



Etude de l'impact du taux de carbonisation du liège sur la régénération post-incendie du chêne liège

Study of the impact of the cork carbonization rate on the post-fire regeneration of cork oak

Yacine BENHALIMA¹ & Belkheir DEHANE¹

Abstract: The cork oak is among the forest species able to regenerate quickly after the fire thanks to the protection that the cork provides it when the flames pass. The intensity of the fire and its temperature are automatically printed on a certain thickness of the suber which runs along the mother of the cork in the form of a charred black band. The study included 200 sample trees that survived after 12 years of the last fire in the Hafir-Zarieffet forest massif (W. de Tlemcen). Charring rates of 16% for the reproduction cork and 14% for the virgin cork, identify these trees as vigorous and recoverable subjects, with no post-stress rejection and no damage to the main stem. Carbonization rates of 30% for reproduction cork and 40% for virgin cork, are synonymous with dying and irrecoverable trees because of the damage perpetrated on the trunk and the crown, regeneration occurs in the crown, otherwise at the base of the trunk. For carbonization rates of 51% for the reproduction cork and 56% for the virgin cork, these individuals are qualified as standing dead trees on their feet at the time of the fire and manage to produce strong stump shoots. Total tree mortality is rare. An MCA showed that the expansion of carbonization or its attenuation defines the regeneration strategy adopted by the tree to recover from the state of post-fire stress.

Key words: Cork, carbonization, Hafir-Zarieffet, fire, ACM.

Résumé: Le chêne liège est parmi les espèces forestières capables de se régénérer rapidement après l'incendie grâce à la protection qu'il lui fournit le liège au moment du passage des flammes. L'intensité du feu et sa température sont automatiquement imprimés sur une certaine épaisseur du suber qui longe la mère du liège sous forme d'une bande noire carbonisée. L'étude a englobé 200 arbres échantillons rescapés après 12 ans du dernier incendie dans le massif forestier Hafir-Zarieffet (w. de Tlemcen). Des taux de carbonisation de 16% pour le liège de reproduction et de 14% pour le liège mâle, identifient ces arbres comme des sujets vigoureux et récupérables, sans aucun rejet post-stress et sans dommages sur la tige principale. Des taux de carbonisation de 30% pour le liège de reproduction et de 40% pour le liège mâle, sont synonymes d'arbres dépérissants et irrécupérables à cause des dommages perpétrés sur le tronc et le houppier, la régénération se produit dans le houppier, sinon au pied. Pour des taux de carbonisation de 51% pour le liège de reproduction et 56% pour le liège mâle, ces individus sont qualifiés de morts sur pied au moment de l'incendie et arrivent à produire de forts rejets de souche. La mortalité totale de l'arbre est rare. Une ACM a montré que l'expansion de la carbonisation ou son atténuation définit la stratégie de régénération adoptée par l'arbre pour se remettre de l'état de stress post incendie.

Mots clé: Liège, carbonisation, Hafir-Zarieffet, incendie, ACM.

INTRODUCTION

Selon la FAO (2013), les forêts à l'échelle planétaire parviennent à la subsistance de plus d'un milliard de personnes et permettent de fournir des emplois salariés à plus de 100 millions d'individus. Elles renferment plus de 80 % de la biodiversité terrestre de la planète et aident à protéger les bassins versants, essentiels à l'approvisionnement en eau propre de la majorité de l'humanité. Cependant, les incendies de forêts sont considérés comme le phénomène le plus grave auquel l'homme et la nature restent sans capacité de lutte définitive. D'après une étude de la FAO réalisée en 2007, au niveau mondial, chaque année, 350 millions d'hectares de boisement sont décimés par des feux, ce qui représente 9% de la superficie totale des forêts et des zones non forestières. Les forêts méditerranéennes sont au noyau de cette spirale puisque plus de 55 000 incendies parcourent en moyenne chaque année 500 000 à 700 000 ha de forêt méditerranéenne, perpétrant des dommages écologiques et économiques énormes, ainsi que des pertes de vies humaines (ANGELIDIS, 1994 ; VELEZ, 1999 ; DIMITRAKOPOULOS & MITSOPOULOS, 2006).

¹ Université Abou Bekr Belkaid -Tlemcen, Département des ressources forestières, Faculté SNV-STU. Laboratoire n°31: Gestion et Conservatoire de l'Eau, du Sol et des Forêts et Développement Durable des zones montagneuses de la région de Tlemcen

Auteur correspondant: belk_dahane@yahoo.fr

Ces forêts sont connues d'avoir une capacité d'adaptation à la sécheresse en produisant des substances inflammables comme les huiles essentielles et les résines, ces derniers sont à l'origine des feux et leur propagation (KAZAKIS & GHOSN, 2008).

Le chêne liège est parmi les espèces sclérophylles à feuilles persistantes. Malgré cela, l'inflammabilité du *Quercus suber* est faible par rapport à d'autres espèces de chênes et cette espèce est seulement inflammable pendant la saison estivale (VALLETTE, 1997).

Cependant l'espèce est parfaitement adaptée aux impacts du feu en raison de la capacité de son liège qui le protège contre les hautes températures (BARBERIS et al., 2003, U'BEDA et al., 2006). Cette protection au moment de l'incendie offre une bonne régénération aux bourgeons dormants après le passage du stress (AMANDIER & SANTELLI, 2004). C'est pour cette raison que le chêne liège est considéré comme l'espèce la plus résiliente des arbres forestiers méditerranéens (rejets aérien et de souche) (PAUSAS, 1997; SILVA & CATRY, 2006). Par contre, quand le passage du feu coïncide avec la période de levée et de renouvellement de l'écorce les dégâts sont importants induisant directement à la mort de l'arbre (BARBERIS et al., 2003). TRABAUD & GALITIE (1996) avancent que dans les zones brûlées trois fois consécutives, la surface occupée par *Quercus suber* est réduite en faveur d'un maquis dense, et dans les régions ayant moins de feux récurrents, sa distribution reste élevée, tout comme la diversité des espèces végétales et animales qui l'accompagne.

En termes d'économie forestière, les pertes dues aux incendies des suberaies ont été évaluées à 40 million d'Euros dans le cycle de neuf ans qui suit les incendies. Outre, pour les producteurs sinistrés, les dégâts ont été estimés à plus de 100 million d'Euro en ce qui concerne les programmes de protection et de réhabilitation (ROSSELLO, 2004).

En Algérie, la superficie du chêne liège a connu une régression importante depuis les années 1990, à cause d'une série d'incendies criminels ayant parcouru de grandes surfaces, soit un chiffre de 63 328 ha en 1994 pour une moyenne annuelle de 10 368 ha de 1993 à 2000 (DEHANE et al., 2013).

Le massif forestier Hafir-Zarieffet couvrant une superficie de 4000 à 4500ha, très connu par sa production de liège de qualité, devient aussi très réputé par le nombre d'incendies qui le caractérise chaque année particulièrement la forêt de Zarieffet. Les archives forestiers coloniales et Algériennes font état de huit grands incendies ayant parcourus la suberaie de Hafir: 1887, 1927, 1957, 1961, 1964, 1994 et 2005, soit une surface brûlée de l'ordre de 2005 ha de chêne liège (BOUHRAOUA, 2013). A Zarieffet, le constat est plus grave, le feu s'est répété durant 21 événements de 1892 à 2016 dont 7 importants incendies : 1892, 1903, 1964, 1983, 1994, 2005, 2015, soit une surface globale cumulée et brûlée de l'ordre de 3441 ha (SAOUDI, 2016). En faveur de ce constat alarmant, la production du liège a chuté aussi, elle est passée de 20 000 qx entre 1939 et 1951 à 600qx en 2015 (CWFT, 2017).

De nombreuses études ont évoqué l'impact de la sévérité du feu sur le chêne liège comme étant un combustible forestier en étudiant les relations températures du feu et les propriétés chimiques des feuilles, inflammabilité et humidité (DEBANO et al., 1998; LIODAKIS et al., 2005; GUIJARRO et al., 2002; DEHANE et al., 2015). Très rares sont les études qui ont abordé la carbonisation du liège à sa pérennité dans un milieu forestier dégradé.

Toutes les études ont mis en évidence l'importance capitale de l'épaisseur du liège dans l'atténuation des dommages. En effet, SANTIAGO (2004) affirme que si l'épaisseur du liège est supérieure à 8-10 mm, les dégâts sont probablement faibles.

PROBLEMATIQUE

Le chêne liège est une essence forestière emblématique du pourtour méditerranéen, d'importance économique et écologique capitale. D'ailleurs, l'écosystème suberaie se distingue par sa grande résilience, sa grande résistance à des agressions telles que l'incendie. Il y survit généralement grâce à des bourgeons dits épiconiques, protégés par le liège isolant.

Ce dernier est responsable du comportement si particulier du chêne liège après un incendie grâce à son épaisseur exceptionnelle. Plus il est épais, plus il se consume difficilement par le feu, plus l'arbre demeure vigoureux et la régénération du houppier sera rapide. En revanche plus le liège est mince, plus la mortalité sur pied est significative (tronc et houppier), la régénération ressuscite à partir de la souche de l'arbre (rejets de souche).

MATERIELS ET METHODES

Pour évaluer la relation « taux de carbonisation du liège-régénération de l'arbre », nous nous sommes basés sur les bilans des incendies recueillis auprès des services forestiers de la wilaya et particulièrement l'incendie désastreux de 2007. Nous sommes intéressés aux sujets rescapés colportant un liège mâle ou de reproduction. Pour se faire, nous avons suivi les limites naturelles tracées par le feu et nous avons retenu 4 parcelles représentatives, chacune d'une surface de 2 hectares: la première (P1) avec 50 arbres, la deuxième (P2)

avec 55 arbres, la troisième (P3) avec 52 sujets et la quatrième (P4) avec 43 pieds. Au total 200 arbres ont été examinés soit 95 en production (arbres démasclés) et 105 sujets pas encore mis en valeur (arbres non démasclés) (Fig.1).



Figure 1. Localisation géographique de la zone d'étude

Sur chaque arbre-échantillon, nous avons relevé le diamètre à 1,30 m de hauteur, la hauteur totale, l'épaisseur totale du liège (mesurée sur les deux faces), la présence des rejets de souche, l'état sanitaire de l'arbre et l'intensité des dégâts. L'évaluation des dommages et de leur intensité se sont basées sur l'état du fût et du houppier des arbres (sain ou brûlé), sur les blessures de la mère, et sur la présence de liège brûlé. Sur la base de ces paramètres, les arbres sont classés en trois catégories: 1) Arbre récupérable vivant avec des dommages réversibles ; 2) Arbre irrécupérable encore vivant mais avec des dommages irréversibles dont on ne connaît pas la durée de survie ; 3) Arbre mort au niveau de la tige principale (souche vivante) (Fig.2). Pour chacune de ces catégories nous avons extrait des échantillons de liège (Fig.2).

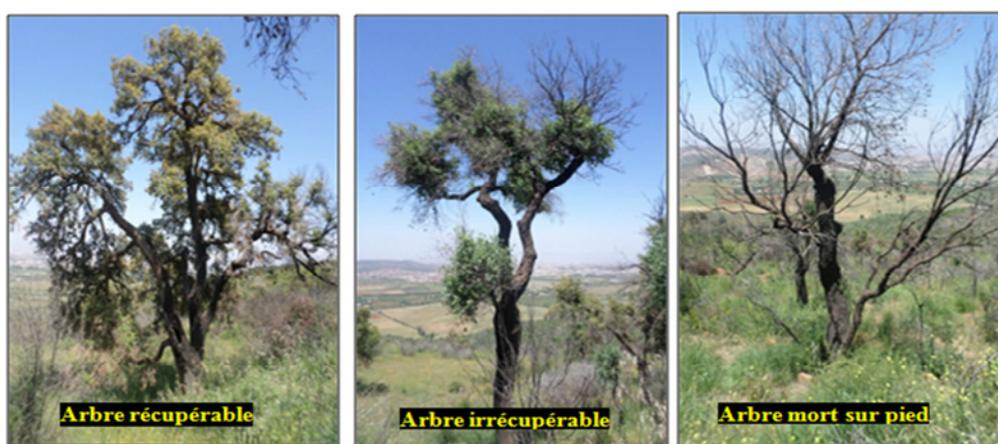


Figure 2. Les trois catégories d'arbres pour évaluer le taux de carbonisation du liège

Des éprouvettes de 5cmx5cm d'épaisseur sont tracées au préalable sur le tronc à la craie (à 1,30m de hauteur) puis contournés rapidement à la profondeur de la coupe par la scie à batterie, en prenant soin de ne pas blesser la mère du liège. Une fois la découpe achevée, l'échantillon est écarté du tronc au moyen d'une tourne vis puis étiqueté selon la catégorie de l'arbre échantillon (Fig.3).



Figure 3. Technique d'échantillonnage du liège carbonisé appliquée aux arbres échantillons

Au laboratoire, les 200 échantillons de 5cmx5cm ont subi un séchage au milieu ambiant pendant une semaine. Les quatre côtés de chaque cube ont été poncés puis nettoyés à l'air comprimé pour faire apparaître la zone carbonisée du liège de la zone saine. La quantification du taux de carbonisation a été réalisée par le logiciel *imagej*, grâce à la méthode d'analyse d'image numérique et selon la résolution du scanner, en transférant les pixels en mm. Le taux de carbonisation est donc estimé par le rapport :

$$\text{Carb}(\%) = \frac{\text{Surface carbonisée}(\text{mm}^2)}{\text{Surface totale}(\text{mm}^2)} \times 100$$

Chaque taux de carbonisation calculé est affecté à sa classe respective selon le tableau suivant :

Tableau 1: Classes de carbonisation du liège

Classes de carbonisation : Crb (%)
Crb1 < 20% (Carbonisation faible)
20% < Crb2 < 30% (Carbonisation moyenne)
30% < Crb3 < 40% (Carbonisation forte)
Crb4 > 40% (Carbonisation très forte)

Les résultats des mesures ont été soumis à des traitements statistiques : moyenne estimée, analyse de la variance ANOVA ($p < 0,01$). Afin de mieux expliquer la relation entre le taux de carbonisation du liège et certains paramètres entourant le chêne liège (mâle et de reproduction) rescapés d'incendie, une Analyse des Correspondances Multiples (ACM) a été réalisée par le biais du logiciel XlStat.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Parmi les premières conséquences néfastes de l'incendie en suberaie ou autre écosystème forestier c'est qu'il réduit la densité globale des peuplements et agit sur la structure et la morphologie des arbres et fait clairement reculer la forêt. Dans ce contexte, la répartition des sujets résiduels selon leurs grosseurs et leurs hauteurs nous donne une indication de l'intensité du feu.

Diamètres et hauteurs des arbres

La répartition des arbres-échantillons par moyenne estimée (diamètre et hauteur) et selon la catégorie des arbres est illustrée dans la figure 4 et 5.

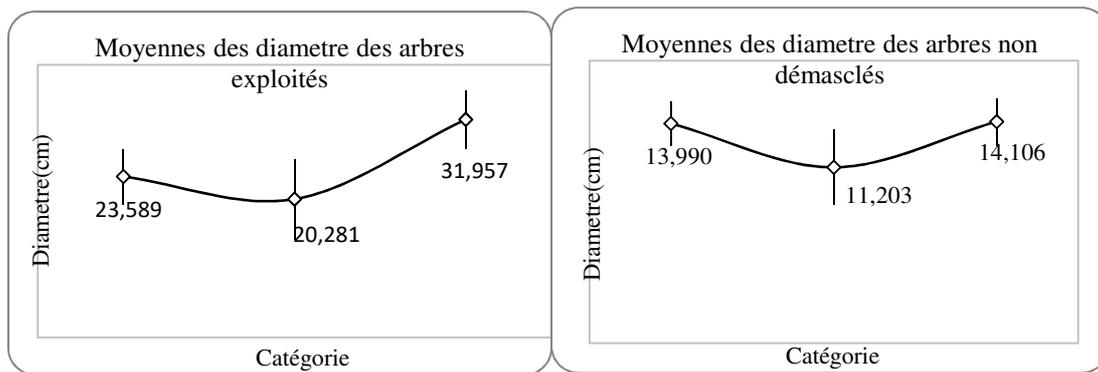


Figure 4. Moyennes estimées des diamètres des arbres exploités et non démasclés

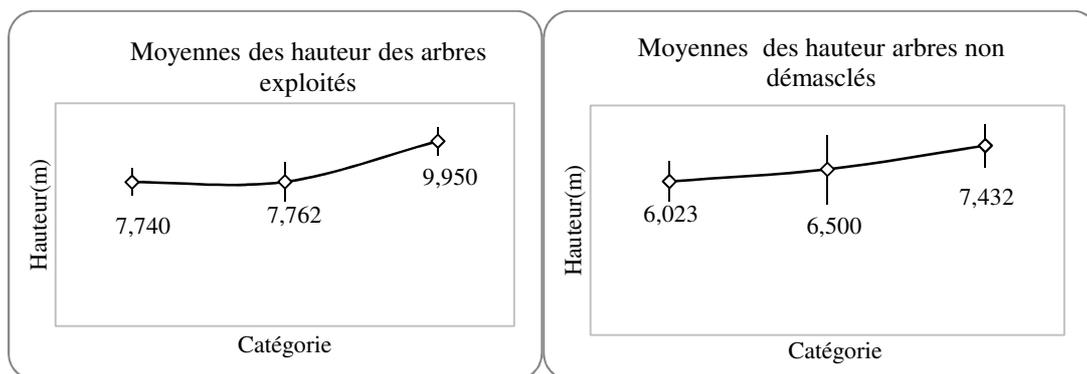


Figure 5. Moyennes estimées des hauteurs des arbres exploités et non démasclés

D'après les figures 4 et 5, il apparaît clairement que les arbres rescapés, détiennent des diamètres et des hauteurs moins développés sur les sujets irrécupérables et morts sur pied et présentent des différences de morphologies. Ce résultat semble en accord avec celui avancé par BERTRAND (2007), qui stipule que les incendies stoppent la croissance, touchent des tissus cambiaux grièvement, ce qui empêche les chênes-lièges ayant survécu de développer une morphologie comparable aux arbres ayant subi moins de perturbations. Cela indique clairement que le feu a agi grièvement sur les arbres présentant une morphologie et une croissance moins développées. A titre d'indication et simultanément, pour les arbres en production et non mis en valeur, les diamètres moyens varient entre 31,95cm et 14,10cm (arbres récupérables) et entre 23,58cm et 13,99cm (arbres irrécupérables). Par ailleurs, les sujets morts sur pied (totalement touchés par les flammes) les moyennes des hauteurs sont généralement au dessous de 7m. D'après DUBOIS (1990), après l'incendie, l'arbre comptabilise les séquelles du feu au niveau du cambium, ce dernier agit en ralentissant la croissance radiale en hauteur et en largeur des années après le feu.

Epaisseur du liège

La répartition des arbres-échantillons par moyenne estimée de l'épaisseur du liège et selon la catégorie des arbres est illustrée dans la figure 6.

La figure 6, fait état d'une mortalité des arbres pour des épaisseurs de liège très minces soit une moyenne estimée de l'ordre de 19,99mm pour les sujets exploités et 18 mm pour ceux non démasclés. Par contre, chez les sujets vivants récupérables et irrécupérables des deux catégories, ces moyennes varient entre 35,5-35mm et 25-28mm. Il convient de signaler que ces valeurs sont statistiquement significatives ($p < 0,001$). Cela montre que la résilience est plus imputée à l'épaisseur de liège. Ce dernier jouant le rôle d'isolant thermique et de protecteur mécanique confère aux arbres leur résistance aux feux (HARE, 1965). D'ailleurs, il s'est avéré que les arbres vivants irrécupérables arrivent à régénérer leurs houppiers après feu grâce à leurs tissus conducteurs protégés par du liège (UHL & KAUFFMAN, 1990).

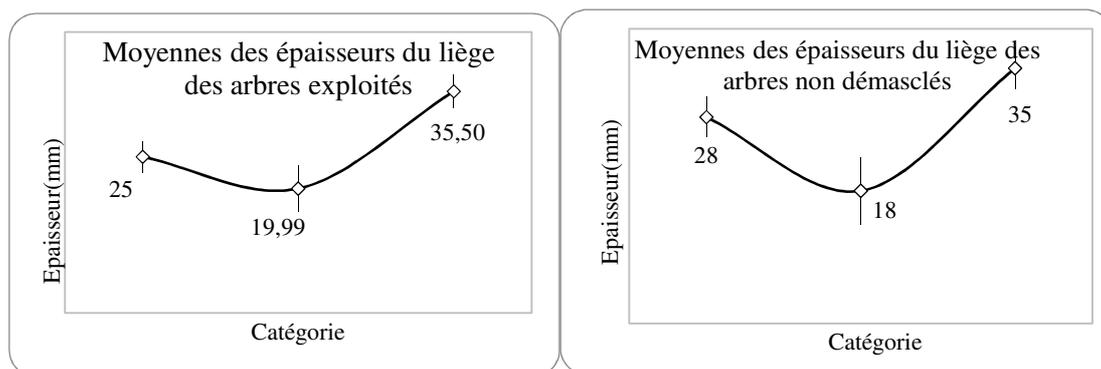


Figure 6. Moyennes estimées des épaisseurs de liège des arbres en production et non mis en valeur.

Caractérisation du taux de carbonisation du liège

La répartition des arbres-échantillons par taux de carbonisation et par catégorie est mentionnée dans la figure 7.

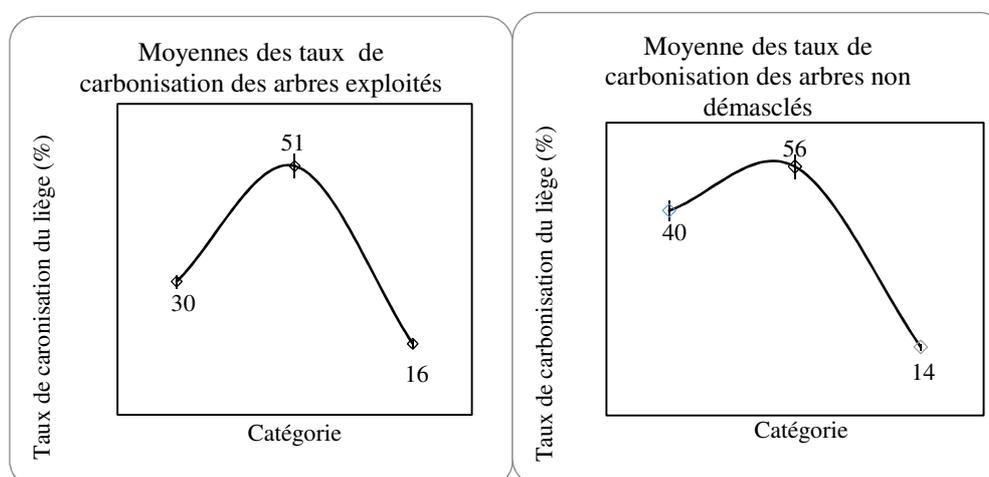


Figure 7. Moyennes estimées des taux de carbonisation du liège des arbres en production et non mis en valeur

Il ressort de la figure 7 des différences très significatives pour les taux de carbonisation des trois catégories des arbres exploités ou non démasclés ($F= 94,14$; $p<0,0001$ et $F= 94,14$; $p<0,0001$). Des taux moyens de carbonisation variant entre 51% (liège de reproduction) et 56% (liège mâle) ont généré des sujets morts sur pied. Ces sujets représentent 20% des arbres échantillonnés exploités contre 15% pour ceux non démasclés. L'épaisseur carbonisée pour ces sujets se situe entre de 17 mm et 19 mm en moyenne. C'est la même tendance pour les arbres irrécupérables, les taux moyens de carbonisation vont de 30% (liège de reproduction) à 40% (liège mâle). L'épaisseur du liège brûlée varie de 10 à 12 mm en moyenne. En revanche, avec des taux moyens oscillant entre 16% et 14% (respectivement pour les deux types d'arbres), ces arbres sont considérés vigoureux et récupérables. Le feu consomme une partie infime du suber, ne dépassant rarement les 2 à 3 mm.

Impact du taux de carbonisation du liège sur la régénération du chêne liège

Le chêne-liège est une espèce remarquablement adaptée aux incendies car elle possède les deux caractéristiques fondamentales de la résilience : la résistance au feu et la régénération. La résistance est intimement liée à l'épaisseur du liège au moment du passage de l'incendie. D'ailleurs c'est le taux de carbonisation du liège sur cette épaisseur qui va définir le type de stratégie adoptée par l'arbre (régénération aérienne au houppier ou à partir de la souche de l'arbre). Pour déceler cette dualité, une analyse multi-variée (ACM) a été réalisée en prenant en compte plusieurs variables quantitatives et qualitatives propres aux arbres-échantillons (Tableau 2 et Fig.8).

Tableau 2. Les variables retenues pour l'ACM

Variabes	Descriptif des modalités
Catégorie	1: Récupérable, 2: Irrécupérable, 3: Mort
Parcelle	Hafir, Zarieffet
Etat du Tronc	1: Tronc1 (sans cavités), 2: Tronc2 (avec cavités superficielles), 3: Tronc3 (avec cavités profondes), 4: Tronc4 (cavité très profondes).
Déficit foliaire	1: DEF1 (20%) ; 2: DEF2 (20-75%), 3: DEF3 (>75%),4: DEF 4(100%)
Etat de l'houpier	1: houpier1 (20% de vide), 2: houpier 2 (20-60% de vide), 3: houpier3 (>60% de vide), 4: houpier 4(sans apex)
Taux de Carbonisation	1: Taux Crb1 (<20%), 2: Taux Crb2 (20-30%), 3: Taux Crb2 (30-40%), 4: taux Crb(>40%)
Rejet	1: Pas de rejets, 2: (Rejets aérien), 3: (Rejets de souche)

Les résultats de cette analyse sont illustrés dans le plan factoriel suivant uniquement pour les arbres en production.

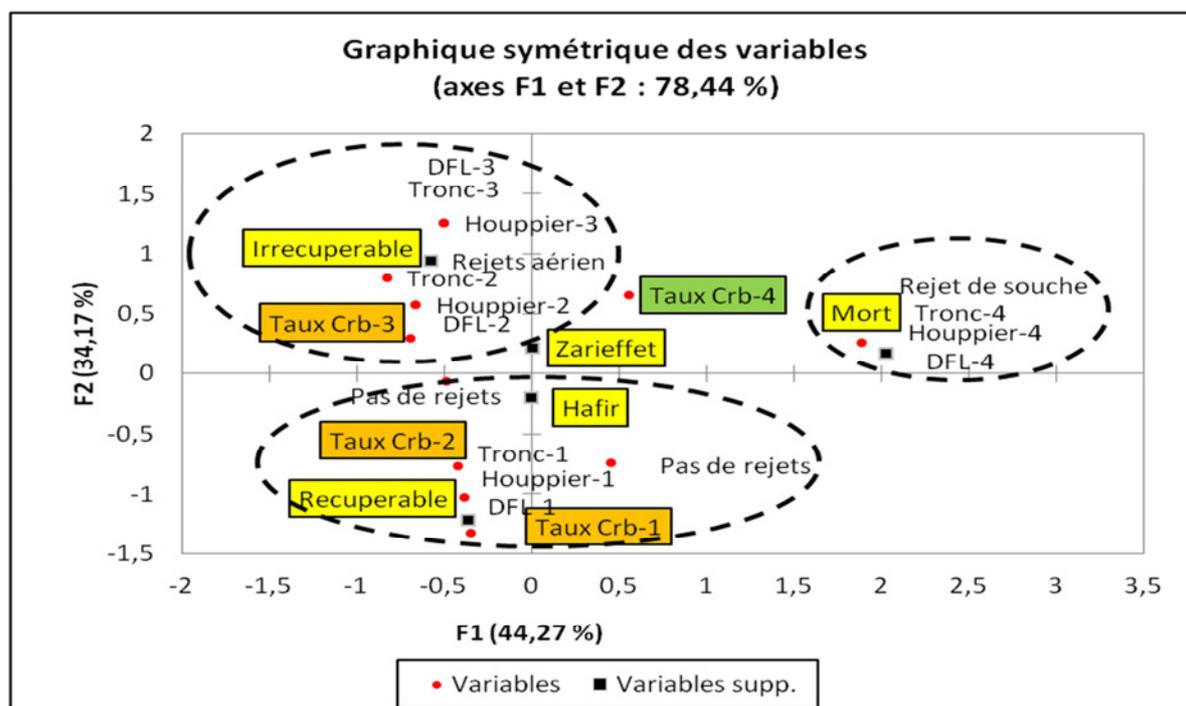


Figure 8. Représentation dans le plan factoriel F1 x F2 (graphe symétrique) du taux de carbonisation et les symptômes qui en découlent

Deux points majeurs sont distingués sur les deux plans factoriels :

- Dans le premier axe (F1), les arbres morts sur pieds s'opposent aux arbres vivants récupérables et vivants irrécupérables.
- Dans le deuxième axe (F2), les arbres morts et ceux irrécupérables s'opposent aux arbres récupérables. Les deux premières catégories se rejoignent sur un taux de carbonisation important sur leur liège de reproduction.

Parmi les facteurs contribuant fortement aux deux axes et constituant en même temps les conséquences du taux carbonisation sur l'aspect de l'arbre en générale, nous citons en particulier:

- Pour les arbres récupérables, un flamboiemment superficiel de la croûte du liège, atteignant au maximum les trois premiers millimètres du liège (Taux Crb-1) s'avère non préjudiciable à la physiologie et à l'architecture de la cime. En d'autres mots, la température du feu a été absorbée par la croûte et qu'elle n'a pas affecté le liber et par conséquent le cambium. Cela suppose que les flammes n'ont pas atteint l'apex de la tige. Ces individus ont gardé après 12 ans leur houppier verdoyant bien garni de feuilles (Houppier1) et leurs troncs sont restés exempts de toutes blessures ou cavités (Tronc1). Physiologiquement, se sont des arbres sains, sans stress, sans perturbation et sans stratégie de régénération (Houppier 1+ DFL1+Tronc1), c'est-à-dire que la montée et la descente de la sève n'a jamais été affectée (Pas de rejets) (Fig.9).



Figure 9. Arbre en production avec un houppier sans dommages

- Pour les arbres irrécupérables, dont la survie et la résilience ne sont pas assurés à long terme (la mortalité différée) à cause de l'intensité des dommages et le stress lié à la perturbation (Houppier 2 ou Houppier 3, Tronc2 ou Tronc 3, DFL 2 ou DFL 3). Ces symptômes de faiblesse sont l'œuvre d'une carbonisation très marquée des classes 3 et 4 (Taux Crb-3 et Taux Crb-4). En effet, la bande noire de carbonisation au moment du passage du feu a transpercé la totalité de la croûte puis au-delà des 15 premiers millimètres du suber. Cela signifie que le temps d'inflammabilité était long dans la consommation du liège affectant plus au moins les tissus cambiaux. L'intensité des dommages est montée jusqu'à l'apex de la tige en consommant une partie du houppier mais l'arbre est resté vivant. L'alimentation en sève élaborée et sève brute se fait plus difficilement. Il s'agit d'arbres affaiblis ou dépérissants, colportant des blessures au niveau du liber (Fig.10). L'arbre évolue alors vers une stratégie de régénération au niveau de l'houppier pour reconstituer les organes « photosynthétiquement actifs » (rejets ariens). Cependant, il développe une régénération au sol (rejets de souche) (moins nombreuse mais assez bien développée) au cas où le dépérissement continue. Selon IWASA & KUBO (1997), la capacité de l'arbre à se régénérer dans le houppier ou au pied dépend de l'organe de stockage et de la mobilisation des réserves et ressources.



Figure 10 . Arbre irrécupérable au tronc fortement détérioré

- Pour les arbres morts sur pied, la tige est restée debout mais sans vie. La rupture de la sève était totale (blocage long de la sève au niveau de la souche) avec le houppier entraînant sa destruction (Houppier 4 et DEF 4) suite à la carbonisation totale du liège ((Taux Crb-4) et la formation d'énormes cavités sur le tronc (Tron4). L'intensité des flammes a rongé le liber et altéré l'activité du cambium à renouveler ces tissus. WRIGHT et BAILEY (1982) ; cité dans UHL et KAUFFMAN, 1990) considèrent que l'exposition du cambium pendant une minute à une température de 60°C est mortelle. Durant les 12 années du passage de l'incendie, ces individus se sont régénérés en adoptant une stratégie de survie basée sur le développement de forts rejets à partir de la souche de l'arbre (Fig.11).

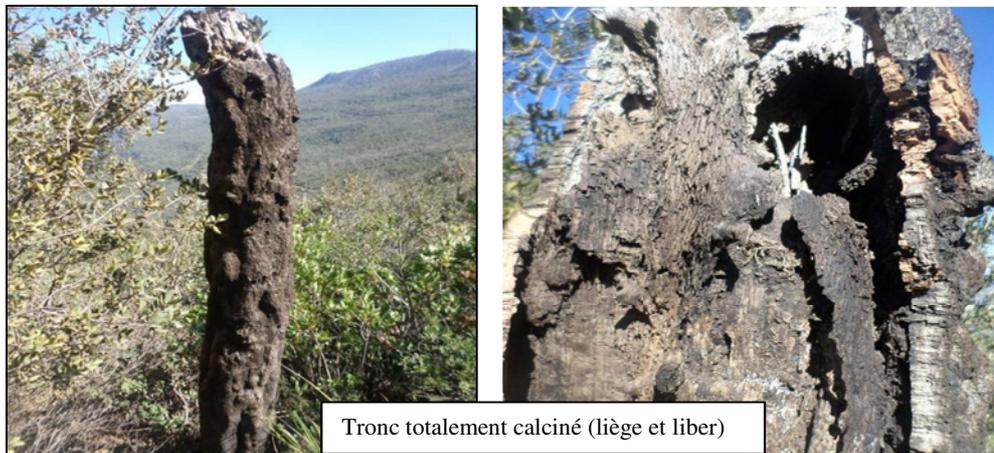


Figure 11. Arbre mort sur pied sans aucune fonction vitale de l'assise cambiale

CONCLUSION

Malgré sa résistance, sa capacité de régénération et sa faible mortalité face aux incendies du fait de l'isolation thermique du cambium permise par les propriétés du liège, le chêne liège dans le massif forestier Hafir-Zariffet est en régression à cause de la récurrence des incendies favorisée par la sécheresse et la prolifération du maquis. On peut raisonnablement affirmer que dans la zone étudiée, les individus présentant des caractéristiques morphologiques les plus développées (hauteur, circonférence) sont les plus aptes à résister aux incendies. Sur ces arbres récupérables, une épaisseur du liège de plus de 3 cm est suffisante pour fixer la carbonisation à des taux allant de 14% à 16% (arbres non démasclés et arbres exploités) et par conséquent inhiber les dommages en protégeant le transfert de la sève des racines vers les feuilles.

Lorsque le régime du feu s'intensifie, une forte carbonisation du liège variant de 30 à 40% occasionnera des blessures diverses sur le tronc et sur le houppier et par conséquent affectera le développement de l'assise cambiale, responsable de la circulation de la sève. Le chêne liège dit irrécupérable opérera alors pour une stratégie de régénération post incendie (rejets aériens et rejets de souche), intimement liée à la résistance de ces rejets au dépérissement (proche de la mortalité différée). Ces arbres fragilisés par les feux, meurent soit de leurs dommages soit d'attaques de ravageurs, de conditions climatiques non favorables ou encore de compétitions inter- et/ou intra-spécifiques.

Les chênes-lièges présentant une morphologie et une croissance moins développée au moment de l'incendie (circonférence, hauteur et épaisseur du liège mince) subissent plus durement les perturbations liées au feu. Une carbonisation du liège allant de 51 à 56% est susceptible de disloquer totalement le lien entre les racines de l'arbre et le houppier en provoquant la mortalité de la tige principale. Ces arbres arrivent à se remettre de leur stress en produisant uniquement de forts rejets de souche. Le bon développement de cette régénération à la base de l'arbre est soumis dans un premier temps à la quantité de réserves présente dans la souche.

REFERENCES

- AMANDIER L. & SANTELLI J. (2004), *Typologie des suberaies varoises*, ONF, CRPF PACA, IML Vivès, ASL Suberaie varoise, 175 p.
- ANGELIDIS A. (1994), *La politique de l'Union Européenne concernant contre les incendies de forêt*, 9-20 mai 1994, 57 p.
- BARBERIS A., DETTORI S. & FILIGHEDDU M.R. (2003), Management problems in Mediterranean cork oak forests: post-fire recovery. *Journal of Arid Environments* 54: 56-569.

- BERTRAND R. (2007), *Etude de l'impact du régime d'incendie sur la végétation et le chêne-liège (Quercus suber) en Provence siliceuse: mortalité, capacité de régénération et morphologie*. Mastère spécialisé « Forêt, Nature et Société », 95p.
- BELTRAN R.S. (2004), *Recommandations sylvicoles pour les suberaies affectées par le feu*, Actes du colloque international « Le Chêne-liège face au feu », Vivès (France), 18 juin 2004: 15-26.
- BOUHRAOUA R.T. (2013), *Effet de la récurrence des feux sur la dégradation paysagère, l'altération sanitaire et la réduction de la production du liège de la suberaie du massif forestier de Hafir-Zarieffet (Tlemcen, Algérie)*, 2^e rencontre méditerranéenne gestionnaires-industriels-chercheurs sur les suberaies et la qualité du liège Université de Jijel (Algérie) – 18 & 19 octobre 2011CWFT, 1995 et 2017.
- DEBANO L.F., NEARY D.G. & FOLLIOT P.F. (1998), *Fire effects on Ecosystems*, John Wiley and Sons, Inc.: New York, NY.
- DEHANE B., MADRIGAL J., HERNANDO C. & GUIJARRO M. (2015), New bench-scale protocols for characterizing bark flammability and fire resistance in trees: Application to Algerian cork, *Journal of Fire Sciences* 33(3):202–217.
- DEHANE B., BOUHRAOUA R.T., BELHOUCINE L. & HAMANI F.Z. (2013), La filière liège entre passé et présent. *Forêt méditerranéenne*, 15(2) : 143-152.
- DIMITRAKOPOULOS A.P. & MITSOPOULOS I.D.(2006), *Global forest resources assessment 2005*, Report on fires in the Mediterranean Region. Working paper FM/8/E, Forestry Department, FAO. Rome, 43 p.
- DUBOIS C.(1990), *Comportement du chêne-liège après incendie*, Mémoire E.N.I.T.E.F. Banyuls-sur-Mer, Laboratoire Arago (Université Paris VI), 97p.
- CWFT (2017), Bilan de la production du liège dans le massif forestier Hafir-Zarieffet. Conservation des forêts de Tlemcen, 10p.
- FAO (2007), Fire management –global assesment 2006. FAO forestry paper, 151.Rome,156p.
- FAO, (2013), Etat des forêts méditerranéennes en 2013, 213p.
- GUIJARRO M., HERNANDO C., DIEZ C., MARTINEZ E., MADRIGAL J., CABARET C.L., BLANC L., COLIN P.Y., PEREZ-GOROSTIAGA P., VEGA J.A. & FONTURBEL M.T. (2002), *Flammability of some fuel beds common in the South-European ecosystems*, In *Forest Fire Research and Wildland Fire Safety: Proceedings of IV International Conference on Forest Fire Research*, Viegas DX (ed). Wildland Fire Safety Summit, Luso, Coimbra: Portugal: 18-23.
- HARE R.C.(1965), Contribution of bark to fire resistance of southern trees. *Journal of forestry* 63: 160-161.
- IWASA Y. & KUBO T.(1997), Optimal size of storage for recovery after unpredictable disturbances. *Evolutionary Ecology* 11: 41-65.
- KAZAKIS A. & GETGHOSEN D.(2008), Le Pb des incendies de forets en méditerranée, *La lettre de veille du ciheam*, 6: 12-21.
- LIODAKIS S., VORISIS I.P., & AGIOVLASITIS I.P.(2005), *A method for measuring the relative particle fire hazard properties of forest species*, Thermochemica.
- PAUSAS J.G.(1997), Resprouting of Quercus suber in NE Spain after fire, *Journal of Vegetation Science* 8: 703-706.
- ROSSELLÒ, M.(2004), *Les effets des incendies de l'été 2003 dans les suberaies européennes*, Actes du colloque international « Le Chêne-liège face au feu », Vivès (France), 18 juin 2004: 7-12.
- SAOUDI I.(2016), *Contribution à l'étude du comportement de chêne liège après incendie dans la forêt de Zarieffet*, Mémoire de master. Département des Ressources Forestières, Faculté SNV-STU. Tlemcen, Algérie, 96p.
- SILVA J., & CATRY F. (2006), Forest Fires in cork oak (*Quercus suber* L.) stands in Portugal, *International Journal of Environmental Studies* 63(3): 235–257.
- TRABAUD L. & GALTÍÉ J-F. (1996). Effects of fire frequency on plant communities and landscape pattern in the massif des Aspres (southern France), *Landscape Ecology* 11: 215-224.
- U'BEDA X, OUTEIRO LR. & SALA M. (2006), Vegetation regrowth after a differential intensity forest fire in a Mediterranean environment, Northeast Spain, *Land Degradation & Development* 17: 429-440.
- UHL C. & KAUFFMAN J.B.(1990), Deforestation, fire susceptibility, and potential trees responses to fire in the Eastern Amazon, *Ecology* 71: 437-449.
- VALLETTE J.C.(1997), *Inflammabilities of mediterranean species*, In *Forest fire risk and management*, (Eds) P Balabanis, G Eftichidis, R Fantechi, 51–64.
- VELEZ R. (1994), *La protection contre les incendies de forêt (Forest fire control)*, CIHEAM-IAMZ, ICONA, FAO, 157 p.
- WRIGHT H.A. & BAILEY A.W.(1982), *Fire Ecology: United States and Southern Canada*, Ed.Wiley, 528p.