 2007
	Hauteur de carbonisation	La mortalité augmente avec la hauteur de carbonisation	Moreira et al., 2007
	Exposition racinaire	La probabilité de mortalité augmente avec l'augmentation de l'exposition des racines au feu	Roula et al., 2020
	Blessures du tronc		La probabilité de mortalité augmente avec l'augmentation du pourcentage de blessures au tronc (>10% du bois endommagé)
		Les vieux arbres, les blessures occasionnées par les écorçages successifs sont de portes d'entrée pour le feu réduisant leur chance de survie à néant	IML., 2016

Mais l'épaisseur du liège ou son âge (le temps qui sépare la date de récolte et le passage du feu), est le facteur le plus déterminant dans la sévérité du feu ou les dommages causés par le feu (mortalité/survie). Le tableau 25 résume les principaux résultats obtenus par nombreux auteurs dans la région à chêne liège.

Tableau 25 : Effet de l'épaisseur du liège (âge) sur la sévérité du feu selon les sources

Auteurs	% survie (S) /Mortalité (M)	Épaisseur (cm) ou âge du liège (an)	Observations
Barberis et al., 2003	Graves dommages	2ans	
Cabenedo et al., 1995	Survie : 46%	6 ans	
Moreira et al, 2009	Survie : 79%	E<2cm,	Diamètre ; >40cm , vulnérabilité des arbres diminue E>4cm
Catry 2006	Survie : 98%	Arbres non démasclés	
Catry et al., 2012	Survie : 77%	E<3cm (2.1mm en moyenne)	91% de survie des arbres non écorcés, E>3cm est écarté du danger
Moreira et al., 2007	Survie : 84%	E : 1.8-2.6cm	
Lamey, 1894	Mortalité : 100% (an), 90% (2ans), 70% (3ans), 50% (4ans), 25% (5ans), 15% (6ans), 10% (7ans), 4% (8ans), 2% (9ans)		

En ce qui concerne les jeunes arbres, la survie dépend de l'intensité du feu. Le tableau 26 suivant consigne les résultats obtenus par l'IML (2016), sur le taux de reprise des sujets de chêne liège selon leur circonférence au collet et l'intensité du feu.

Tableau 26 : Taux de survie des jeunes sujets de chêne liège selon leurs dimensions pour un feu de forte intensité (IML, 2016).

Taux de survie	50%	80%	90%	100%
Circonférence (cm)	23.6	40.7	48.8	58.5
Diamètre (cm)	7.5	13.0	15.5	18.6

A partir de ces résultats, on peut déterminer un indice de sévérité (probabilité de survie/mortalité) des arbres en cas d'un feu intense (parcelle embroussaillée) qui pourrait survenir entre 2021-2024 (au maximum 4 ans après la dernière récolte du liège de 2019). Plusieurs combinaisons sont analysées entre les facteurs favorables et ceux défavorables à la survie des arbres pour déterminer à la fin les 5 probabilités de mortalités (Tab.27).

Tableau 27 : Facteurs de risque et probabilité de sévérité du feu.

Sévérité Taux survie	Facteurs de risque
0	Arbre recouvert d'une couche de liège de reproduction épaisse (>2.5cm), âge de liège supérieur à 6ans tronc sain sans crevasse, arbre vigoureux avec une bonne reprise végétative (RV4-5), arbres adultes (PB-BM : diamètre >17.5cm), arbre dont la hauteur est supérieure à >6m avec une hauteur de carbonisation <50% Arbre non démasclé, une bonne reprise végétative (RV3-5),
1	Arbre recouvert d'une couche de liège de reproduction épaisse (>2.5cm), tronc peu crevassé, arbre vigoureux avec une assez bonne reprise végétative (RV3-4), arbres adultes (P-PB-BM : diamètre >17.5cm), arbre dont la hauteur est supérieure à >4m avec une hauteur de carbonisation >50%, surface du bois peu dénudée.
2	Arbre recouvert d'une couche de liège de reproduction épaisse à moyenne (1.5-2cm), un âge moins de 4ans, tronc peu crevassé, arbre peu vigoureux avec une reprise végétative moyenne (RV3-4), arbres jeunes (P : diamètre >7.5cm) ou vieux (GB :>42.5cm), arbre dont la hauteur est supérieure à >4m avec une hauteur de carbonisation >50%, surface du bois peu dénudée.
3	Arbre recouvert d'une couche de liège de reproduction mince (<1.5cm), un âge moins de 3 ans, tronc crevassé, arbre peu vigoureux avec une reprise végétative moyenne (RV2-3), arbres jeunes (P : diamètre >7.5cm) ou vieux (GB :>42.5cm), arbre dont la hauteur est supérieure à >4m avec une hauteur de carbonisation >50%, surface du bois peu dénudée.
4	Arbre recouvert d'une couche de liège de reproduction mince (<1cm), un âge moins de 2 ans, tronc crevassé, arbre peu vigoureux avec une reprise végétative moyenne (RV2-4), arbres jeunes à vieux (P-TGB), arbre dont la hauteur est supérieure à >4m avec une hauteur de carbonisation >50%, surface du bois dénudée, les jeunes rejets de souche ou plantation.

L'épaisseur du liège est le premier facteur analysé car il est considéré comme un facteur clé de survie/mortalité de l'arbre. Le second paramètre est l'état d'exploitation du liège. Les arbres non démasclés ont moins de probabilité de mortalité que ceux récoltés. Les autres facteurs tel que l'inflammabilité, la combustibilité ainsi que l'état sanitaire et dendrométrique sont pris secondairement selon leur valeur.

Il est à signaler que la notion de la survie indique que l'arbre peut se régénérer par la canopée, par contre la mortalité des tiges correspond à la non capacité de l'arbre à se régénérer par le houppier seulement mais la tige peut présenter une régénération du collet (rejets de souche).



Chapitre IV

RESULTAT ET DISCUSSION

Résultats

1. Caractéristiques de la végétation

1.1. Distribution de taux de recouvrement des espèces et des strates

Les résultats d'observation de la végétation ayant repoussé après le dernier feu de 2012 montrent après 9 ans, un développement abondant des plantes de différentes catégories (herbacée, vivace, semi ligneux et ligneux). Toutes les unités d'échantillonnage sont envahies de végétation appartenant à la classe 5, soit un taux de recouvrement supérieur à 75%. Ceci indique que le sol est presque recouvert de végétation (Fig.30).



Figure 30 : Etat d'embroussaillage de la station d'étude (photos Kebrit, 1^{er} juillet 2021).

Les deux figures 31 et 32 suivantes indiquent les résultats de la distribution horizontale et verticale des espèces associées au chêne liège :

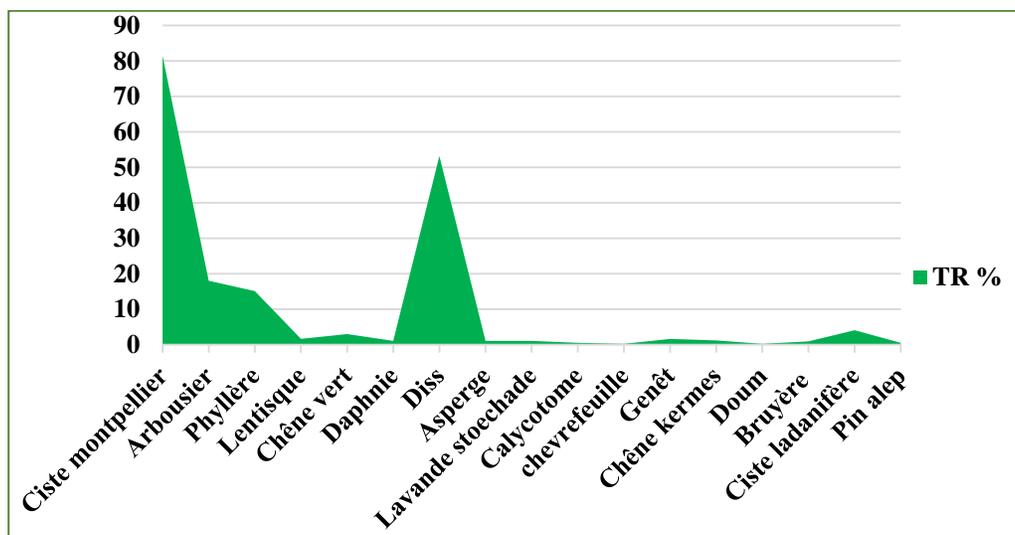


Figure 31 : Distribution horizontale et taux de recouvrement (TR : %) des espèces inventoriées avec le chêne liège (début juillet 2021) à Ifri.

Cette figure montre que le taux de reprise végétative des espèces dans les 40 parcelles est variable entre les espèces. Mais la plante la plus abondante est représentée par le Ciste Montpellier avec un taux de couverture moyen de plus de 80%. En second rang, on trouve le Diss, avec un taux moyen supérieur à 50% ; tandis que l'Arbousier et la phyllère recouvrent le sol entre 10 et 20%. Le taux de recouvrement des autres espèces est en moyen faible. Mais elles peuvent être abondantes par endroit et absentes par d'autres.

En ce qui concerne la distribution verticale (par strate) de cette végétation ; celle-ci montre trois strates différentes ; la strate sous arbustive bas est la plus fréquente avec environ 80%. Cette strate est dominée par l'ensemble des espèces vivaces (Cistes, Chèvrefeuille, genêt, Diss, ect). Par contre la strate la plus faible est représentée par la strate arbustive avec 2% de la superficie totale de la station. On trouve dans cette strate l'arbousier, chêne vert, rarement la phyllère et lentisque. Pour la strate sous arbustive haut, celle-ci est estimée à 18% (Fig.32). Elle est dominée par l'arbousier, la phyllère, le lentisque et la bruyère. En ce qui concerne la strate herbacée non considérée dans cette étude, est très riche en plantes annuelles et arrivent à recouvrir le sol.

Donc, la forêt d'Ifri, après l'incendie 2012, se caractérise par un sous-bois riche et abondant. Il comprend essentiellement un important groupement de type pré-forestier fréquent par des espèces caractéristiques de dégradation (diss et cistes) et de passage de feu (ciste ladanifère).

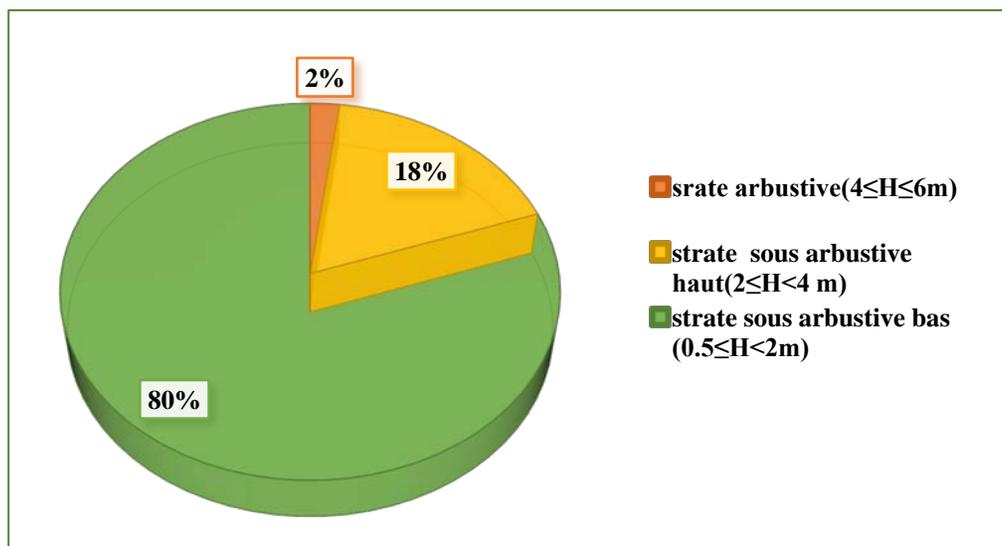


Figure 32: les différentes strates des espèces (la distribution verticale)

1.2. Inflammabilité et combustibilité des espèces végétales

1.2.1. Classification des espèces végétales par notation

Les deux tableaux 28 et 29 suivants montrent respectivement les notes d'inflammabilité et de combustibilité de chaque espèce inventoriée dans la station d'étude :

Tableau 28 : Classification des espèces végétales en fonction de la note d'inflammabilité.

signification	Noms scientifiques	Famille	Note d'inflammabilité
Très inflammable	<i>Cistus monspeliensis</i>	Cistaceae	3
	<i>Arbutus unedo</i>	Ericaceae	3
	<i>Ampelodesma mauritanicum</i>	Poaceae	3
	<i>Calycotome intermedia</i>	Fabaceae	3
	<i>Erica arborea</i>	Ericaceae	3
	<i>Cistus ladaniferus</i>	Cistaceae	3
	<i>Pinus halepensis</i>	Pinaceae	3
	<i>Quercus suber</i>	Fagaceae	3
	<i>Phyllirea latifolia</i>	Oleaceae	3
	<i>Pistacia lentiscus</i>	Anacardiaceae	3
	<i>Quercus coccifera</i>	Fagaceae	3
	<i>Quercus ilex</i>	Fagaceae	3
	<i>Genista sp</i>	Fabaceae	3
	<i>Asparagus acutifolius</i>	Liliaceae	3
	<i>Lavandula stoechas</i>	Lamiaceae	3
<i>Lonicera implexa</i>	Caprifoliaceae	3	
Moyennement inflammable	<i>Chamaerops humilis</i>	Palmaceae	2
	<i>Daphne gnidium</i>	Thymeleaceae	2

Tableau 29 : Classification des espèces végétales en fonction de la note de la combustibilité.

signification	Noms scientifiques	Famille	Note de la combustibilité
Très combustible	<i>Calycotome intermedia</i>	Fabaceae	3
	<i>Ampelodesma mauritanicum</i>	Poaceae	3
	<i>Pinus halepensis</i>	Pinaceae	3
	<i>Quercus suber</i>	Fagaceae	3
	<i>Phyllirea latifolia</i>	Oleaceae	3
	<i>Pistacia lentiscus</i>	Anacardiaceae	3
	<i>Quercus coccifera</i>	Fagaceae	3
	<i>Quercus ilex</i>	Fagaceae	3
	<i>Genista sp</i>	Fabaceae	3
	<i>Chamaerop shumilis</i>	Palmaceae	3
	<i>Daphne gnidium</i>	Thymeleaceae	3
Moyennement combustible	<i>Cistus monspeliensis</i>	Cistaceae	2
	<i>Arbutus unedo</i>	Ericaceae	2
	<i>Cistus ladaniferus</i>	Cistaceae	2
	<i>Asparagus acutifolius</i>	Liliaceae	2
	<i>Lavandula stoechas</i>	Lamiaceae	2
Peu combustible	<i>Lonicera implexa</i>	Caprifoliaceae	1
	<i>Erica arborea</i>	Ericaceae	1

La lecture du tableau 28 montre que la majorité des plantes accompagnatrice du chêne liège sont très inflammables. Très peu de plantes sont moyennement inflammable en l'occurrence le doum et le Daphnie. Plus de la moitié des plantes très inflammables sont très combustibles, il s'agit de toutes les espèces ligneuses (*Pinus* et *Quercus*) et quelques plantes semi-ligneuses (Lentisque et Phyllère) et vivaces le diss (espèce semi-dominance). Cependant, l'espèce la plus dominante dans la station en l'occurrence le ciste de Montpellier est moyennement combustible au même titre que la plante pyrophyte Ciste ladanifère. Le reste des végétaux très inflammables sont moyennement à peu combustibles.

1.2.2. Description (inflammation/combustion) du couvert végétal

Les deux figures 33 et 34 suivantes décrivent les végétaux de la station d'étude en fonction du délai d'inflammation et durée de combustion :

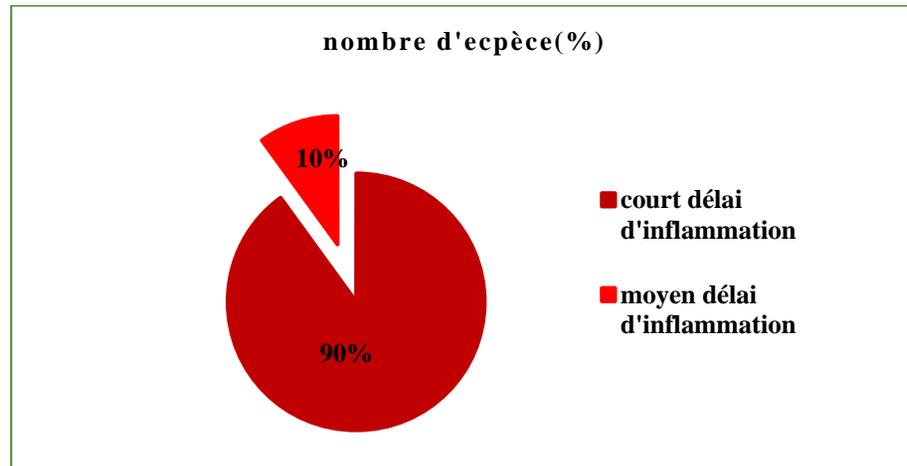


Figure 33 : Variation du délai d'inflammation de couverture végétale.

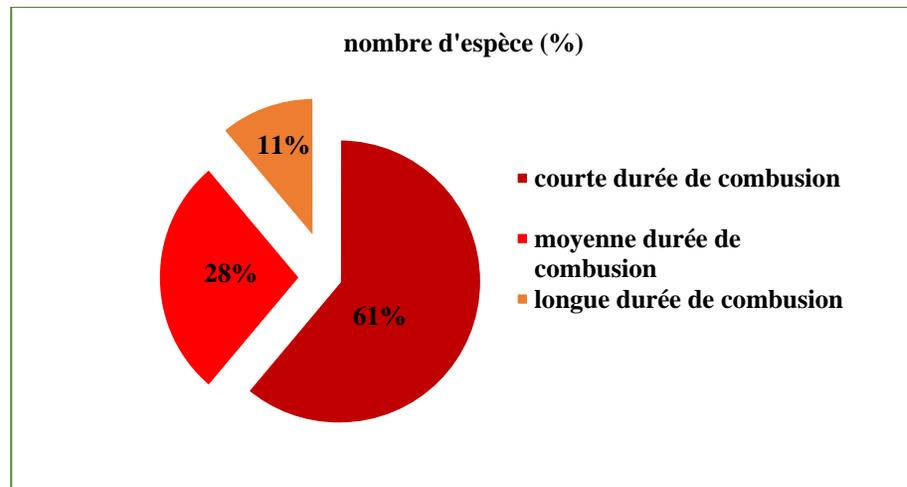


Figure 34: variation de durée de combustion de couverture végétale.

La lecture de ces figures, nous montre clairement que dans l'ensemble de notre station d'étude, la couverture végétale est représentée par 90% d'espèces végétales très inflammables et 61 % de taxons végétaux sont très combustibles. La relation entre ces deux paramètres explique le processus d'éclosion et de propagation des feux de forêts.

1.2.3. Classification (inflammabilité / combustibilité) en fonction des strates

Les deux figures 35 et 36 suivantes représentent la description d'inflammabilité et de combustibilité en fonction des trois strates végétatives de la station d'étude :

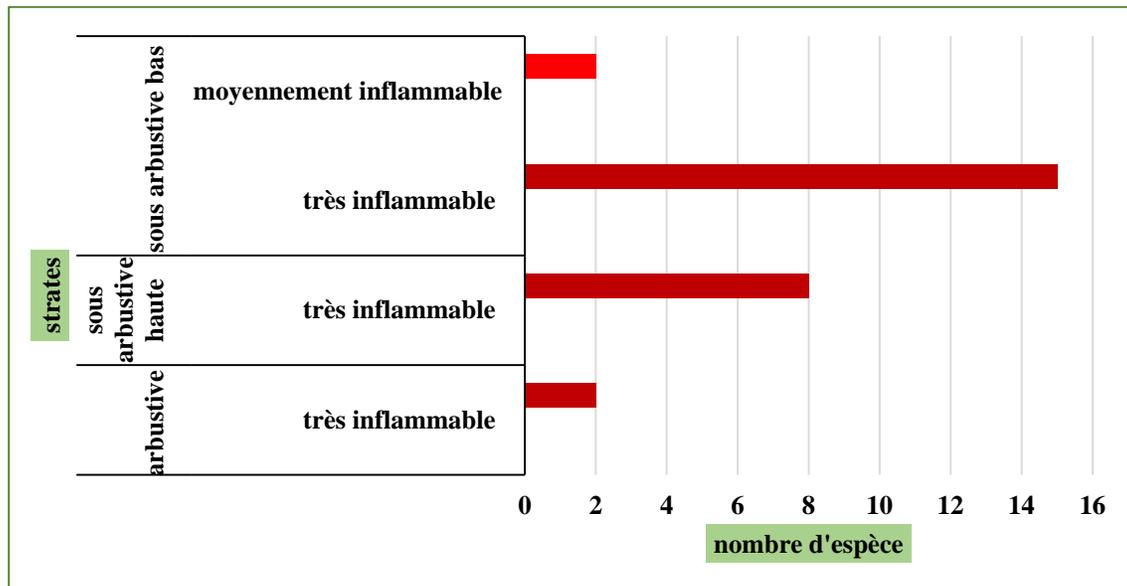


Figure 35 : Représentation de l'inflammabilité des espèces végétales en fonction des strates.

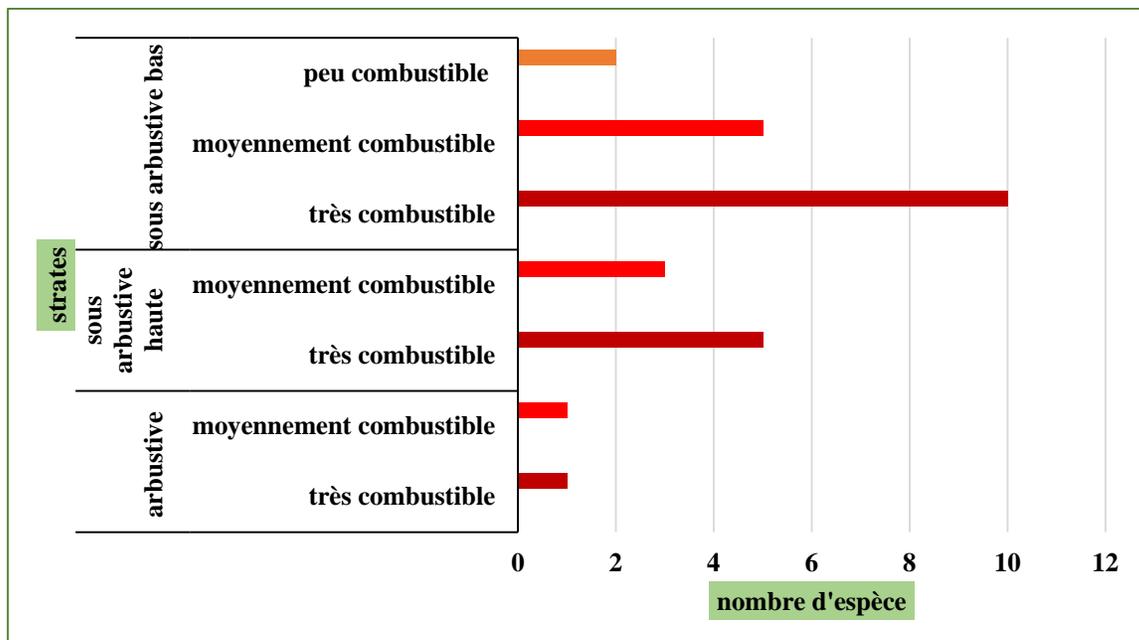


Figure 36 : Représentation de la combustibilité des espèces végétales en fonction des strates.

D'après la figure 35, on remarque que les trois strates (arbustive, sous arbustive haute et sous arbustive basse) sont dominées par les espèces végétales très inflammables. Elles sont plus remarquables dans la strate sous arbustive basse pouvant favoriser la propagation rapide et horizontale en cas d'un départ de feu. Les taxons moyennement inflammables restent faibles au niveau de cette strate et absentes dans les deux autres strates ; tandis que les espèces peu inflammables sont absentes dans cette zone.

La figure 36 nous indique par contre, que la strate sous arbustive (haute et basse) est dominée par les espèces végétales très combustibles suivies par les taxons moyennement combustible. Un faible nombre de taxons peu combustibles seulement poussent dans la strate sous arbustive basse par contre la strate arbustive contient une faible quantité d'espèces végétales très combustibles et moyennement combustibles.

1.2.4. Indice d'inflammabilité et de combustibilité

Une seule station est utilisée comme station de référence, Où **BV** ($BV = BV1/10 + \dots BVn/10$) est le biovolume (BV) de la formation végétale. Il est obtenu par addition des taux de recouvrement de chacune des 4 strates de végétation (arborescente, arbustive, sous arbustive haute, sous arbustive basse). Après le calcul, nous avons trouvé le biovolume globale de notre station d'étude égale à 9.

Les notes d'intensité calorifique E et E' (notification compris entre 1 et 8 proposée par CEMAGREF) des espèces dominantes dans notre station sont :

- ✓ Chêne liège la première espèce sous arbustive basse avec une note d'inflammabilité $E1=7$;
- ✓ Chêne liège la première est la seule espèce présente dans la strate arborescente avec une note de combustibilité $E'1=5$;
- ✓ Ciste de Montpellier la deuxième espèce sous arbustive basse avec un note d'inflammabilité $E2$ ou $E'2=3$;
- ✓ Diss la troisième espèce sous arbustive bas avec une note d'inflammabilité $E3=5$.

Après avoir calculé l'indice d'inflammabilité et de combustibilité de notre station en fonction de deux formules proposées par Alexandrian en 1982, nous obtenons ce qui suit :

- L'indice d'inflammabilité (**I**) est égale à 61 ; il est supérieur à 60 donc, il est très élevé selon les paramètres prises pour la classification de cet indice (Inflammabilité définie par le CEMAGREF (Alexandrian, 1982)).
- L'indice de combustibilité (**C**) est égale à 56 ; il est variable entre 50 et 60 ; donc il est élevée selon les paramètres prises pour la classification de ce indice (Combustibilité définie par le CEMAGREF (Alexandrian, 1982)).

La détermination des indices de combustibilité et d'inflammabilité est valide dans des conditions de risque élevé, correspondant à une sécheresse d'un mois (Alexandrian, 1982). La combustibilité de la formation végétale est caractérisée par la puissance du feu alimentée par la biomasse de la formation. La sensibilité au feu de la formation croît avec la valeur de la combustibilité.

2. Caractéristiques de milieu forestier

2.1. Description de peuplement de chêne liège par strates

La figure 37 montre clairement la diversité des strates des arbres de chêne liège dans la station où la strate arborée est la plus fréquente. Les arbres dont la hauteur dépasse 6m sont dominantes ce qui indique un couvert forestier moyen (41%).

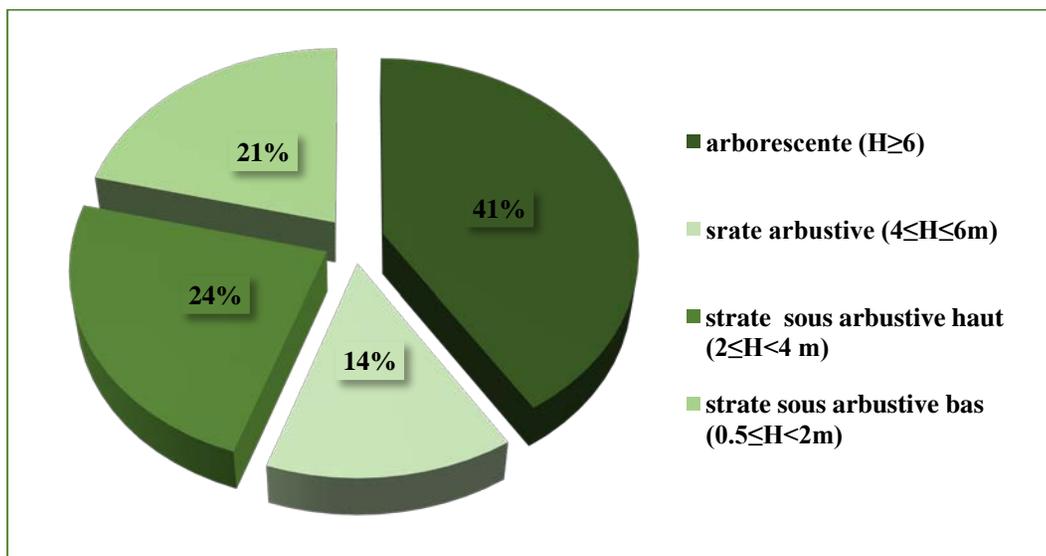


Figure 37: Répartition de différentes strates des arbres de chêne liège dans la station.

2.2. Etat dendrométrique des arbres

Selon les différentes mesures dendrométriques prises sur terrain, on a obtenu les résultats suivants :

2.2.1. Hauteurs totales des tiges

La figure 38 suivante montre la distribution en hauteurs moyennes des sujets de chêne liège par catégories de tiges (non démasclés, récoltés avant 2019, récoltés en 2019 et brins).

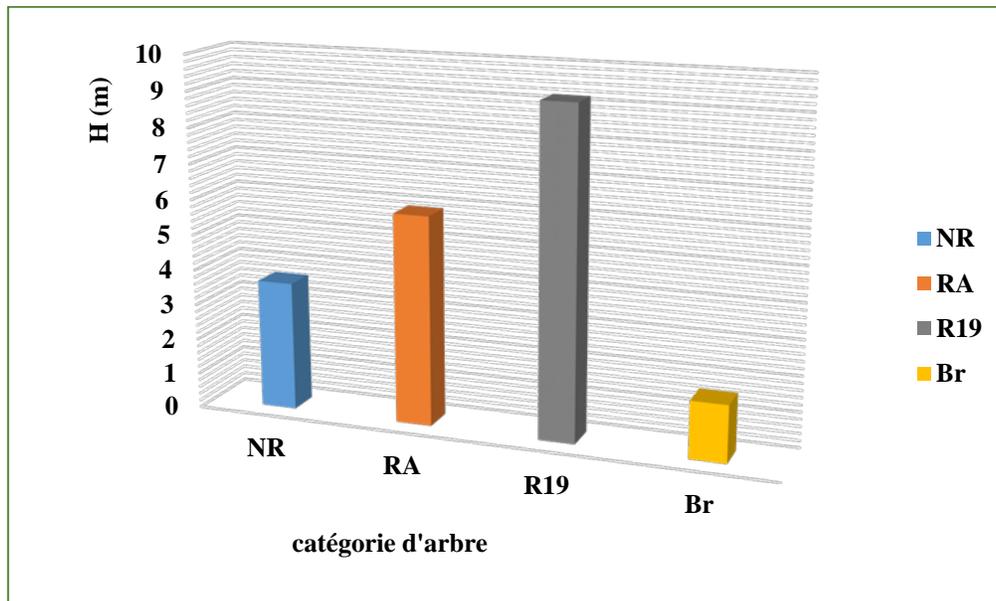


Figure 38: Répartition des hauteurs moyennes des arbres échantillons par catégories

D'après cette figure, on observe que les arbres les plus hauts sont ceux qui ont été récoltés en été 2019 avec une moyenne de 9 m. Tandis que les arbres récoltés avant cette date, représentent une hauteur moyenne de 6m par rapport aux tiges non démasclées. Ces dernières ne mesurent que 4m. La moyenne des jeunes sujets, des rejets de souche émis en 2013 après le feu, est estimée à 1,6m. La hauteur des arbres joue aussi un rôle essentiel dans la caractérisation de la productivité de la station forestière.

2.2.2. Circonférences à 1.30m des tiges

Les résultats de mesures des circonférences des différentes catégories de tiges prises à 1.30m du sol, sont présentés dans la figure 39 suivante.

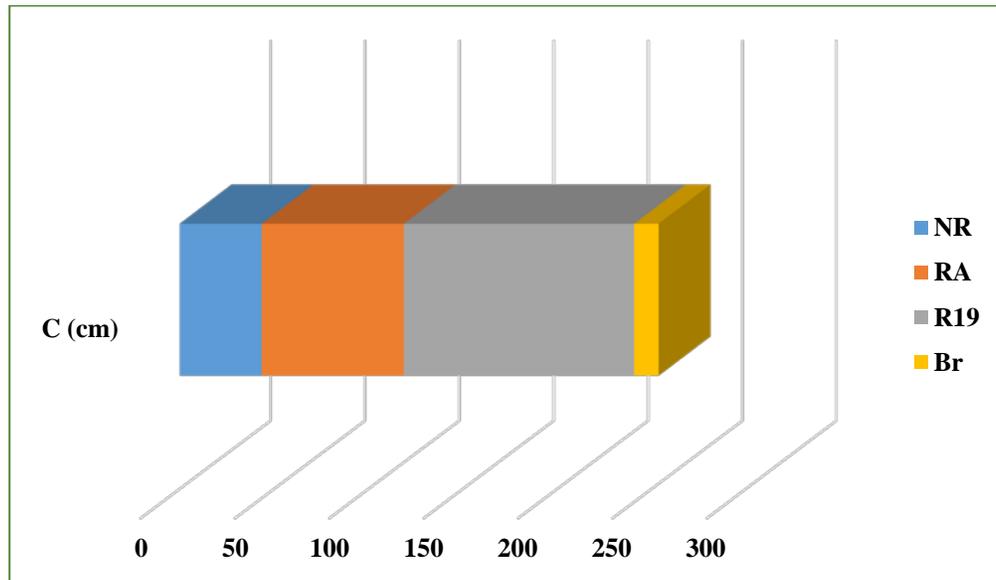


Figure 39: Répartition des circonférences moyennes par catégorie de tiges

La lecture de la représentation graphique de la figure 39, montre que la circonférence moyenne des arbres récoltés en aout 2019 est plus grande que les autres catégories de tiges. Ce sont généralement des arbres adultes au vieux avec une circonférence variant entre 75 et 240cm soit une moyenne de 122cm. Pour les arbres anciennement récoltés ; la circonférence oscille entre 45 et 135cm soit une moyenne de 75 cm. Concernant les tiges de taille faible, on remarque pour les arbres non démasclés une circonférence varie entre 27 et 74cm. La majorité des sujets de cette catégorie (92%) n'atteint pas les dimensions exploitables (<60cm). Enfin, les brins de 9 ans présentent une circonférence variant entre 5 et 27cm soit une moyenne de 12.97cm.

2.2.3. Diamètres et structure de peuplement

Les deux figures suivantes expriment le diamètre moyen de chaque type de tige et les catégories de bois en fonction de classes de diamètres.

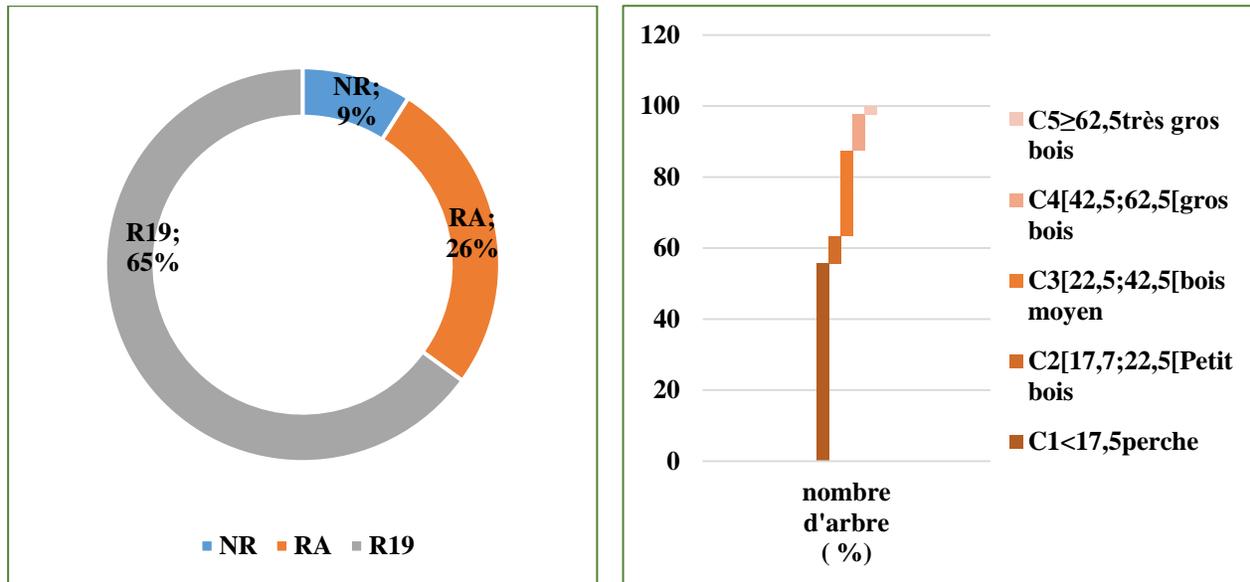


Figure 40: Répartition de diamètre par catégorie d'arbre (à gauche) et principales catégories de bois (à droite).

D'après l'analyse de secteur, le diamètre moyen des arbres abattus en 2019 est le plus grand comparativement avec les arbres non récoltés ou anciennement récoltés. Ce diamètre varie entre 10.25 et 75.43 cm, soit une moyenne de 37.86cm. Moins de 2% des arbres appartient à la classe de très gros bois ($\text{Ø} > 62$.cm), tandis que plus de 58% des arbres considérés comme bois perche et 39% de gros, moyen et petite bois. Les arbres de gros diamètre sont moins fragiles au feu contrairement aux arbres de petit bois.

2.2.4. Productivité de la forêt

La surface terrière de peuplement de chêne liège dans notre station d'étude est estimée à $12 \text{ m}^2/\text{ha}$ répartie par catégories d'arbres montrée dans la figure 41. Plus la surface terrière est grande et plus la productivité de la forêt est importante. Elle peut être un bon indicateur de la densité du peuplement à un âge donné.

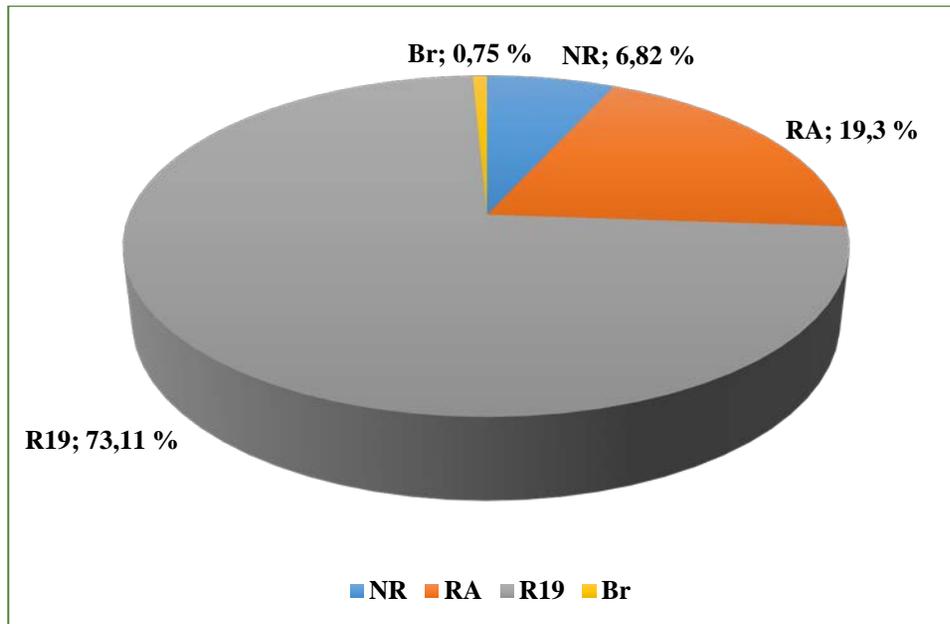


Figure 41: Répartition de la surface terrière par catégorie d'arbre.

Les arbres récoltés présentent des surfaces terrières plus importantes que les autres catégories (73%). La surface terrière varie entre 0.009 et 0.458m². Dans le second rang vient les arbres anciennement exploités avec des surfaces de base qui oscillent entre 0.015 et 0.142m². Les jeunes arbres non démasclés ont des surfaces terrière relativement plus réduites variant entre 0.005 et 0.043m². Enfin, les brins sont trop jeunes pour estimer la surface terrière.

2.3. Etat d'exploitation des arbres

Après avoir mesuré divers paramètres d'exploitation des arbres de chêne liégé, les résultats sont consignés dans les figures suivantes.

2.3.1. Epaisseur de liège

Les résultats de mesure des épaisseurs du liège des arbres récemment et anciennement récoltés sont présentés dans la figure 42.

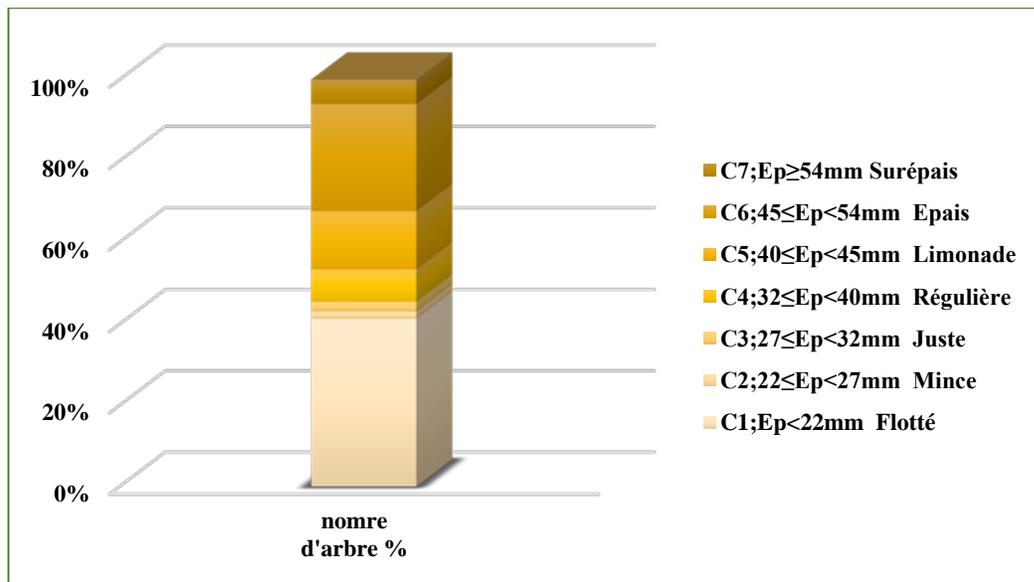


Figure 42: Répartition par classe des épaisseurs du liège des arbres échantillons.

D'après la figure 42, on note que moins de 6% des arbres sont caractérisés par un liège sur épais (épaisseur supérieure à 54 mm). Généralement ce sont des arbres âgés qui sont écorcés depuis fort longtemps (plus de 15ans). Plus de 41% des arbres jeunes sont recouverts par un liège flotté ou mince (inférieure à 22mm), sachant que les arbres récoltés en 2019 appartiennent à la classe 1 où l'épaisseur de liège varie entre 3 et 5mm. Tandis que 26% arbres ont un liège épais (45-55mm) et 16% des arbres sont recouverts par une couche de liège allant de 40 à 45mm. Le reste des arbres soit 5%, est réparti entre les classes d'épaisseurs entre 22 et 32mm. On peut dire que l'épaisseur et le type de liège sont plus ou moins adaptés à la protection du tronc contre le feu. Ces arbres à écorce épaisse sont résistants au feu que les arbres nouvellement écorcés recouverts d'une couche de liège encore jeune (2 ans) ou une écorce vierge des petites tiges (rejets de souches ou semis naturels).

2.3.2. Hauteurs et coefficients d'écorçages

Les caractéristiques de la dernière exploitation du liège (été 2019) sont présentées dans la figure 43 suivante.

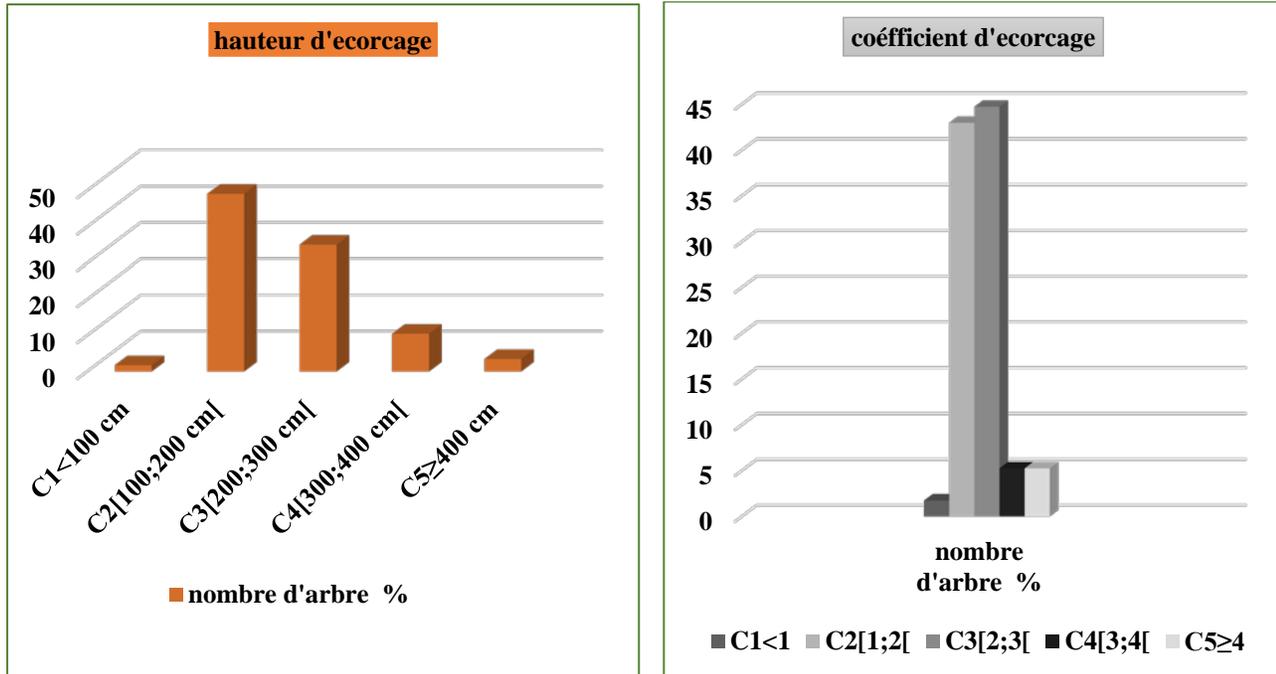


Figure 43: Répartition des hauteurs et coefficient d'écorçages des arbres échantillons récoltés en été 2019 par classes.

A travers cette figure, on remarque que la hauteur varie d'écorçage des arbres de 1 à 4m. Le nombre d'arbres le plus élevé est enregistré dans la classe2 (1-2m). L'effectif des arbres des classes 3 et 4 marque des hauteurs importantes de 2 à 4m ; par contre la classe1 représente une hauteur et un nombre d'arbres plus faibles par rapport à la classe 5 où la hauteur d'écorçage est très élevée et le nombre d'arbres est faible.

Concernant le coefficient d'écorçage, on observe que les classes 2 et 3 sont dominantes enregistrant la plus grande partie des arbres, avec un taux estimé à 88%. Au niveau de ces arbres, le coefficient d'écorçage varie entre 1 et 3 par rapport aux classes 4 et 5 où ce coefficient est plus ou moins élevé. Dans cette classe, le nombre d'arbres ne dépasse pas 6%, alors que la classe 1 contient le nombre d'arbres le plus faible avec un coefficient inférieur à 1. La surexploitation du liège ($C_e > 3$) pouvant entraîner les sujets récoltés à la vulnérabilité élevée en cas de feu présente un taux d'environ 6%.

2.4. Etat sanitaire

Les résultats d'inventaire sanitaire des arbres échantillons sont montés dans les figures 42 et 44 suivantes :

2.4.1. Reprise végétative et indice de santé

Les résultats de l'évaluation de l'état de santé des arbres selon l'importance de leur reprise végétative de la couronne sont donnés dans la figure 44 et illustrés dans la figure 45.

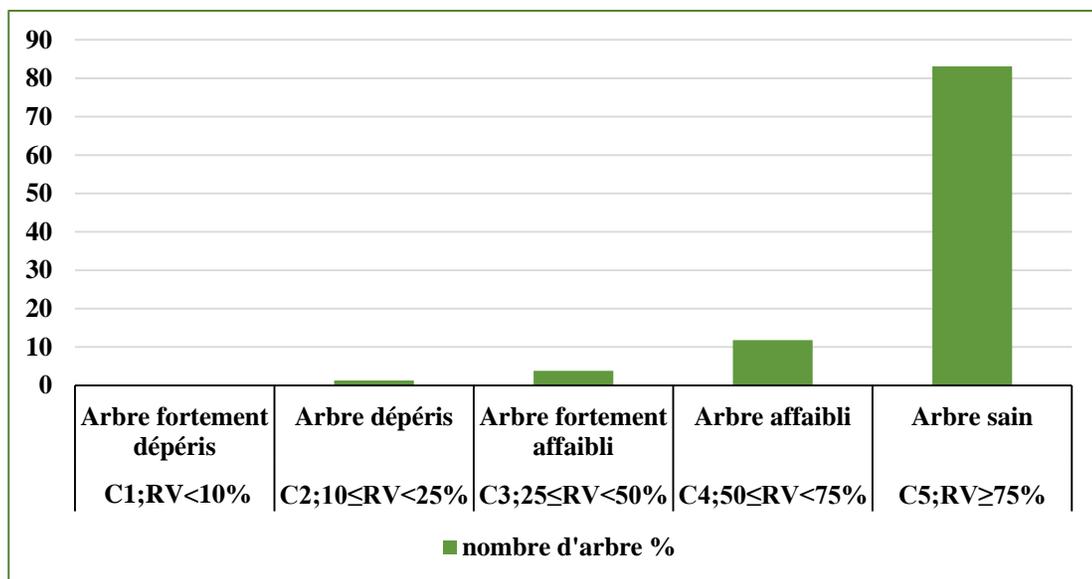


Figure 44: Répartition de la reprise végétative des arbres échantillons par classes et catégories sanitaires.

D'après cette figure, on constate que plus de 80% des arbres sont sains où la reconstitution foliaire de la cime après incendie est supérieure à 75%. Les arbres fortement dépéris sont absents. Tandis que le nombre d'arbres affaiblis ayant repris moins de 50% de la masse foliaire est faible de l'ordre de 12%. Il est plus ou moins élevé comparativement avec l'effectif des arbres fortement affaiblis ou dépéris où la reprise végétative ne dépasse pas 50%. Cette analyse indique que la majorité des arbres ont récupéré leur houppier et deviennent plus vigoureux et résistants au feu.

En ce qui concerne l'indice de santé de la forêt d'Ifri, le calcul a révélé un chiffre de 4.76 qui est supérieur à 2.6. Ce résultat montre que le peuplement de chêne liège rentre dans la catégorie de peuplement sain ; c'est-à-dire qu'il est caractérisé par un bon état sanitaire (Fig.45).



Figure 45 : Vue générale de l'état de santé du peuplement (photos, Kebrit, juillet 2021).

2.4.2. Les crevasses et état de bois du tronc

Les résultats de l'évaluation de l'état du tronc des arbres échantillons sont présentés dans la figure 46 et illustrés dans la figure 47.

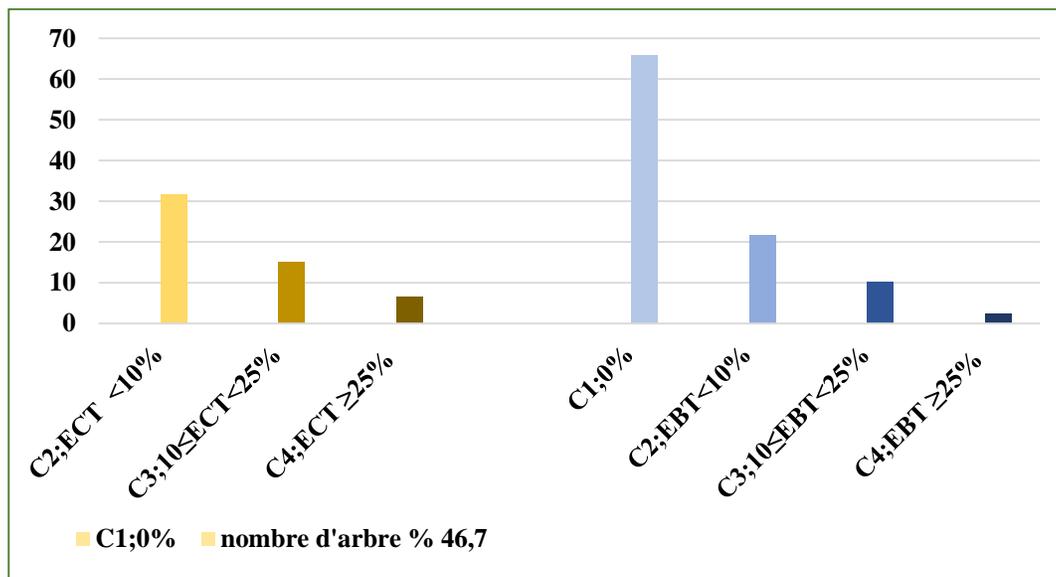


Figure 46: Répartition de l'état crevasse (gauche) et l'état de bois (droite) de tronc des arbres échantillons par classes.

D'après l'analyse de la figure 46, nous remarquons que 47% de troncs d'arbres échantillons sont sains ne présentant aucun signe de crevasses. Ces arbres appartiennent à la classe 1. En plus, près de 14% d'arbres ont un tronc moyennement crevassés (C3), tandis que moins de 10% d'arbres sont classées dans un état de tronc crevassés de la classe 4 (C4).

En ce qui concerne l'état de bois, on enregistre environ 66% du total d'arbres ayant un bois en bon état bien recouvert de la couche du liège (C1). Ce taux est très élevé comparativement avec le nombre d'arbres dont le tronc est marqué en partie par un bois nu et exposé aux facteurs externes (C4). Un taux de 10% d'arbres a un tronc au bois moyennement découvert (C3). Nous pouvons dire que l'état du tronc des arbres de la station d'étude est bon sur le plan sanitaire.

La figure 47 montre différents troncs présentant des anomalies (crevasses avec différents degrés de dégradation, bois découvert, etc).



Figure 47 : Quelques exemples de mauvais état de tronc d'arbres de chêne liège à Ifri
(Photos, kebrit, juillet 2021).

2.5. Sévérité de feu

Après avoir analysé les différentes caractéristiques dendrométrique, d'exploitation et de santé de chaque arbre de chêne liège et identifié le taux de mortalité/survie en cas d'un futur incendie, nous avons estimé (Fig.48) la sévérité de feu comme suit :

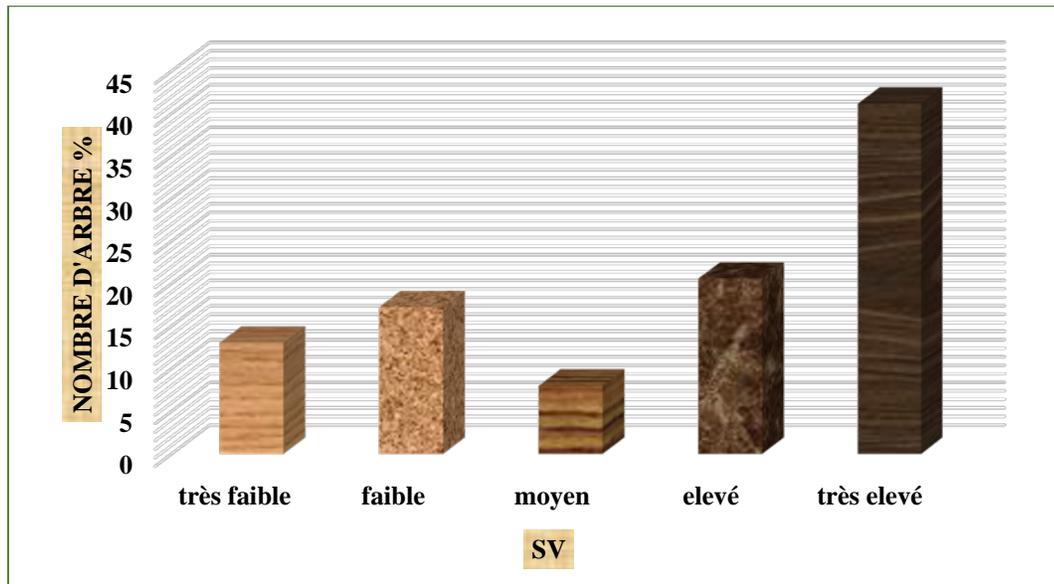


Figure 48: Représentation graphique de la sévérité de feu des arbres échantillons.

D'après cette figure, on remarque que parmi les 237 arbres-échantillons, la sévérité de feu très élevée. Elle comprend 41% d'arbres où le taux de mortalité pourrait atteindre 100% et 21% d'arbres peuvent être exposés à un feu d'une sévérité élevée (75% mortalité). Ils concernent généralement les jeunes sujets issus de régénération naturelle, les brins issus des rejets de souche et les jeunes arbres qui non pas encore atteint le stade de démasclage (perche et petite bois) de faible hauteur. Les arbres qui ont un tronc crevassé avec un bois découvert et tous les arbres récoltés en 2019. Seulement 8% des arbres peuvent avoir 50% de probabilité de mortalité ce qui signifie que le feu est moyennement sévère pour cette catégorie d'arbres. Il comprend les arbres faiblement repris, de taille moyenne (Petit bois et bois moyen) avec un tronc peu dégradé. Un feu de faible à très faible sévérité pourrait affecter 30% des arbres seulement où le taux de mortalité variera entre 0% et 25%. Ceci englobe tous des arbres sains en bonne santé et ayant bien repris, de dimensions moyenne (bois moyen et gros bois), recouverts d'une couche de liège épaisse (arbres anciennement récoltés ou recouverts de liège mâle) et d'un tronc sain.

A partir de ces données, on suggère que l'indice de sévérité de futur feu dans la forêt d'Ifri est très élevé sur la majorité des arbres (62%). Elle est composée par des arbres ayant un taux de mortalité variant entre 75% et 100%.

Discussion

Dans le cadre de ce travail, nous avons fait ressortir la vulnérabilité du peuplement de chêne liège en cas d'un risque d'incendie dans la forêt d'Ifri. En d'autres termes, le risque de mortalité des arbres de cette forêt est évalué si un futur feu intense se déclenche tout en étudiant les différents facteurs physiques et biologiques jugés influents sur le degré de ce risque. A la lumière des résultats obtenus et à partir de notre approche, la subéraie d'Ifri se révèle être un peuplement naturel irrégulier, moyennement dense (clair) avec un diamètre moyen de 18 cm. Il s'avère que la forêt a subi fréquemment des incendies de différentes ampleurs. En 2012, la zone d'étude avait subi trois (3) incendies successifs à intensités moyennes qui avaient brûlés une surface de 50 hectares.

L'analyse des unités d'échantillonnage, totalisant 237 individus, nous a permis de distinguer et d'appréhender au mieux la sensibilité et le comportement de chêne liège au feu en fonction des divers facteurs étudiés. Les résultats obtenus à partir des analyses des données réalisées avaient démontré que ce travail a bien défini certains facteurs comme facteurs indispensables dans l'évaluation d'un impact d'incendie sur une subéraie :

- Les forêts méditerranéennes sont soumises chaque année à une période de sécheresse en été. Le manque d'eau en raison de précipitations limitées ou inexistantes, l'humidité de l'air basse et les hautes températures avec des exigences élevées par évaporation augmentent les risques d'incendies de végétation (Rambal et Hoff., 1998). Le feu a une présence importante et son influence dans ces écosystèmes méditerranéens, ses dégâts dépendent principalement de l'intensité du feu et la fréquence (Moench et Fusaro., 2003).
- Le vent augmente la vitesse de propagation d'un feu de végétation. Les unités topographiques exposées au vent dominant sont les plus sensibles et L'unité d'exposition du relief module la vitesse de propagation des feux de végétation (Truong., 1999).
- le feu joue un double rôle au niveau des forêts méditerranéennes. D'une part, il renouvelle et enrichie un écosystème naturel en lui assurant la remonté biologique du point de vue diversité végétale si sa fréquence est faible et d'autre part, il détruit la vitalité d'un couvert végétal si sa

fréquence est forte dont la forêt de la région de Tlemcen fait partie intégrante de ce régime (Haneoui., 2016).

- Un sous-bois élevé et dense contribue à une meilleure régénération après incendie dans la forêt d'Ifri avec une bonne récupération foliaire des tiges de chêne liège, cela indique que les facteurs du milieu étaient favorables pour la reprise des deux en parallèle.

Un certain nombre de caractéristiques de sous-bois influence les conditions de propagation et l'intensité d'un incendie de forêt, ce qui contribue de manière significative et indirecte à déterminer le risque de mortalité/survie pour les arbres de chêne liège :

- le passage du feu cause la réduction de la densité des peuplements surtout dans la strate arborescente ce qui constitue une grande ouverture au niveau de la canopée qui procure des conditions favorables pour le développement d'une végétation dynamique au profit du maquis à dominance d'espèces sous arbustive, arbustive et herbacée très résistante. Ce développement expose le peuplement au danger d'un feu intense (Bakhti., 2020).
- L'analyse des résultats d'inflammabilité et de combustibilité des espèces végétales nous montre clairement que la strate sous arbustive basse et sous arbustive haute demeurent les plus sensibles au feu dans l'ensemble de notre zone d'étude, sachant que le ciste de Montpellier est le plus abondant avec un taux de recouvrement supérieur à 80% et c'est une espèce très inflammable. On peut donc dire que les groupements végétaux à base de *Cistus* sont très vulnérables et sensibles au feu.
- Au sein d'une formation forestière, l'abondance d'une espèce à faible inflammabilité aura pour conséquence de réduire la combustibilité de la formation. Au contraire, la richesse en espèces fortement inflammables confère à la formation une plus grande combustibilité (Valette., 1990).

Ce travail, a bien défini l'état dendrométrique, sanitaire et d'exploitation de l'arbre comme facteurs indispensables pour évaluer un peu la fragilité de chêne liège en cas d'incendie futur et caractérisée aussi la sévérité de feu :

- La dendrométrie des arbres contribue considérablement à leur vulnérabilité au feu ; un arbre d'une circonférence et d'un diamètre important aident l'arbre à mieux s'entretenir après un passage d'incendie. Contrairement, les diamètres réduits qui sont preuve d'arbres chétifs

s'affaiblissent après telles perturbations. Dans son étude sur l'évolution des subéraies après incendie, Dubois (1990) indique ainsi qu'un taux de survie de 50 % est atteint pour les tiges de plus de 7 cm de diamètre à la base.

Les caractéristiques de la matière liège telles que le type et l'épaisseur sont indispensables dans ce cas d'évaluation. La présence du liège est liée positivement à la survie de l'arbre après un feu et son absence engendre une faiblesse vers la mortalité pour l'individu ainsi que sa reprise végétative.

- L'épaisseur de l'écorce détermine le degré d'isolation thermique et de protection des tissus vitaux dans la tige. Par conséquent, il existe un lien entre le régime des feux et l'épaisseur de l'écorce dans les écosystèmes (Pausas., 2015). La tranche d'épaisseur du liège qui garantit une protection efficace des tissus internes est variable selon les auteurs. Mais une épaisseur supérieure à 2.0 cm assure une probabilité de survie des arbres à plus de 60% (Catry et al., 2012)
- Chez les jeunes sujets jamais mis en valeur, portant leur liège mâle d'origine, les chances de survie sont très élevées. Ce type de liège présente une écorce généralement non disjoint et suffisamment épais pour protéger les parties vivantes de l'arbre (Boukhris., 2017). Pour le liège de reproduction, une épaisseur de liège de 1,30 cm est suffisante pour assurer des chances de survie de la partie aérienne supérieure à 50 %. Ce qui est équivalent à un liège de 4 ans après l'écorçage (Lamey., 1893).
- L'évaluation effectuée dans notre travail a expliqué le bon état sanitaire de la subéraie après 9 ans de passage du feu qui se traduit par le nombre très faible des arbres affaiblis ainsi la bonne croissance des rejets de souche (brins sains). En effet, la capacité de régénération des houppiers dans le temps a montré une reconstitution élevée des cimes, un bon état de bois avec l'absence des crevasses de tronc dans la majorité des arbres. Donc, ces arbres ont une faible probabilité de mortalité en cas de futur feu.

En revanche, tous ces facteurs biologiques et physiques, expliqués précédemment, ainsi que l'intensité de feu, sont impliqués dans la distinction de la sévérité d'incendie dans ce milieu. L'évaluation des caractéristiques sanitaires, d'exploitation et dendrométrique des arbres de chêne

liège nous ont grandement aidés à identifier le taux mortalité/survie de chaque arbre en particulier et à mettre en évidence le degré de la sévérité de feu sur le peuplement en général :

- Un taux de mortalité très élevé pour les brins (très petite bois), les arbres d'un mauvais état de tronc (présence des crevasses, bois découvert) ;
- Un taux de mortalité moyen pour les arbres nouvellement démasclées et les arbres anciennement récoltés de petit bois qui ont un liège femelle non épais ;
- Un taux de survie élève pour les arbres les plus sains du gros bois avec un liège mâle ou femelle plus ou moins épais.

Toutes ces statistiques restent des simples probabilités, et leurs évaluation globale nous fait dire que le futur feu dans la forêt d'Ifri serait intense à cause de la charge du combustible (végétation abondante). Globalement, il pourrait être moyennement sévère sur le peuplement de chêne liège s'accompagnant de risques de mortalité des arbres élevé (plus de 50%). Mais tous les arbres récoltés en 2019 et les rejets de souches pourraient être anéantis par un feu qui pourrait se déclarer entre 2021 et 2023 (le temps que le liège arrive à l'âge de 4ans). Il est important de veiller à ce que le peuplement ne soit pas brulé durant cette durée.



Conclusion générale

et recommandations

Conclusion générale et recommandations

Au terme de ce travail et au vu des résultats obtenus, nous pouvons dire que l'objectif que nous avons fixé au début est atteint. Il n'était pas facile de mener un travail original basé sur les prévisions d'un feu de forêt et probabilités de réponse de l'arbre au passage de l'incendie. Toutefois, il n'est pas aisé d'évaluer aussi facilement les risques d'un incendie futur sur une subéraie, et ce en raison de l'implication et la combinaison de plusieurs facteurs (individuels de l'arbre, milieu forestier et écologique) intervenant dans le fonctionnement et la réaction de l'arbre après le feu. La survie ou la mortalité des arbres après incendie est déterminée par des facteurs liés à la fois aux caractéristiques individuelles de l'arbre, de sous-bois et le feu lui-même. En se basant sur nos résultats et sur plusieurs études antérieures réalisées surtout en Portugal, nous avons dégagé ce qui suit :

- Les caractéristiques importantes de l'arbre intervenant dans la réponse de l'arbre au feu comprennent la hauteur des arbres, la santé de l'arbre et de l'épaisseur de l'écorce (Pausas., 1997) ;
- l'inflammabilité et la combustibilité sont en fonction de la teneur en eau des espèces végétales développant dans le milieu. Elles rentrent comme un facteur primordial dans la détermination de la sensibilité des arbres aux feux (Haneoui., 2016) ;
- En termes de comportement au feu, l'intensité est un facteur clé, et cela dépend du vent, de la topographie (en particulier la pente et aspect), l'humidité du combustible et de la charge du combustible (déterminée par la nature et l'abondance de la végétation du sous-bois) (Schwilk et al., 2006).

Cependant, l'étude réalisée sur une parcelle de 400 m² environ nous a permis de mettre en évidence tous ces facteurs qui peuvent être considérés comme prépondérants dans l'évaluation de la sévérité de futur incendie dans la forêt d'Ifri. L'analyse des données des variables étudiées a permis une évaluation aussi correcte que possible de l'impact des futurs incendies sur la subéraie d'Ifri. Par ailleurs, nous recommandons d'approfondir cette étude, en tenant compte des différentes stratégies qui permettent de contrôler la gravité des risques et de réduire les pertes par incendie, notamment en ce qui concerne l'aspect économique, avec un suivi annuel pour appréhender les facteurs régissant la vulnérabilité de chêne liège aux incendies .

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

Dans l'immédiat, il s'agit d'intervenir rapidement pour assurer la protection et la préservation de cette subéraie soumise à des incendies de gravité variable presque chaque année et située dans un milieu à haut risque, De ce fait, l'élimination de sous-bois et la réduction du combustible de surface autour les arbres de chênes lièges reste l'opération la plus efficace pour réduire l'impact des feux futurs.

Les résultats présentés dans ce travail confirment la nécessité de réaliser des interventions de restauration juste après le passage de l'incendie :

- Le prochain feu sera intense dans la zone d'étude, vu la quantité du combustible développé après le dernier feu, ceci est expliqué par la croissance rapide des espèces du sous-bois (forte inflammabilité et combustibilité) en profitant de la fertilité du sol (cendres) ;
- Presque la moitié des arbres de la forêt a fait l'objet d'une récolte récente du liège, ces arbres soumis au feu, pourraient être fortement endommagés ;
- Le feu pourrait être sévère pour les jeunes sujets et les brins qui sont naturellement sensibles au feu.
- Il est nécessaire de souligner l'importance d'une évaluation correcte des dommages; elle nous permettra de réaliser une intervention graduelle en coupant, d'une part, les arbres les plus endommagés et en laissant, d'autre part, une certaine quantité de pieds adultes, même endommagés, pour assurer une couverture du sol appropriée et la production des glands en vue de la régénération naturelle.
- Les différentes modalités d'intervention nous permettront d'avoir une récupération complète de la subéraie, avec le développement de rejets et une baisse de la mortalité des souches de chêne-liège. Elles nous permettront aussi d'exploiter, après 10 ans, les plantes les moins endommagées; celles-ci ont en effet été soumises aux opérations de démasclage avec une production intéressante du point de vue économique.

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

Donc, La reconstitution de la subéraie après passage d'incendie nécessite de :

- ✚ Repérer les arbres ayant une bonne chance de repartir et recéper les autres pour obtenir de vigoureux rejets ;
- ✚ Profiter au plus vite du nettoyage opéré par le feu pour dessoucher le sous-bois et prévenir sa repousse rapide ; stimuler ainsi le drageonnement du chêne-liège pour sa régénération ;
- ✚ Plus tard, intervenir sur la régénération : détourage, sélection de brins, taille de formation et élagage... ;
- ✚ La mise en place de mesures de conservation pour la subéraie après incendie, surtout en matière de lutte contre les ravageurs, est une tâche très importante ;
- ✚ Mettre en évidence de la bonne gestion de l'extraction du liège pour éviter d'endommager les arbres et de les rendre moins vulnérable aux incendies ;
- ✚ Mettre au point un programme de défense et de prévention contre les incendies de forêt en particulier pour cette subéraie.



Références

Bibliographiques

Références bibliographiques

- **Abdi.SM., 2014:** Contribution à l'étude de la gestion des risques d'incendies de forêts dans la Wilaya de Tlemcen. Mém Mas en foresterie. Univ Aboubekr Belkaïd -Tlemcen. 69p.
- **Abric.EF., 1974:** "Evolution de l'industrie du liège en Provence." Revue Forestière Française.27(6):453 - 461.
- **A.E.F.C.T., 1995a:** Relevés des produits constatés da la forêt domaniale d'Yfri entre 1949 et 1995. Inspection de Tlemcen, Administration des Eaux et Forêts de la Conservation de Tlemcen Non paginé.
- **A.E.F.C.T., 1995b :** Relevés des travaux effectués de la forêt domaniale d'Yfri entre 1940 et 1995, Inspection de Tlemcen, Administration des Eaux et Forêts de la Conservation de Tlemcen, Non paginé.
- **Agoune W., 2020 :** Dynamique post-incendie de la végétation des subéraies de la région de Tlemcen (forêt d'Ifri). Mém mas en forest. Univ Aboubaker Belkaid Tlemcen.98p.
- **Alexandrian.D., 1982:** Estimation de l'inflammabilité et de la combustibilité de la végétation. [Estimation of flammability and combustibility vegetation.] Newsletter of Cemagref n 228. (in French).
- **Amandier.L., 2004:** Le comportement du Chêne-liège après l'incendie : conséquences sur la régénération naturelle des suberaies. In *Colloque Vivexpo 2004 : Le chêne-liège fac au feu:* 70-83.
- **Ammari.M., 2011:** Etude de la dimension fractale du front dans un système désordonné binaire. Application aux feux de forêt. Thèse Magister. Univ Oran-Algérie. 90 p.
- **APCOR., 2019 :** Association Portugaise du liège. 2019. Cork, 2019. Guide, 72p.
- **Bakhti.DA., 2020:** Récupération post-incendie du chêne-liège (*Quercus suber* L.) dans la région de Tlemcen-Forêt d'Ifri. Mém Ma en foresterie. Univ Aboubekr Belkaid-Tlemcen. 116p.

- **Banglous.F et Gaussen.H., 1953** : Saison sèche et indices xérothermiques. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse. 239p.
- **Banglous.F et Gaussen.H., 1957** : Les climats biologiques et leur classification. Annales de géographie. 66e année, N°335 : 193-220.
- **Barberis.A., Dettori.S and Filigheddu.MR., 2003**: Management problems in Mediterranean cork oak forests: post-fire recovery. J. Arid Environ. 54 : 565-569.
- **Bekdouche.F., 2010** : Evolution après feu de l'écosystème subéraie de kabylie (nord Algèrien). Thèse doctorat en sciences agronomiques. Université de Tizi – Ouzou. 85P.
- **Belkadi.F., 2016** : Etude de la reconstitution végétative et mode de gestion de la subéraie d'YFRI(Tlemcen) après l'incendie. Mém mas en forest. Univ Aboubaker Belkaid Tlemcen
- **Belkhodja.N., 2015** : Contribution de régénération naturelle de peuplement de chêne liège dans la forêt d'Ifri. Mém Mas en foresterie. Univ Tlemcen. 60p.
- **Berberio.M., 1988**: Contribution de quelque structure et architecture forestières des arbres at arbuste à feuilles persistantes de l'étage méditerranéen. Biologie et Forêt.R.F.E.X.L 5.1988.
- **Berdón Berdón.J., Bernal Chacón.C., Cardillo Amo.E et Encinas Barbado M., 2015**- Régénération et restauration des suberaies incendiées. Edition: CICYTEX-Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura.41p.
- **Berriah.A., 2015** : Les reboisements de chêne liège dans l'Ouest Algèrien : bilan et perspectives d'amélioration. Magister en Foresterie. Univ Abou Bakr Belkaïd- Tlemcen.127p.
- **Boudy., 1955** : *Economie forestière nord-africaine*. Tome4 : Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Larose, Paris, 483 p.
- **Bonnier.G., 1990** : La grande flore. Belin. Paris. 1401p.
- **Bouguettaya.K., 2011** : contribution à l'étude de l'aléa érosif sur la biologie de *vitis vinifera* l. dans la région de Tlemcen. Diplôme de magister en sciences agronomiques. Univ Aboubakr Belkaid-Tlemcen.128p.

- **Bouhraoua.RT., 2003** : Situation sanitaire de quelques forêts de chêne- liège de l'ouest algérien. Etude particulière des problèmes posés par les insectes. Thèse Doct.Dept. Forest. Univ Tlemcen. 267p.
- **Bouhraoua.RT., 2013** : L'oeuvre du reboisement de chêne liège en Algérie entre les contraintes écologiques et les exigences techniques. journée technique de liège.2e édition Plan de La Tour Les 21 et 22 novembre 2013.
- **Bouhraoua.RT., 2013** : L'oeuvre du reboisement de chêne-liège en Algérie. In Piazzetta. R. État des lieux des méthodes de régénération du chêne-liège dans les pays du bassin méditerranéen. Plan-de-la-Tour (France) : 31-40.
- **Bouhraoua.RT., Piazzetta.R et Berriah.A., 2014** : Les reboisements en chêne-liège en Algérie, entre contraintes écologiques et exigences techniques. Journées techniques du liège. Forêt méditerranéenne t. XXXV. n(2) :171-176.
- **Bouhraoua.RT., 2016** : La situation économique des subéraies en Algérie. Actes du colloque VIVEXPO 2016 : Demain, quelle économie pour nos suberaies ?, 21-29.
- **Boukhris.F Z., 2017** : Contribution à l'étude de l'effet du taux de carbonisation du liège sur la pérennité du chêne liège dans le massif forestier Hafir-Zarieffet (W.Tlemcen).MémMa en foresterie. Univ Aboubakr Belkaid -Tlemcen.97p.
- **Bouretaa. S et Brika. K., 2019** : Apport des SIG pour la cartographie du risque d'incendie de la forêt domaniale de Mouia (wilaya de Mila).Mém.Ma. Centre Univ Abdel Hafid Boussouf - Mila. Institut des Sciences et de la Technologie.54p.
- **Blin. P., 1974** : Le Vent. In : Revue forestière française. Numéro spécial : 130-139.
- **Cabezudo.B., Latorre.A and Nieto. J., 1995** : After fire regeneration in a Quercus suber forest in the South of Spain (Istan, Malaga). Acta Bot Malacitana 20:143–151.
- **Catry.FX., Moreira.F., Duarte.I and Acácio.V., 2009**: Factors affecting post-fire crown regeneration in cork oak (Quercus suber L.) trees. European Journal of Forest Research. 128(3) : 231-240.

- **Catry.FX., Moreira.F., Pausas. JG., Fernandes. PM., Rego. F et al. 2012.** Cork Oak Vulnerability to Fire: The Role of Bark Harvesting. Tree Characteristics and Abiotic Factors. *PloS ONE* 7(6): e39810. doi:10.1371/journal.pone.
- **Catry.FX., Branco.M., Sousa.E., Caetano.J., Naves.P and Nóbrega.F., 2017:** Presence and dynamics of ambrosia beetles and other xylophagous insects in Mediterranean cork oak forest following fire. *Forest Ecology and Management.*, 404: 45–54.
- **Cemagref., 1989 :** Guide technique du forestier méditerranéen français, chapitre IV : protection des forêts contre les incendies. [Technical Guide of the French Mediterranean Forester. Chapter IV: Protection of forests against fire.] Forestry Technical Division, Aix-en-Provence. France. 61p.
- **CFT., 2013 :** Historique et situation géographique de la forêt Ifri. 2p.
- **CFT., 2016 :** La situation de la commune D’Ain Fezza dans la wilaya de Tlemcen. 3p.
- **CFT., 2020 :** Bilan d’exploitation du liège 2012-2020 dans la wilaya de Tlemcen. Ficher Excel.
- **Chelda.I., 2011 :** Contribution à l’étude de l’effet du climat et du regime sylvicole sur la qualite du bois de chêne vert (*quercus rotundifolia*) des monts de Tlemcen. Diplôme de magister en foresterie. Univ Aboubakr Belkaid-Tlemcen. 124p.
- **Cherki.K et Gmira.N., 2013:** dynamique de régénération post-incendie et sévérité des incendies dans les forêts méditerranéennes : cas du foret de la maamora, Maroc septentrional. Laboratoire de biodiversité et des ressources naturelles. Faculté des sciences. Univ Ibn Toufail (LBRN).Kénitra. Maroc. *Rev. Ecol. (terre vie)*. 68 :243-265.
- **C.O.I.T., 1964 :** Fascicule de gestion de la forêt domaniale d’Yfri. Conservation d’Oran, Inspection de Tlemcen et Circonscription de Tlemcen, Non paginé.
- **Colin.PY., Jappiot.M., Mariel.A., Cabret.C., Veillon. S et Brocchiero. F., 2001:** Protection des forêts contre l’incendie. Fiches techniques pour les pays méditerranéennes. Cahiers FAO.Conservation. 36: 149p.

- **Daget., 1977:** Le bioclimat méditerranéen, caractère généraux et modes de classification végétation. 34 :1-20.
- **David.LP and Jeremy.SL., 2012 :** Risk Assessment for Wildfire in the Western United States. In: Effects of Climatic Variability and Change on Forest Ecosystems: A Comprehensive Science Synthesis for the U.S. Forest Sector. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station : 249-252.
- **Debrach. J., 1953 :** Introduction à une théorie générale la méditerranéité. Bull. Soc. Bot. Fr. Act. Bot., (2/3/4) :31-36.
- **D.G.F., 2013 :** Statistiques des produits Forestiers. Min. Agri., Alger. 1p.
- **Dubois C., 1990 :** Comportement du chêne-liège après incendie. mémoire E.N.I.T.E.F. Banyuls-sur-Mer. Laboratoire Arago (Université Paris VI).
- **Emberger. L., 1930 :** La végétation de la région méditerranéenne, essai d'une classification des groupements végétaux. Revue gén. Bot., 42 :641-662 et 705- 721.
- **Emberger. L., 1942 :** Un projet de classification des climats du point de vue phytogéographique. Bull. Soc. Hist. Nat., Toulouse, 77 :97-124.
- **Emberger. L., 1955 :** Classification biogéographique de climats. Trav : Lab ; bot ; Géol ; Zool ; Fac, Scie. Servi. Bot. Montpellier. 77p.
- **FAO., 2013:** State of Mediterranean forests 2013. Rome, Italy, 189 p.
- **Filipe.X., CatryAD., Juli.G., Pausas.B., Francisco Moreira.A., Paulo. M., Fernandes.AC and Francisco Rego.A., 2013:** Post-fire response variability in Mediterranean Basin tree species in Portugal. International Journal of Wildland Fire 2013, 22: 919–932.
- **Gaouar.A., 1980 :** Hypothèses et réflexions sur la dégradation des écosystèmes forestiers dans la région de Tlemcen (Algérie). forêt méditerranéenne, t. II, 2 :131-146.
- **Haddouche.D et Kherbouche.S., 2017 :** Indices spatiaux et dynamique des terres forestières dans la commune d'Ain Fezza (Wilaya de Tlemcen).Revue Agriculture. 8(1): 68 -74.

- **Henaoui.SEA., 2013** : Les Cistacées dans la région de Tlemcen (Nord-Ouest algérien) : aspects inflammabilité, combustibilité et cartographie. Thèse de Doct-rat en Sciences, Lab, Eco, Vég, Ges, Ecosys, Nat. Fac, Sci, Nat, Vie, Sci, Ter, Uni. 159 p.
- **Henaoui.SEA., 2016** : inflammabilité et combustibilité des communautés végétales à *cistus* dans la région de Tlemcen (Algérie). National Institute of Forestry Research, Algeria. International Journal of Advanced Research (2016). 4 (3) : 699-716.
- **IML., 2016** : Guide de Sylviculture du chêne liège dans les Pyrénées-Orientales. Institut Méditerranéen du liège, Vives, 58p.
- **Jacquet.K et Prodon.R., 2007** : Résilience comparée des peuplements de Chêne vert et de Chêne-liège après incendie. *Revue forestière française*, LIX: 31-44.
- **Kaiss.A.,Zekri.L., Zekri.N., Pprteire.B., Clerc.JP et Picard.C., 2007** : Efficacité des coupures de combustible dans la prévention des feux de forêts. Elsevier Masson SAS, France: 462-468.
- **Keeley. JE., 2009** : Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage. In: International Journal of Wildland Fire January 2009. 18: 116-126.
- **Khalid.F., 2008** : Contribution à l'élaboration d'un plan de prévention des risques incendies de forêt, cas de la commune de Tlemcen (Nord-Ouest d'Algérie). Mémoire magister. Université de Tlemcen. 162 p.
- **Lakehal.S., 2010**: Essai d'amélioration édaphique des soles pour une occupation optimale, Wilaya de Tlemcen (cas de Daïra de Chetouane). Mém de Mag en Agronomie. Univ Tlemcen. 180p.
- **Lakehal.A., 2016** : état de récupération sanitaire et mode de gestion de la forêt d'Ifri après incendie. Mém Mas Dept. R Forest. Fac.Sci.,Univ. Tlemcen .88p.
- **Lamey.A., 1893** : Chêne liège : sa culture et son exploitation. Levrault et Cie, Nancy: 186 - 209.
- **Le Houérou.HN., 1987**: Vegetation wildfires in the mediterranean basin: evolution and trends. *Ecol,med.*, XIII (4):12.

- **Margerit.J., 1998** : Modélisation et simulations numériques de la propagation de feux de forêts. Thèse, Doctorat. Inst. National polytechnique de lorraine. Nancy, France. 260 p.
- **Medjahdi.B., Letreuch-Belarouci.A., Maazouz.S et Taïbi.K., 2018**: Diversité floristique des subéraies des monts de Tlemcen (Nord-Ouest Algérien). Fl. Medit. 28: 67-77.
- **Mesli Nee Bestaoui.K., 2001** : Contribution à une étude syntaxonomique et écologique des matorrals de la région de Tlemcen. Mém Magister.
- **Moench.R & Fusaro.J., 2003**: Soil erosion control after wildfire. University of Colorado, Fact sheet N° 6308. (Boulder, CO).
- **Moreira.F., Duarte.I., Catry.F and Acácio.V., 2007**: Cork extraction as a key factor determining post-fire cork oak survival in a mountain region of southern Portugal. Forest Ecology and Management. 253(1-3): 30-37.
- **Moreira.F., Catry.F., Duarte.I., Acacio.V and Silva.JS., 2009** : A conceptual model of sprouting responses in relation to fire damage: an example with cork oak (*Quercus suber* L.) trees in southern Portugal. Plant. Ecol. 201(1): 77–85.
- **Morsli.B., Seladji.A et Meghraoui.M., 2013** : Impact des incendies de forêt sur la couverture pédologique: cas de la forêt de chêne liège d'Ifri –Tlemcen. Journées d'Etude sur la Réhabilitation des Subéraies Incendiées et Reboisements. INRF Tlemcen.
- **Musset.R., 1935** : Les calculs relatifs aux régimes pluviométriques. Fraction pluviométrique, écart pluviométrique relatif, coefficient pluviométrique relatif. In: *Les Études rhodaniennes*. 11(1): 75-85.
- **Ouelmouhoub.S., 2005**: Gestion multi-usage et conservation du patrimoine forestier : cas des subéraies du Parc National d'El Kala (Algérie). Série « Master of Science» n°78.
- **Pausas.JG., 1997**: Resprouting of *Quercus suber* in NE Spain after fire. Journal of Vegetation Science. 8(5) : 703-706.
- **Pausas.JG., 2015**: Bark thickness and fire regime. Functional Ecology. 29(3):315- 327p.

- **Peyre.S., 1991** : Le chêne-liège des Pyrénées-Orientales face au feu. Base de données sur les incendies de forêts du syndicat des propriétaires forestiers des PO (64 % de la surface incendiée). Données IFN 1991. 6 p.
- **Peyre.S., 2004** : Le chêne-liège des Pyrénées-Orientales face au feu : Syndicat des Propriétaires Forestiers Sylviculteurs des Pyrénées-Orientales. In Colloque Vivexpo 2004. Le chêne-liège face au feu: 62-66.
- **Piazetta.R., 2012** : La gestion des suberaies après incendie. Institut Méditerranéen du liège. Vives. 16p.
- **Pimont.F., Dupuy.JL., Rigolot.E and Duché, Y., 2014**: Les effets du passage d'un feu dans un peuplement arboré: synthèse des connaissances et applications pour le gestionnaire forestier méditerranéen. *Forêt Méditerranéenne.*, 35: 17-30.
- **Pintus.A et Ruiu.P., 2004** : La réhabilitation des suberaies incendiées. Colloques Internationaux Vivexpo 2004.Chêne liège face au feu : 28-34.
- **Plaisance.G., 1974** : Les incendies de forêts. rev.for.france. Ed.OPG. Paris : 194-197.
- **Prodon.R., Fons. R et Athias-Binche.F., 1989** : Impact écologique des incendies sur la faune des subéraies. *Scientia gerundensis.* 15 : 185 -1 88.
- **Ramon.MJ., Pardes.C., Lora.A and Rodriguez.YS., 2018** : Quercus suber cork asakeyton trait for fire response : A flammability analysis using bench and field scales. *Forest ecologie and managment.* 429: 384-393.
- **Rebai.A., 1983** : Les incendies de forêts dans la wilaya de Mostaganem (Algérie). Etude écologique et proposition d'aménagement. Thèse. Doct. Univ. Sci. Marseille. France.130 p.
- **Riffard.O.,Sisco.S., Bernot.Y et Christophe. J., 2008**: Guide techniaue pour la gestion des forêts du chêne liège en Corse.ODARC. 52p.
- **Rossello.EM., 2004** : Les effets des incendies de l'été 2003 dans les suberaies européennes. Instituto para la Promoción del Corcho, la Madera y el Carbón Végétal (IPROCOR) - Espagne. VIVexpo : Le chêne-liège face au feu : 6-12.

- **Roula.SE., Bouhraoua.RT and Catry.FX., 2020:** Factors affecting post-fire regeneration after coppicing of cork oak (*Quercus suber*) trees in northeastern Algeria. *Can. J. For. Res.* 50: 371–379.
- **Santiago-Beltràn. R., cardillo-Amo. E et Bernal-Chacón C.J., 2003 :** Recommandations sylvicoles pour les suberaies affectées par le feu. Département des Ressources Naturelles Renouvelables. Colloque international : Vive expo18 juin 2004. le chêne liège face au feu : 15-27.
- **Sarl, Cabinet la grande Bleue., 2016 :** Rapport sur produits dangereux. Description de l’environnement ; Immédiat du projet et du voisinage. Station Ouchba. 40p.
- **Schaffhauser.A., Curt.T., Vela.E et Tatoni.T., 2012 :** Les incendies récurrents et l’environnement façonnent la végétation dans *Quercus suber*L. woodlands and maquis Feux récurrents et facteurs environnementaux façonnent la végétation dans les boisements à *Quercus suber L.* et les maquis. *Comptes rendus biologies.*335(6) :424-434.
- **Schwilk.DW., Knapp.E., Ferrenberg.S., Keeley.J and Caprio.A., 2006 :** Tree mortality from fire and bark beetles following early and late season prescribed fires in a Sierra Nevada mixed conifer forest. *Forest Ecology and Management.*232 : 36-45.
- **Seguin.B., 1990 :** La température de surface d’un couvert végétal et son état hydrique. Possibilité d’application à la surveillance des forêts par satellite. *Rev. for. Fr. t. XIII, (Sp):* 106-111.
- **Silva.JS and Catry.F., 2006 :** Forest fires in cork oak (*Quercus suber L.*) stands in Portugal. *International Journal of Environmental Studies,* 63 (3) :235–257.
- **Slimani.AW., 2020 :** Etude de la croissance des rejets de souche de chêne liège après recépage dans la région de Tlemcen, Mém mas en forest. Univ Aboubaker Belkaid Tlemcen.85p.
- **Stiti.B., Hasni.H., Ben Rjab.S et Khaldi.A., 2014 :** Evaluation de l’épaisseur et de la qualité du liège de reproduction dans la forêt de Bellif, nord-ouest de la Tunisie. *Integrated Protection in Oak Forests IOBC-WPRS Bulletin.* 101 : 69-73.
- **Trabaud, L., 1979 :** Etude du comportement du feu dans la garrigue de chêne kermès à partir des températures et des vitesses de propagations. *Ann. SCI. For :* 13-38.

- **Trabaud. L., 1989** : Les feux de Forêts. Mécanismes, Comportements et Environnement. France Sélection. Aubervilliers. 278p.
- **Truong.P., 1999** : DDAF du Gard – Méthode de calcul aléa incendie.
- **Valette.JC., 1990** : Inflammabilités des espèces forestières méditerranéennes : Conséquences sur la combustibilité des formations forestières. Rev. For. Fr. XLII - n° sp : 77-91.
- **Veille.JF., 2004** : Régénération et sylviculture des suberaies incendiées. Forêt méditerranéenne t. XXV, n° 4:357-362.
- **Zaoui.M., 2013** : Gestion des risques de feu dans la forêt de M'sila Wilaya d'Oran. Magester en Foresterie.univ Aboubekr Blkaid-Tlemcen.134p.
- **Zeraïa.L., 1983**: Liste et localization des espèces assez rares et rarissimes. IN.Alger.136p.

Site web :

- <https://power.larc.nasa.gov/>
- **Roux, 2019** :https://www.the-forest-time.com/en/foret-de-chene-liege-une-particularite-mediterraneenne-221224177?fbclid=IwAR0g3HrpQbrQSYsXr-ngrquCv6Ub_7BkIfGgKTls8j5oL1MJ16mhRTrf3q4



Annexes

Annexes

Annexe 1: données climatiques forêt d'Ifri (power.larc.nasa.gov)

Dates (month/day/year): 01/01/1999 through 12/31/2019/ Location: Latitude 34.9085 Longitude -1.2191															
PARAMETER		YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
PRECIPOT MERRA2 1/2x1/2 Precipitation (mm day-1)	PRE CT OT	99 19	109.87	53.11	68.86	3.46	2.46	2	1.61	8.56	42.7	30.35	72.08	72.57	467.62
	PRE CT OT	00 20	3.78	0	5.51	25.37	35.18	3.67	0.7	9.33	33.04	78.28	72.89	42.09	309.83
	PRE CT OT	01 20	68.53	53.47	18.03	10	12.04	0.52	1.33	7.47	48.41	27.58	122.39	54.37	424.16
	PRE CT OT	02 20	1.68	7.99	41.58	84.49	55.68	3.03	0.52	49.03	4.87	41.38	98.22	30.67	419.16
	PRE CT OT	03 20	127.97	84.33	39.47	44.49	31.58	9.73	3.86	8.91	14.69	95.27	76.05	81.32	617.68
	PRE CT OT	04 20	52.55	37.37	110.23	56.36	95.87	22.75	1.9	13	20.83	50.51	54.25	63.3	578.94
	PRE CT OT	05 20	42.82	49.49	55.4	16.05	4.14	6	2.06	12.04	43.29	60.85	73.48	19.89	390.56
	PRE CT OT	06 20	77.4	59.03	34	54.58	72.65	9.22	7.76	5.09	18.16	9.56	22.64	57.58	427.69
	PRE CT OT	07 20	15.52	31.97	57.05	131.2	16.25	0.09	6.09	25.61	38.07	142.27	69.82	19.21	553.16
	PRE CT OT	08 20	34.72	22.1	18.41	10.72	61.91	14.32	21.18	13.72	78.64	173.67	104.95	119.97	674.3
	PRE CT OT	09 20	109.83	49.38	41.76	54.63	18.8	1.72	2.65	9.55	112.44	2.77	33.71	55.07	492.3
	PRE CT OT	10 20	89.61	72.3	78.31	81.14	26.32	23.09	5.68	42.74	32.49	66.27	37.29	29.97	585.19
	PRE CT OT	11 20	30.2	33.37	27.61	67.39	96.39	46.79	4.71	12.38	26.35	58.87	119.48	30.39	553.93
	PRE CT OT	12 20	39.43	36.41	57.89	67.85	9.41	3.66	2.24	4.06	36.36	73.25	204.74	35.87	571.18
	PRE CT OT	13 20	104.87	52.69	58.5	75.74	46.06	1.72	4	12.99	15.89	39.63	15.21	46.42	582.13
	PRE CT OT	14 20	66.15	59.02	35.09	17.93	36.01	25.05	2.41	2.76	31.88	24.43	82.15	80.26	463.15
	PRE CT OT	15 20	82.93	59.73	27.13	9.17	34.07	16.89	0.74	51.65	25.74	68.21	28.99	0.02	405.28
	PRE CT OT	16 20	19.65	70.06	53.41	48.46	34.22	6.77	3.08	5.95	33.93	11.49	69.06	75.23	431.32
	PRE CT OT	17 20	126.51	24.52	18.29	22.5	9.98	3.73	1.32	29.37	6.88	35.44	32.27	41.58	352.39
	PRE CT OT	18 20	1.89	1.56	4.15	3.56	1.2	0.4	0.03	1	1.19	2.98	2.27	0.17	1.7
PRE CT OT	19 20	1.87	0.44	0.54	1.85	0.37	0.07	0.3	0.94	0.63	1.7	2.48	1.67	1.08	
T2 M M E	T2 M	99 19	7.34	6.51	11.07	14.52	20.03	23.3	26.58	27.27	21.81	18.9	10.33	7.75	16.35

	T2	20	6.17	10.5		13.6	19.0	24.0	27.0	27.3						
	M	00		2	12.49	5	4	8	7	1	22.08	15.03	11.55	9.94	16.6	
	T2	20	8.26	8.93	13.81	14.3	16.9	24.7	26.3	27.0						
	M	01					3	2	7	6	22.18	20.23	10.45	8.68	16.88	
	T2	20	8.22	10.1	11.89	13.3	17.4	24.2	25.0	24.4						
	M	02		1		3	7	5	9		21.33	17.68	12.08	9.84	16.34	
	T2	20	6.44	7.58	12.42	13.7	18.1	25.1		27.1						
	M	03				4	5	4	27.8	7	22.32	17.33	11.51	8.04	16.52	
	T2	20	8.18	9.97	10.88	13.1	14.6	22.6	25.9	26.5						
	M	04				3	2	7	4	7	22.99	18.66	10.63	7.2	15.97	
	T2	20	5.61	5.5	11.6	14.1	20.6	23.7	27.0	26.2						
	M	05				6	4	1	5	3	20.83	18.09	10.95	7.69	16.08	
	T2	20	6.03	7.39	12.13	16.2	20.0	22.6	27.4	25.4						
	M	06				4	5	1	8	4	21.58	19.26	13.55	7.79	16.68	
	T2	20	8.62	10.2	9.8	12.7	17.2	21.3	26.7	25.9						
	M	07		1	9.8	2	3	6	1	1	22.23	16.27	10.94	7.36	15.81	
	T2	20	8.29	10.1	11.08	14.8	16.1	22.1	26.8	26.8						
	M	08		4		3	4	5	1	6	21.51	15.89	8.92	6.64	15.79	
	T2	20	6.61	7.9	11.71	11.4	18.2	22.9	27.2	25.8						
	M	09				6	6	2	1	6	19.75	18.16	13.56	10.33	16.2	
T2	20	8.81	10.5	11.37	14.6	16.1	20.6	27.3	26.4							
M	10		8		9	9	6	1	4	21.93	16.41	11.24	9.81	16.32		
T2	20	8.35	7.4	10.78	16.4	18.6	22.4	25.7	27.4							
M	11				5	18.6	4	8	2	22.62	16.98	11.61	7.74	16.4		
T2	20	6.65	4.82	10.81	11.8	19.4	26.8	28.3								
M	12				7	3	24.6	8	9	22.43	17.89	12.44	8.7	16.29		
T2	20	7.86	6.83	11	13.3	15.3	25.0	25.6								
M	13				4	1	20.2	4	3	21.06	19.53	10.13	7.35	15.33		
T2	20	7.86	8.57	9.79	15.8	18.5	21.2	24.9	26.2							
M	14					9	6	3	2	23.38	19.22	12.7	7.43	16.35		
T2	20	7.05	6.66	10.95	16.6	20.3	21.9	28.3	26.1							
M	15				3	4	5	4	9	21.61	18	12.3	10.88	16.81		
T2	20	9.88	9.4	9.53	14.3	18.1	23.2	27.3	26.4							
M	16				3	1	3	6	1	22.61	19.41	11.66	8.58	16.73		
T2	20	6.13	9.98	12.11	15.5	20.4	25.0	27.7	27.2							
M	17				1		5	2	2	22.17	18.31	12.15	7.45	17.06		
T2	20	7.91	6.99	10.65	13.5	15.8	26.0	25.8								
M	18				7	8	21.1	7	6	23.17	16.25	11.26	10.33	15.81		
T2	201	7.3	8.86	11.8	13.3	18.7	22.8	27.0								
M	9				4	7	2	27.2	2	22.78	17.88	10.96	10.34	16.64		
T2	199	3.26	2.11	5.97	7.85	13.3	16.4	19.5	21.0							
M	9					3	4	9	9	16.21	14.13	6.04	3.97	10.9		
T2	200	1.56	5.07	6.49	7.19	12.5	16.8	19.7	20.3							
M	0					7	9	9	5	16.3	10.5	7.55	6.13	10.89		
T2	200	4.54	4.23	8.21	7.78	10.5	17.5	19.5	20.7							
M	1					3	7	3	4	16.99	14.93	6.39	4.68	11.39		
T2	200	3.35	4.59	6.69	7.68	10.9	17.3	17.8	18.1							
M	2					9	17.3	3	4	15.6	12.42	7.76	6.03	10.73		
T2	200	2.7	3.46	7.24	7.8	11.7	18.1	21.1	20.9							
M	3					2	6	9	1	16.63	13.02	7.53	4.26	11.27		
T2	200	4.07	4.9	5.93	7.3	9.39	15.9	19.1	20.2							
M	4						6	7	8	17.33	13.8	6.45	3.74	10.71		
T2	200	0.69	0.73	6.34	7.94	13.9	16.9	20.0	19.6							
M	5					6	7	5	1	15.41	13.22	6.88	3.96	10.55		
T2M_MIN MERRA2 1/2x1/2 Minimum Temperature at 2 Meters (C)		T2	199	3.26	2.11	5.97	7.85	13.3	16.4	19.5	21.0	16.21	14.13	6.04	3.97	10.9
		M	9													
		T2	200	1.56	5.07	6.49	7.19	12.5	16.8	19.7	20.3					
		M	0					7	9	9	5	16.3	10.5	7.55	6.13	10.89
		T2	200	4.54	4.23	8.21	7.78	10.5	17.5	19.5	20.7					
		M	1					3	7	3	4	16.99	14.93	6.39	4.68	11.39
		T2	200	3.35	4.59	6.69	7.68	10.9	17.3	17.8	18.1					
M	2					9	17.3	3	4	15.6	12.42	7.76	6.03	10.73		
T2	200	2.7	3.46	7.24	7.8	11.7	18.1	21.1	20.9							
M	3					2	6	9	1	16.63	13.02	7.53	4.26	11.27		
T2	200	4.07	4.9	5.93	7.3	9.39	15.9	19.1	20.2							
M	4						6	7	8	17.33	13.8	6.45	3.74	10.71		
T2	200	0.69	0.73	6.34	7.94	13.9	16.9	20.0	19.6							
M	5					6	7	5	1	15.41	13.22	6.88	3.96	10.55		

	T2 M. MIN	200 6	2.29	3.35	6.45	10.4 7	14.4 7	16.0 4	20.8 4	19.0 5	16.13	13.86	9.12	4.67	11.44
	T2 M. MIN	200 7	3.62	5.73	4.26	7.96	10.9 1	14.5	19.6 6	19.5 4	16.61	11.91	6.44	3.4	10.41
	T2 M. MIN	200 8	3.88	5.44	5.56	8.27	10.7 8	15.3 2	20.2 3	20.4 3	16.52	11.59	5.14	3.55	10.58
	T2 M. MIN	200 9	3.65	3.47	6.51	5.89	12.0 2	16.7 7	20.5 3	19.6 3	15.31	12.97	9.13	6.13	11.05
	T2 M. MIN	201 0	5.35	6.8	6.52	9.31	10.0 5	14.3 6	20.9 5	20.4	16.46	11.47	6.88	5.88	11.23
	T2 M. MIN	201 1	4.38	2.95	5.59	10.4 9	12.7 9	15.8 6	19.3 9	21.1 9	16.9	12.01	7.61	3.53	11.11
	T2 M. MIN	201 2	2.04	0.11	5.64	6.81	12.8 4	17.9 4	20.0 3	21.7 5	16.53	13.06	8.9	4.86	10.92
	T2 M. MIN	201 3	4.23	2.14	6.48	7.81	9.65	13.2 1	18.6 3	19.3 6	15.98	14.29	6.12	3.53	10.18
	T2 M. MIN	201 4	4.13	4.21	4.65	9.53	12.4 2	14.7 1	18.1 5	19.7 6	18.17	14.24	8.85	3.54	11.07
	T2 M. MIN	201 5	2.92	3.22	5.34	10.6 2	13.5 4	15.4 9	21.5 7	20.4 6	16.21	13.38	7.6	6.21	11.44
	T2 M. MIN	201 6	5.53	5.12	4	8.35	11.8 3	16.0 7	20.3 6	20	17.04	14.27	7.34	4.71	11.24
	T2 M. MIN	201 7	2.01	5.33	6.19	9.58	14.0 6	18.4 1	20.3	20.9 8	16.11	12.74	7.05	3.48	11.39
	T2 M. MIN	201 8	3.9	2.31	6.29	7.94	10.2 2	14.3 7	19.4	19.7 7	18.18	11.42	6.69	5.78	10.58
	T2 M. MIN	201 9	3.32	3.42	6.27	7.54	11.9	15.2 9	20.3 3	20.9 4	17.45	12.62	7.24	6.52	11.12
	T2M_MAX MERRA2 1/2x1/2 Maximum Temperature at 2 Meters (C)	T2 M. MA X	199 9	13.27	12.4 2	17.62	22.6	28.0 4	31.4 4	34.6 8	35.3	29.24	25.56	16.42	13.08
T2 M. MA X		200 0	13.28	18.5 7	20.51	21.7 5	26.8 9	31.9 8	35.4 7	35.6 4	29.66	21.39	17.46	15.69	24.04
T2 M. MA X		200 1	13.94	15.4 6	21.16	21.9 8	24.4 4	32.7 8	34.5 6	34.9 3	29.13	27.64	16.38	14.74	23.99
T2 M. MA X		200 2	15.54	17.6 9	18.93	20.2 6	24.9 2	31.9 9	33.5 7	32.2 6	28.8	24.92	17.77	15.59	23.56
T2 M. MA X		200 3	11.44	13.2 8	19.42	20.8 5	26.0 1	33.0 9	36.0 3	34.8 6	29.88	23.44	17.28	13.51	23.32
T2 M. MA X		200 4	14.05	16.6 3	17.5	20.2 7	20.8 7	30.5	34.1 7	34.4 5	30.42	25.47	16.54	12.21	22.77
T2 M. MA X		200 5	12.76	12	18.39	21.6 2	28.7 6	31.5	35.5 4	34.3 9	27.78	25.06	16.87	13.32	23.24
T2 M. MA X		200 6	11.09	12.9 9	19.6	23.7	26.8 5	30.4 1	35.3 5	33.3 3	28.55	26.81	20.04	12.79	23.52
T2 M. MA X		200 7	16.3	16.1 3	16.65	18.9 1	24.5 2	29.5 1	35.0 9	33.7 6	30.07	22.34	17.49	13.52	22.9
T2 M. MA X		200 8	14.91	17.0 4	18.09	22.6 6	22.7 6	30.0 5	34.9 9	34.7 7	28.29	21.47	14.4	11.37	22.58
T2 M. MA X		200 9	10.55	14.1 3	18.08	17.7 7	25.9 1	30.1 3	35.1 2	33.8 6	25.48	25.48	19.95	16.29	22.79
T2 M. MA X		201 0	13.73	15.7 6	17.85	21.7	23.0 3	27.7 5	34.8 5	33.9 3	28.93	22.96	17.14	15.49	22.8
T2 M. MA X		201 1	14.51	13.8 9	17.54	23.6 9	25.3 3	29.7 3	33.4 8	35.2 1	30.34	23.58	17.21	14.09	23.27

WS2M MERRA2 1/2x1/2 Wind Speed at 2 Meters (m/s)

T2 M MA X	201 2	13.41	10.8 8	17.75	18.0 5	26.9 1	32.5 4	35.2 3	36.0 6	29.9	24.13	17.67	14.56	23.14
T2 M MA X	201 3	13.03	12.8	16.68	19.9 7	21.8 6	28.0 8	32.6 8	33.3 1	27.65	26.87	15.96	13.2	21.9
T2 M MA X	201 4	13.06	14.4 8	16.06	23.3 7	25.9 6	28.5 7	32.8 5	34.0 1	30.12	26.31	17.95	13.26	23.05
T2 M MA X	201 5	13.32	11.3 5	18.38	24.3 6	28.3 2	29.0 9	36.0 1	33.2 6	28.84	24.32	19.2	18.03	23.79
T2 M MA X	201 6	16.31	15.3 6	16.27	21.7 6	25.6 1	31.1	35.5 8	34.0 3	29.77	26.64	17.28	14.36	23.7
T2 M MA X	201 7	11.88	16.6 7	19.49	22.8 4	28.1 9	32.4 6	36.0 9	35.1 2	29.61	25.9	19.39	13.21	24.28
T2 M MA X	201 8	13.96	13.1 7	16.06	20.2 1	22.4 5	28.9 2	34.1 4	33.0 5	29.96	22.5	17.42	17.71	22.52
T2 M MA X	201 9	13.31	16.3 9	18.97	20.2 4	26.4 4	31.7 8	35.5 1	34.9 5	29.91	24.9	15.87	16.59	23.79
WS 2M	199 9	3.13	2.72	3.17	2.61	2.66	2.52	2.56	2.26	2.53	2.85	2.62	3.43	2.76
WS 2M	200 0	2.17	2.19	2.5	3.49	2.61	2.82	2.58	2.66	2.62	2.67	3.24	3.79	2.78
WS 2M	200 1	3.92	3.03	3.25	2.79	2.79	2.73	2.65	2.3	2.34	2.47	2.39	2.18	2.74
WS 2M	200 2	2.44	2.46	2.67	3.12	3	2.82	2.55	2.4	2.37	2.57	3.27	3.11	2.73
WS 2M	200 3	3.26	2.99	2.65	2.76	2.58	2.17	2.08	2.21	2.62	2.6	2.82	3.41	2.68
WS 2M	200 4	2.55	2.79	2.68	3.05	2.93	2.3	2.18	2.33	2.21	2.71	2.34	3.15	2.6
WS 2M	200 5	2.27	2.49	2.45	2.88	2.34	2.48	2.52	2.43	2.5	2.12	2.97	2.56	2.5
WS 2M	200 6	2.67	3.14	2.89	2.49	2.73	2.37	2.11	2.56	2.44	2.49	2.64	2.75	2.6
WS 2M	200 7	2.19	3.2	3.32	2.99	2.75	2.74	2.27	2.51	2.39	2.35	2.4	2.32	2.62
WS 2M	200 8	2.35	2.49	3.3	3.06	2.87	2.52	2.54	2.26	2.38	3.15	3.28	3.62	2.82
WS 2M	200 9	3.97	3.09	3.3	3.34	2.96	2.23	2.16	2.43	2.1	2.12	3.61	3.82	2.93
WS 2M	201 0	3.96	4.31	2.85	2.49	2.92	2.58	2.22	2.25	2.56	2.69	3.6	3.94	3.02
WS 2M	201 1	2.59	3.07	2.97	2.73	2.7	2.3	2.69	2.22	2.23	2.45	3.61	2.37	2.66
WS 2M	201 2	2.27	2.71	2.11	3.62	2.43	2.42	2.41	2.45	2.52	2.86	3.4	2.5	2.64
WS 2M	201 3	3.99	3.68	4.26	2.98	2.85	2.62	2.33	2.37	2.48	1.98	2.66	2.95	2.92
WS 2M	201 4	3.76	3.8	3.58	2.93	2.25	2.34	2.3	2.31	2.56	2.57	3.78	3	2.92
WS 2M	201 5	3.27	4.46	2.43	2.71	2.84	2.33	2.34	2.49	2.41	2.13	2.12	2.23	2.63
WS 2M	201 6	2.87	4.24	3.14	2.57	2.83	2.57	2.44	2.62	2.34	2.38	3.18	2.53	2.8
WS 2M	201 7	3.15	3.44	2.79	2.49	2.45	2.51	2.41	2.4	2.36	2.21	2.38	3.24	2.65

RH2M MERRA2 1/2x1/2 Relative Humidity at 2 Meters (%)

WS 2M	201 8	3.04	2.95	4.62	3.26	2.49	2.34	2.09	2.18	2.39	3.1	3.35	2.25	2.84
WS 2M	201 9	3.26	2.69	2.74	2.99	2.81	2.34	2.48	2.3	2.17	2.6	4.36	3.39	2.84
RH2 M	199 9	71.51	74.9 2	66.31	50.6 9	46.9 1	45.5 7	39.2 3	39.4 5	55.78	57.27	67.13	77.21	57.56
RH2 M	200 0	62.43	53.3 2	52.67	53.2 1	53.2 5	39.7 3	36.0 3	31.1 6	49.33	62.07	71.79	66.54	52.61
RH2 M	200 1	71.77	67.1 1	60.76	53.3 1	53.4	36.3	31.7 9	38.2 8	57.94	52.39	70.87	70.22	55.26
RH2 M	200 2	64.38	56.6 8	59.73	60.0 3	52.7 3	39.6 1	41.2 5	48.6 4	50.41	55.55	67.63	73.48	55.85
RH2 M	200 3	77.46	74.7	62.51	62.2 4	55.1	43.7 2	40.2 9	41.4 1	51.64	66.3	70.33	75.27	59.99
RH2 M	200 4	78.57	66.2 5	68.37	63.0 9	68.3 8	50.6 5	43.8 3	44.7 4	47.28	54.96	68.6	77.89	61.06
RH2 M	200 5	64.23	66.1 2	67.12	57.5 5	48.0 1	45.4 8	40.1 7	39.1 5	53.69	60.74	68.88	76.79	57.27
RH2 M	200 6	77.19	74.0 4	61.03	58.4	59.0 6	49.1 6	37.7 3	43.9 3	50.69	49.72	61.12	75.89	58.07
RH2 M	200 7	58.14	72.4 9	58.42	69.2 9	51.5 5	47.6 9	37.9 4	42.6 3	53.19	66.78	67.26	74	58.15
RH2 M	200 8	72.88	67.4 1	60.02	51.3 6	62.9	46.6 5	41.2 2	39.6 8	58.31	70.01	75.99	82.59	60.74
RH2 M	200 9	85.31	72.0 4	69.41	68.0 9	56.3 3	50.0 4	38.5 5	46.5 5	66.54	56.81	59.93	70.22	61.57
RH2 M	201 0	75.43	74.8 8	69.28	66	58.8 4	55.0 7	42.5 9	48.1	55.41	61.11	71.54	66.7	61.97
RH2 M	201 1	71.4	67.3 5	60.94	54.7 9	58.4 2	50.1 8	41.3 6	40.0 5	52.01	58.62	68.34	74.03	58.07
RH2 M	201 2	67.29	66.8 5	66.69	65.3 4	48.5	43.8 4	36.2 6	32.0 9	47.64	59.41	74.74	77.02	57.08
RH2 M	201 3	78.18	70	71.58	65.1 9	62.0 2	50.8 3	50.9 8	46.2 5	60.39	53.3	68.9	72.48	62.46
RH2 M	201 4	75.03	72.5 64		54.1 3	51.3 8	48.7 3	40.7 1	38.4 8	51.26	48.89	68.38	73.54	57.14
RH2 M	201 5	67.64	78.4 1	60.08	53.8 5	45.4 7	48.7 3	33.6 8	48.5 7	53.63	62.7	62.3	52.46	55.45
RH2 M	201 6	66.77	68.7 9	62.78	57.7 2	52.3 9	39.2 9	37.5 9	42.4 6	47.79	50.69	63.5	73.54	55.24
RH2 M	201 7	72.06	66.3 7	58.36	54.8 1	50.5 4	42.4 6	31.9 9	41.1 4	45.47	48.05	51.8	70.8	52.76
RH2 M	201 8	67.49	69.9 8	71.71	64.1 2	62.4 7	52.3 4	38.4 7	45.7 6	55.51	61.17	68.26	61.97	59.85
RH2 M	201 9	68.07	54.4 7	58.02	59.4 8	46.4 7	42.5 2	39.7	42.7 9	50.84	51.54	75.56	68.17	54.78

Annexe 2: Données végétations accompagnatrice du chêne liège

Placette	TR	Ciste montpellie	Ciste	Arbousier	Phyllère	Lentisque	Chêne vert	Daphnie	Diss	Asperge	Lavande stoechade	Calycotome	chevrefeuille	Genêt	Chêne kermes	Doun	Bruyère	ladanifère	Ciste	Pin d'alep	
																				DH	DV
1	5	5	1	1	1	2	2	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
2	5	5	1	2	1	3	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	1	1
3	5	5	1	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
4	5	5	1	1	1	2	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	2	1
5	5	5	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	2	1	1
6	5	4	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	4	1	0	0	0	2	2	1
7	5	5	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	4	1	0	0	0	1	1	0
8	5	4	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1	0	0	0
9	5	5	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	4	1	1	1	1	1	1	0
10	5	5	1	2	2	1	1	1	1	1	3	0	0	4	1	1	1	1	1	1	0
11	5	5	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3	1	1	1	1	1	1	0
12	5	5	2	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	4	1	0	0	0	1	1	0
13	5	5	1	0	0	1	2	0	0	1	1	0	0	4	1	0	0	1	1	0	0
14	5	5	1	2	2	0	0	1	1	1	0	0	0	5	1	0	0	0	0	1	0
15	5	5	1	0	0	1	2	2	2	0	0	1	1	5	1	0	0	0	1	1	0
16	5	5	1	0	0	1	2	1	2	1	1	0	0	5	1	0	0	0	1	2	0
17	5	5	1	0	0	1	2	0	0	1	1	1	1	4	1	0	0	0	1	2	0
18	5	5	1	2	1	5	2	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	1	0
19	5	5	1	3	2	2	2	1	1	0	0	1	1	4	1	1	1	0	0	0	0
20	5	4	1	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
21	5	5	1	3	2	3	2	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	1	0
22	5	4	1	3	2	3	2	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	1	2
23	5	5	1	3	2	3	2	0	0	1	3	0	0	4	1	0	0	0	1	2	0
24	5	5	1	4	1	0	0	0	0	1	2	0	0	4	1	0	0	0	1	1	0
25	5	5	1	3	2	2	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
26	5	5	1	2	1	1	2	0	0	1	2	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0
27	5	5	1	2	1	0	0	0	0	1	1	0	0	4	1	0	0	1	1	0	0
28	5	5	1	3	3	1	2	0	0	1	2	0	0	4	1	0	0	0	1	1	0
29	5	5	1	2	2	0	0	0	0	0	0	1	1	4	1	0	0	1	1	0	0
30	5	5	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	3	1	0	0	1	1	1	0
31	5	5	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	2	1	0	0	0	1	1	0
32	5	5	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	3	1	0	0	0	1	1	0
33	5	5	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	4	1	0	0	0	1	2	0
34	5	5	1	1	2	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
35	5	5	1	2	3	2	2	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	1	0
36	5	5	1	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	1	0
37	5	5	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	2	2	0
38	5	3	1	4	3	1	1	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0
39	5	3	1	4	2	2	2	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
40	5	4	1	3	2	2	2	0	0	1	2	0	0	4	1	1	1	0	1	1	0

Annexe 3 : Données arbres (chêne liège)

N°	CA	H (m)	C (cm)	D (cm)	S (m ²)	HF (cm)	E (mm)	HE (cm)	CE	RV	ECT	EBT	Sv	OBSERVATIONS
1	NR	4,5	38	6,1	0,011		30			5	0	0	0	
2	NR	2,5	35	4,14	0,009		35			5	0	0	1	
3	NR	2,5	37	5,7	0,01		30			5	0	0	1	
4	NR	2,5	38	4,49	0,011		38			5	0	0	1	
5	NR	2,5	37	5,77	0,01		30			5	0	0	1	
6	NR	2,5	28	4,91	0,006		20			5	2	1	3	
7	NR	4	52	8,95	0,021		38			4	1	1	2	
8	NR	6	56	8,82	0,024		45			5	0	0	0	
9	NR	3	39	3,41	0,012		45			4	1	0	1	
10	NR	5	70	14,2	0,038		40			4	1	0	0	
11	NR	4	38	4,09	0,011		40			4	0	1	1	
12	NR	5	46	6,64	0,016		40			5	0	0	0	
13	NR	3,2	31	1,86	0,007		40			5	1	0	1	
14	NR	2,5	35	3,14	0,009		40			5	2	1	2	
15	NR	2,8	36	1,45	0,01		50			5	2	1	2	
16	NR	2,6	36	1,45	0,01		50			5	1	0	1	
17	NR	2,5	29	0,23	0,006		45			5	2	1	3	
18	NR	2,5	40	2,73	0,012		50			5	0	0	0	
19	NR	3	50	6,91	0,019		45			5	0	0	0	
20	NR	2	46	4,64	0,016		50			5	2	1	3	
21	NR	2,5	32	2,18	0,008		40			5	2	1	3	
22	NR	2,5	32	3,18	0,008		35			5	2	1	3	
23	NR	5	68	10,64	0,036		55			4	3	2	4	
24	NR	3	38	5,09	0,011		35			4	0	0	0	
25	NR	3,4	36	3,45	0,01		40			5	0	0	1	
26	NR	3,4	44	6	0,015		40			5	0	0	1	
27	NR	2,5	32	1,18	0,008		45			5	0	0	1	

28	NR	2,5	40	2,73	0,012		50			5	0	0	1	
29	NR	2,6	40	2,73	0,012		50			5	0	0	1	
30	NR	5	58	6,86	0,026		55			4	2	1	2	
31	NR	4	44	5	0,015		45			5	2	1	2	
32	NR	6	74	14,5	0,043		45			4	1	0	1	
33	NR	5,5	56	9,82	0,024		40			3	3	2	2	
34	NR	4,5	40	3,73	0,012		45			3	1	1	2	
35	NR	5	52	7,55	0,021		45			4	0	0	0	
36	NR	6	66	11	0,034		50			5	0	0	0	
37	NR	4	37	3,77	0,01		40			5	0	0	0	
38	NR	4,3	45	7,32	0,016		35			5	0	0	0	
39	NR	4,2	37	1,77	0,01		50			5	1	0	1	
40	NR	3,5	50	7,91	0,019		40			2	2	1	3	
41	NR	3	55	10,5	0,024		35			5	1	0	1	
42	NR	2,5	40	2,73	0,012		50			5	1	0	1	
43	NR	5,5	52	6,55	0,021		50			4	1	0	1	
44	NR	2,2	40	4,73	0,012		40			5	1	0	1	
45	NR	2,2	38	3,09	0,011		45			5	1	0	1	
46	NR	3,6	42	5,36	0,014		40			5	1	0	1	
47	NR	5	44	5,2	0,015		40			3	1	1	2	
48	NR	3,6	30	1,54	0,007		40			3	1	1	2	
49	NR	2,1	27	0,59	0,005		40			5	1	0	1	
50	NR	4,5	60	9,09	0,028		50			5	1	1	1	
51	NR	4,5	38	3,09	0,011		45			5	1	1	1	
52	NR	5	47	4,96	0,017		50			5	1	0	1	
53	NR	5	50	5,91	0,019		50			5	1	0	1	
54	RA	7	103	7,78	0,084		25	150	1,45	4	2	2	2	bios découvert
55	RA	7	76	20,19	0,045		20	108	1,42	5	0	0	1	liège mince
56	RA	7	70	15,68	0,038		33	85	1,21	5	0	0	0	
57	RA	7	106	23,74	0,089		50	96	0,9	5	0	0	0	
58	RA	6	59	12,78	0,027		30	121	2,05	5	1	0	1	

59	RA	6,5	70	15,28	0,038		35	160	2,28	5	1	0	1	
60	RA	5,5	70	17,28	0,038		25	160	2,28	5	1	0	1	
61	RA	7	90	21,64	0,064		35	129	1,43	3	3	2	4	bois nu
62	RA	6,5	71	16	0,04		33	160	2,25	5	1	0	1	
63	RA	8	88	17,01	0,061		55	160	1,81	5	0	0	0	
65	RA	8	77	12,5	0,047		60	137	1,77	4	0	0	0	
66	RA	8	93	18,6	0,068		55	200	2,15	5	0	0	0	
67	RA	8	75	12,87	0,044		55	145	1,93	5	0	0	0	
68	RA	8	70	14,28	0,038		40	150	2,14	5	0	0	0	
69	RA	8	83	16,41	0,054		50	135	1,62	4	0	0	0	
70	RA	9	85	11,05	0,057		80	150	1,76	5	2	1	2	
71	RA	8	76	17,19	0,045		35	120	1,57	5	1	0	1	
72	RA	8	130	36,38	0,134		25	230	1,76	5	3	2	3	
73	RA	7	92	22,28	0,067		35	120	1,3	5	0	0	0	
74	RA	6	91	19,96	0,065		45	140	1,53	5	0	0	0	
75	RA	7	90	17,64	0,064		55	180	2	3	2	1	2	
76	RA	5	46	6,64	0,016		40	190	4,13	3	1	0	2	
77	RA	7	60	11,09	0,028		40	150	2,5	5	0	0	0	
78	RA	7	130	31,38	0,084		50	140	1,07	5	1	0	1	
79	RA	3,5	44	6	0,015		40	180	4,09	4	1	0	1	
80	RA	4,5	55	8,5	0,024		45	150	2,72	4	1	0	1	
81	RA	4,5	63	11,5	0,031		45	170	2,69	5	3	2	3	
82	RA	4,5	60	10,09	0,028		45	120	2	4	1	0	1	
83	RA	6	58	9,46	0,026		45	170	2,93	5	0	0	0	
84	RA	6	58	8,46	0,026		50	130	2,24	5	0	0	0	
85	RA	4,5	61	8,41	0,029		55	120	1,96	4	1	0	1	
86	RA	5	60	10,09	0,028		45	120	2	4	1	0	1	
87	RA	3	51	6,23	0,02		50	120	2,35	5	0	0	0	
88	RA	4,5	80	17,46	0,05		40	190	2,37	2	2	1	3	
89	RA	3,8	50	6,91	0,019		45	160	3,2	5	0	0	0	
90	RA	4,5	58	8,46	0,026		50	150	2,58	5	0	0	0	

91	RA	3,5	80	16,46	0,05		45	140	1,75	3	3	2	3	
92	RA	6	90	18,64	0,064		50	130	1,44	4	3	2	3	
93	RA	4	58	10,46	0,026		40	200	3,44	5	2	1	2	
94	RA	2,5	46	6,64	0,016		40	150	3,26	5	0	0	2	
95	RA	4,5	83	18,41	0,054		40	130	1,56	4	1	0	1	
96	RA	7	134	38,65	0,142		20	200	1,49	2	1	2	2	Bois nu
97	RA	6,5	95	26,23	0,071		20	250	2,63	4	2	1	3	Bois nu
98	RA	4,5	54	8,18	0,023		45	150	2,77	5	0	0	0	
99	RA	6	60	10,09	0,028		45	150	2,5	5	0	0	0	
100	RA	3	56	8,82	0,024		45	130	2,32	4	1	0	1	
101	RA	4,2	68	10,64	0,036		55	150	2,2	4	0	0	0	
102	RA	5	73	13,23	0,042		50	140	1,91	5	0	0	0	
103	RA	7	93	19,6	0,068		50	150	1,61	5	2	1	1	
104	R19	9	110	34,03	0,096	380	5	300	2,72	5	0	0	3	Devant lentisque >2m, en touffe,
105	R19	8	38	11,10	0,011	500	5	170	4,47	5	0	0	3	Tronc entouré doum abondant,
106	R19	9	100	30,85	0,079	350	5	250	2,5	5	0	0	3	filère et lentisque abondant, H>2,5m, diss
107	R19	9	109	33,71	0,094	300	5	250	2,29	5	0	0	3	Tronc embroussaillé
108	R19	9	150	46,77	0,179	500	5	400	2,66	5	0	2	3	
109	R19	8	60	18,11	0,028	450	5	150	2,5	4	0	0	2	Développement lentique >2,5m en touffe
110	R19	10	127	39,45	0,128	450	5	300	2,36	5	0	0	2	Développement filère >2,0m en touffe
111	R19	10	147	45,82	0,171	550	5	300	2,04	5	0	0	2	Tronc embroussaillé
112	R19	10	170	53,14	0,229	650	5	250	1,47	4	0	3	3	
113	R19	9	180	56,32	0,257	650	5	250	1,38	5	1	3	4	
114	R19	9	132	41,04	0,138	350	5	250	1,89	5	1	1	3	
115	R19	8	97	29,89	0,074	250	5	160	1,64	5	0	0	3	

116	R19	7,5	68	20,66	0,036	150	5	100	1,47	5	0	0	3	
117	R19	7	50	14,92	0,019	300	5	160	3,2	5	0	0	3	Tronc embroussaillé
118	R19	11	210	65,88	0,35	550	5	370	1,76	5	0	0	3	
119	R19	7,5	75	22,89	0,044	450	5	210	2,8	5	0	0	3	filière en touffe 3m
120	R19	9	115	35,62	0,105	500	5	200	1,73	5	0	0	3	
121	R19	9	128	39,76	0,13	250	5	170	1,32	5	0	1	4	Tronc embroussaillé
122	R19	7	70	21,29	0,038	300	5	150	2,14	4	1	3	4	
123	R19	7	59	17,79	0,027	200	5	130	2,2	4	0	1	4	
124	R19	7,5	105	32,44	0,087	550	5	250	2,38	5	0	0	3	
125	R19	8	160	49,96	0,203	350	5	250	1,56	5	2	0	4	Développement lentique >2,5m en touffe
126	R19	8	112	34,67	0,099	500	5	300	2,67	5	0	0	3	Développement lentique et doum
127	R19	8	120	37,22	0,114	500	5	300	2,5	5	0	0	3	
128	R19	7,8	82	25,11	0,053	350	5	300	3,65	5	0	0	3	
129	R19	8	140	43,59	0,155	550	5	250	1,78	5	1	1	4	
130	R19	8	106	32,76	0,089	600	5	200	1,88	5	1	2	4	
131	R19	9	150	46,77	0,179	600	5	300	2	5	0	0	3	
132	R19	12	240	75,43	0,458	600	5	400	1,66	5	0	0	3	
133	R19	8	103	31,80	0,084	450	5	200	1,94	5	0	2	3	Développement lentique en touffe
134	R19	7	35	10,15	0,009	350	5	200	5,51	5	0	3	4	Développement faible lentique
135	R19	7	38	11,10	0,036	300	5	200	5,26	5	0	0	3	Développement lentique en touffe
136	R19	12	240	75,43	0,458	600	5	500	2,08	5	0	0	3	
137	R19	10	190	59,51	0,287	600	5	450	2,36	5	0	2	4	Tronc dégagé
138	R19	11	220	69,06	0,385	350	5	200	0,9	5	0	1	4	Embroussaillage, doum
139	R19	8	108	33,39	0,092	500	5	280	2,59	5	1	0	4	Tronc dégagé
140	R19	9	111	34,35	0,098	600	5	230	2,07	5	0	0	3	Tronc dégagé

Résumé : L'évaluation de la vulnérabilité du chêne liège (*Quercus suber*) au prochain feu de forêt après 9 ans de celui de l'été 2012 a été réalisée dans la forêt d'Ifri (Tlemcen). Pour cela, nous avons installé une station de 400 m² en fin juin 2021 dans l'objectif principal est d'évaluer les risques de feu de forêt, de distinguer les facteurs qui influent sur la vulnérabilité de cette subéraie aux incendies, et enfin d'établir des stratégies qui permettent de contrôler la gravité des risques et de réduire les pertes par incendie. Les caractéristiques de sous-bois comme facteur indicateur d'intensité du feu et de sévérité du peuplement ont été étudiées à partir de 40 unités d'échantillonnage (inventaire et importance de végétation). Plusieurs paramètres ont été relevés au niveau de 238 arbres (dendrométrie, état de santé, exploitation, état de tronc). Les résultats des analyses ont démontré le développement d'un sous-bois très inflammable et très combustible qui contribuerait à un risque élevé de sévérité du feu. Le ciste de Montpellier est le plus abondant avec un taux de recouvrement supérieur à 80%. Ce développement expose le peuplement au danger d'un feu intense. L'évaluation de l'état sanitaire, d'exploitation et dendrométrique des arbres pourraient grandement contribuer à un degré de sévérité élevé (taux mortalité élevé). En revanche, qu'un taux de survie de 50 % pourrait atteindre pour les tiges de plus de 7 cm de diamètre, une épaisseur de liège supérieure à 2.0 cm, une bonne reprise végétative de la couronne et un tronc sain. Ces facteurs assurent une probabilité de survie des arbres à plus de 60%. En effet, la capacité de régénération des houppiers dans le temps a montré une reconstitution élevée des cimes, un bon état de bois avec l'absence des crevasses de tronc dans la majorité des arbres. Donc, ces arbres auront une faible probabilité de mortalité en cas de futur feu. L'estimation de ces résultats nous fait dire que le futur incendie dans la forêt d'Ifri est sévère caractérisé par un taux de mortalité des tiges supérieure à 50%.

Mots clés : chêne liège, Incendie, vulnérabilité, sévérité de feu, inflammabilité, combustibilité, Ifri,

Abstract: The vulnerability assessment of the cork oak (*Quercus suber*) to the next wildfire after 9 years of that of summer 2012 was carried out in the Ifri forest (Tlemcen). For this, we installed a 400 m² plot at June 2021 with the main objective of assessing the risks of forest fires, to distinguish the factors that contributed the vulnerability of this cork oak forest to fires, and finally to establish strategies to control the severity of risks and reduce fire losses. The characteristics of undergrowth as an indicator factor of fire intensity and stand severity were studied using 40 sampling units (inventory and importance of vegetation). Several parameters were recorded for 238 trees (dendrometry, state of health, harvesting, state of trunk). The results of the analyzes demonstrated the development of a very flammable and very combustible undergrowth which would contribute to a high risk of fire severity. The Montpellier cistus is the most abundant with a recovery rate of over 80%. This development exposes the stand to the danger of intense fire. The assessment of the health, exploitation and dendrometry of trees could greatly contribute to a high degree of severity (high mortality rate). On the other hand, 50% survival rate could be achieved for stems over 7 cm in diameter, cork thickness greater than 2.0 cm, good vegetative crown recovery and a healthy trunk. These factors ensure a tree survival probability of over 60%. Indeed, the regeneration capacity of the crowns over time showed a high reconstitution of the crowns, a good state of wood with the absence of trunk cracks in the majority of the trees. So these trees will have a low probability of mortality in the event of a future fire. The estimation of these results leads us to say that the future fire in the Ifri forest is severe characterized by a stem mortality rate of over 50%.

Key words: cork oak, Fire, vulnerability, fire severity, flammability, combustibility, Ifri.

المخلص: تم إجراء تقييم مدى تأثير بلوط الفلين (*Quercus suber*) بحرائق الغابات بعد 9 سنوات من صيف 2012 في غابة إيفري (تلمسان). لهذا الغرض، قمنا بتركيب محطة بمساحة 400 متر مربع في نهاية يونيو 2021 بهدف رئيسي هو تقييم مخاطر حرائق الغابات، وتمييز العوامل التي تؤثر على تعرض غابة الفلين هذه للحرائق، وأخيراً وضع استراتيجيات التي تتحكم في شدة المخاطر وتقلل من خسائر الحرائق. تمت دراسة خصائص الشجيرات كمؤشر لشدة الحريق وخطورة الوقوف من 40 وحدة أخذ العينات (جرد وأهمية الغطاء النباتي). تم تسجيل العديد من المتغيرات لـ 238 شجرة (قياس الشجرة، الحالة الصحية، الاستغلال، حالة الجذع). أظهرت نتائج التحليلات تطوير نبتة شديدة الاشتعال وقابلة للاشتعال للغابة والتي من شأنها أن تساهم في ارتفاع مخاطر شدة الحريق. تعد نبتة المونبلييه الأكثر وفرة بمعدل استرداد يزيد عن 80%. يعرض هذا التطور الموقف لخطر نشوب حريق شديد. يمكن أن يساهم تقييم الحالة الصحية للأشجار واستغلالها وقياس شجرها بشكل كبير في درجة عالية من الشدة (معدل وفيات مرتفع). من ناحية أخرى، يمكن تحقيق معدل بقاء بنسبة 50% للسيقان التي يزيد قطرها عن 7 سم، وسماكة الفلين أكبر من 2.0 سم، والانتعاش الخضري الجيد للتاج وجذع صحي. تضمن هذه العوامل احتمال بقاء الشجرة بنسبة تزيد عن 60%. في الواقع، أظهرت قدرة التجديد للتيجان بمرور الوقت إعادة تكوين عالية للتيجان، وحالة جيدة من الخشب مع عدم وجود تشققات في الجذع في غالبية الأشجار. لذلك سيكون لهذه الأشجار احتمال ضئيل للوفاة في حالة نشوب حريق في المستقبل. تقدير هذه النتائج يقودنا إلى القول إن الحريق المستقبلي في غابة إيفري حاد يتميز بمعدل وفات للأشجار يزيد عن 50%.

الكلمات الأساسية: بلوط الفلين، النار، الضعف، شدة الحريق، القابلية للاشتعال، الاحتراق، إيفري