

Facteurs de vulnérabilité des suberaies algériennes aux incendies de forêts dans le contexte du changement climatique

par Rachid Tarik BOUHRAOUA, Eddine ROULA SALAH et Filipe CATRY

En Algérie la surface des suberaies a connu une forte régression. Si les causes sont multiples, les incendies de forêts constituent le principal facteur perturbateur. Le chêne-liège est l'arbre méditerranéen le mieux adapté et le plus résistant aux feux, grâce, entre autres, à sa capacité de rejeter de souche, ce qui a permis depuis longtemps aux forestiers d'intervenir pour récupérer les suberaies. Cette étude vise à évaluer le taux de survie des souches après une opération expérimentale de recépage réalisée dans la région de Jijel (Est algérien).

Introduction

En Algérie, les suberaies couvraient initialement une superficie de l'ordre de 460 000 ha selon les premières statistiques de 1889 (LAMEY, 1893). Elles s'étendent sur le territoire de 23 départements, du littoral au nord, aux chaînes telliennes au sud, mais les plus vastes massifs sont localisés à l'est du pays, région qui détient à elle seule plus de 80% de la suberaie nationale (BOUDY, 1955). La couverture forestière productive de cette essence a connu au fil des temps une constante régression et le premier inventaire forestier national de 1983-1984 a déjà signalé une réduction de près de la moitié de la superficie productive (soit 230 000 hectares) (ZINE, 1992) et le reste s'est transformé en maquis arboré improductif. Cette régression a touché les suberaies de pratiquement toutes les régions d'Algérie, dont les plus importantes sont les départements d'El Taref, Jijel et Skikda.

En absence d'un inventaire national forestier récent, à l'instar de celui de 2008 qui a été limité seulement à l'interprétation des images satellitaires, nous continuons à ce jour (soit après 35 ans) à citer cette superficie à chaque occasion (documents scientifiques, présentations, etc.).

En conséquence, la production nationale de liège a chuté d'une manière dramatique en passant de 26 000 tonnes avant les années 60 (CHENEL, 1951) à près de 6 500 tonnes en moyenne seulement à partir des années 2000 (Cf. Fig.1, DGF 2016).

Les causes réelles de la régression de la superficie subéricole et de la production du liège sont diverses ; elles sont d'ordre historique, politique, technique, sylvicole et même naturel (BOUHRAOUA *et al.* 2014), mais les incendies de forêts constituent le principal facteur perturbateur de l'écosystème, avec des causes humaines résultant d'un comportement criminel (pyromanie) ou involontaire (MEDDOUR-SAHAR *et al.* 2013). Cette perturbation est aggravée par le manque de travaux forestiers visant la récupération des arbres morts et la restauration économique en peu de temps après le passage du feu. Cette situation a réduit progressivement la densité de peuplement et par conséquent a conduit à la perte de superficie productive.

Fig. 1 (ci-dessous) :
Production annuelle de liège en Algérie dans la période 1964-2016 (DGF, 2016).

Fig. 2 (en bas) :
Superficie annuelle de forêts de chêne-liège brûlée entre 1985 et 2017 (DGF, 2018).

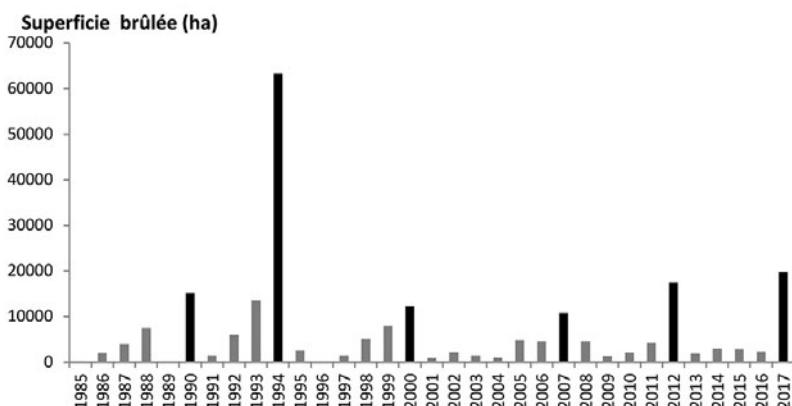
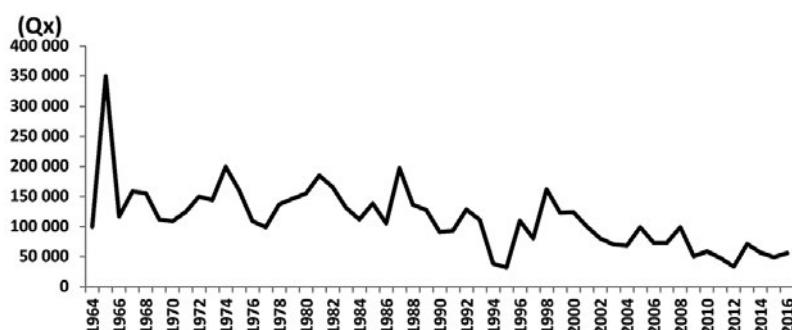
Aperçu historique sur les incendies de forêts de chêne-liège

Les incendies de forêts ravagent historiquement des surfaces très variables des écosystèmes forestiers méditerranéens (FAO 2013). Ils interviennent et continuent à intervenir en premier plan dans le déclenchement des processus de dégradation des forêts en les éloignant de leur équilibre naturel et en les transformant par conséquent en maquis improductifs.

En Algérie, les premiers incendies catastrophiques remontent à 1860 avec une dizaine de milliers d'hectares de chêne-liège brûlés. Depuis, ces incendies se sont rapidement multipliés ; en 1863 ils ravagiaient environ 4 400 ha. Mais le plus désastreux, d'une ampleur sans précédent, s'est déroulé en 1865 où d'importants foyers avaient été enregistrés entre août et septembre sur tout le littoral et sur une bande de 1000 km. D'après le rapport de la commission d'enquête (1866), ces trois incendies avaient parcouru une superficie totale de près de 148 000 ha. La majorité des arbres étaient déjà démasclés et arrivés ou, presque arrivés, à la période de première récolte de liège de première reproduction (8 à 10 ans). Mais une part non négligeable d'arbres était récemment mise en valeur.

Jusqu'au milieu du XX^e siècle, des bilans lourds sur les superficies forestières de chêne-liège continuaient à être signalés. En effet, à Souk Ahras seulement (extrême est de l'Algérie), les feux récurrents avaient ravagé des surfaces de l'ordre de 65 000 ha entre 1902 et 1935 et 44 000 ha de 1936 à 1955 (PUYO, 2013).

A partir des années 60, les feux ont continué à parcourir presque annuellement des surfaces variables de forêts de chêne-liège. Ainsi, les statistiques fournies par la Direction générale des forêts pour une période de 33 ans (1985-2017), montrent que les incendies ont ravagé une surface totale de chêne-liège d'environ 228 000 ha ; ceci représente une surface moyenne annuelle de 7 000 ha. Mais les incendies catastrophiques (des superficies supérieures à 10 000 ha) sont périodiques ; ils sont enregistrés tous les 4-6 ans (Cf. Fig. 2 ; DGF, 2018). Nous citons plus particulièrement, les incendies de l'été 1994 qui ont atteint un chiffre record de



l'ordre de 63 328 ha. D'autres, de gravités moindres, sont signalés en 1990, 2000, 2007, 2012 et le dernier en 2017. Durant ce dernier incendie, près de 57% de la superficie totale (soit 11 284 ha) ont été enregistrés dans l'une des régions subéricoles les plus importantes de l'Algérie, à savoir El Taref (département frontalier avec la Tunisie).

Stratégie adaptative du chêne-liège face au feu

Le passage de l'incendie ne représente pas souvent une fatalité irréversible pour la suberaie car le chêne-liège est l'arbre méditerranéen le mieux adapté et le plus résistant aux feux d'été (SACCARDY, 1937) à fréquence élevée (MOREIRA *et al.* 2007) et d'intensités moyenne à forte (PAUSAS et KEELEY, 2017). L'origine de cette résistance est exprimée par la capacité de l'arbre à produire des rejets à partir des bourgeons dormants situés sous l'écorce du liège (excellent isolant thermique) suffisamment protégés contre la chaleur (BURROWS et CHISNALL, 2016) (Cf. Photo 1).

Selon la gravité des dommages, les arbres ont développé deux stratégies de résistance basées sur la régénération végétative : de la cime lorsque l'intensité du feu est faible à modérée, ou de la base du tronc si le feu est intense (MOREIRA *et al.* 2009) (Cf. Photos 2 et 3). Mais l'importance de ces deux modes de réaction est en rapport avec les réserves disponibles dans les racines des arbres et le flux de chaleur dégagé atteignant les bourgeons et les tissus internes vivants de différents organes (exemples le collet, la tige et les branches et rameaux) (PIMONT *et al.* 2014).

Dans la majorité des cas, le taux de survie des arbres après le feu est élevé ; il est dominé par la régénération de la couronne selon l'épaisseur du liège et d'autres facteurs individuels de l'arbre (diamètre, hauteur). Plusieurs travaux de recherche ont signalé une fréquence numérique de reprise végétative de la cime variant entre 66% et 84% (PAUSAS, 1997 ; MOREIRA *et al.* 2007 ; CATRY *et al.* 2009 ; MOREIRA *et al.* 2009). Les gestionnaires forestiers peuvent récolter le liège brûlé de ces arbres qui n'a aucune valeur commerciale (destiné à l'aggloméré noir) après avoir récupéré plus de 75% du feuillage de leur cime, soit 2 à 3 ans après le feu (CATRY *et al.* 2012).



Photo 1 (en haut) :
Bourgeon dormant
régénéré après le passage
du feu.
Roula B., automne 2012.

Photo 2 (ci-dessus) :
Régénération
de la couronne après le
passage du feu de 2012
(Jijel, juin 2013).

Photo 3 (ci-contre) :
Régénération basale
après le passage du feu
de 2012 (Jijel, juin 2013).

En revanche, le taux de mortalité des tiges est faible ; il varie entre 16 (MOREIRA *et al.* 2007) et 24% (CATRY *et al.* 2009) voire 32% (PAUSAS, 1997). Ces arbres sont destinés à la coupe (recépage) qui est une technique traditionnelle de récupération forestière et de restauration économique des suberaies incendiées (LAMEY, 1893). Dans cette catégorie d'arbres, la régénération basale varie entre 5 et 30 % ce qui représente 25% de la mortalité totale (CATRY *et al.* 2009, MOREIRA *et al.* 2009) voire 100% (PAUSAS, 1997).

Lorsque le feu survient à moins de 3 ans après la récolte du liège (épaisseur mince <15 mm), la mortalité des arbres est généralement élevé de 70 à 100% (LAMEY, 1893), mais dans un peuplement bien géré (avec moins de combustible), la vitalité des collets est élevée ; elle est de 94% pour les sujets non démasclés et 60-85% pour les sujets exploités. Après le recépage, la vitalité des souches de ces derniers sujets est améliorée pour atteindre 94% (BARBERIS *et al.* 2003 ; SIRCA *et al.* 2014).

Cette précieuse qualité de rejets de souche a permis depuis longtemps aux forestiers d'intervenir pour récupérer leurs suberaies après chaque passage catastrophique de l'incendie. Ces rejets de remplacement forment en quelques années un nouveau peuplement qui pourrait être démasclé (pour récolter le liège mâle sans valeur commerciale) entre 10 et 25 ans plus tard et ensuite exploité (pour récolter le liège de reproduction de bonne qualité) entre 20 et 30 ans (LAMEY, 1893 ; SACCARDY, 1936 ; CATRY *et al.* 2012 ; SIRCA *et al.* 2014) (Cf. Photo 4). C'est ainsi que beaucoup de forêts de chêne-liège parcourus par le feu ont été conservées dans le temps grâce à cette méthode de recépage.

Photo 4 :

Exemple de technique de récupération par recépage d'un peuplement de chêne-liège incendié en 1993 et démasclé en 2014 en Sardaigne.

Photos Ruio P.

Pratiques de gestion post-incendie des suberaies algériennes : cas du feu de l'été 2012

L'été 2012 a été marqué par une catastrophe écologique et économique pour les suberaies algériennes à cause des incendies de forêts. Les répercussions ont pesé lourdement sur la filière liège dans son ensemble et sur l'économie forestière du pays (réduction de la production du liège des prochaines années, dépréciation de la qualité du liège brûlé, aggravation de la pénurie de la matière première sur le marché, compression de l'activité industrielle et de son rendement, perte financière pour le secteur forestier, etc.). La surface brûlée a atteint un chiffre de 17 515 ha en affectant 18 zones subéricoles littorales et de montagne des régions Est et Centre (Cf. Fig. 3). D'après cette figure, deux zones ont été sévèrement atteintes par ces incendies ; il s'agit de Jijel où les incendies ont atteint des proportions importantes de près de 5 223 ha, puis vient au second rang Tizi Ouzou avec 4 732 ha.

Selon l'âge du liège des arbres affectés par le feu, les statistiques ont montré qu'ont été brûlés environ 1700 ha de forêts dont les arbres étaient recouverts d'un liège de moins de 3 ans (c'est-à-dire qu'ils ont été récoltés entre 2010 et 2012) dont 638 ha ont été brûlés juste après la récolte du liège (soit en 2012). Cette catégorie d'arbres atteints représente 15% de la superficie totale (Cf. Fig. 4). Dans ces zones, les incendies de forêt ont engendré certainement une mortalité théorique des arbres très élevée si le feu



était intense. Près de la moitié de cette superficie (soit 800 ha) a été enregistrée à Jijel seulement.

Après cette catastrophe, le département de Foresterie (Université de Tlemcen) a organisé en janvier 2013 des Journées d'étude sur la réhabilitation des suberaies incendiées¹. Les gestionnaires forestiers de la Conservation des Forêts de Jijel qui étaient présents à cet évènement, ont décidé d'appliquer dès leur retour les recommandations de gestion post-incendies proposées par les spécialistes en l'occurrence Louis Amandier et Maria-Carolina Varela visant la récupération de la suberaie.

A l'initiative des services forestiers en collaboration avec l'entreprise de Génie rural de Jijel, une opération de recépage à titre expérimentale a été réalisée entre janvier et octobre 2013. Elle consistait à couper environ 7 600 sujets morts ne présentant aucune régénération de la couronne sur une superficie de 450 ha répartis entre différentes circonscriptions forestières de la Conservation.

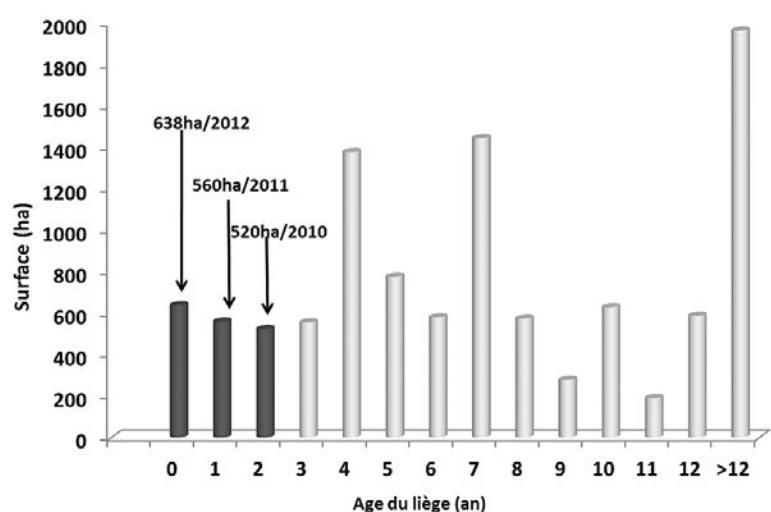
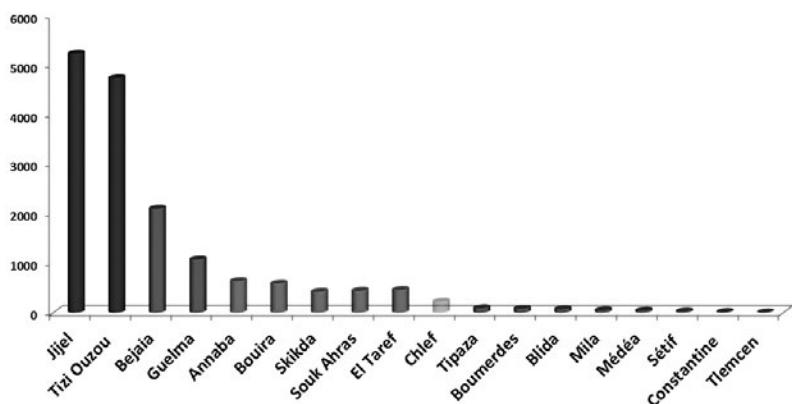
Après cette opération, nous avons mené un travail de recherche scientifique sur l'avenir des souches et de leurs rejets dans la région de Texana. Les résultats de cette recherche a fait l'objet d'une publication sous presse (ROULA *et al.* 2019). Ces résultats sont complétés par d'autres émanant des services forestiers de la région d'Aouana.

Cas de la région de Texana

Sur un total de 2163 arbres, 1763 arbres abîmés ont fait l'objet d'une coupe de recépage ce qui représentait une mortalité initiale des arbres très élevée de l'ordre de 82%. Un lot de 729 souches-échantillons a été retenu en automne 2014 pour le suivi des rejets de souche. Les résultats ont montré déjà une mortalité de souches de 44%. Ces souches représentent 98% de l'ensemble des souches recouvertes d'une épaisseur du liège mince ($E < 15\text{mm}$) et 10% des souches recouvertes d'une couche de liège épaisse ($E > 15\text{mm}$). Les résultats statistiques ont mis en évidence trois principaux facteurs explicatifs de la mortalité des souches :

- épaisseur du liège insuffisante pour protéger le cambium et les tissus internes du collet contre la chaleur,

- altération du bois suite à la mauvaise exploitation du liège qu'ont subi périodiquement les arbres (les blessures profondes provoquant souvent la pénétration des champi-



gnons pathogènes et la formation des crevasses),

- exposition des racines superficielles au feu due à l'érosion dans les zones accidentées de la zone ce qui a provoqué le phénomène d'érosion hydrique en l'absence de végétation, détruite par les incendies précédents (Cf. Photo 5).

En ce qui concerne les souches vivantes ayant émis au moins un rejet, nous avons noté la perte de récupération de 40% des souches sous l'action du pâturage par les chèvres et les moutons (passage journalier de plus de 100 animaux) en l'absence de mise en défens des parcelles recépées². Cette action s'est traduite par : la mortalité des rejets, surtout de ceux qui ont été émis des souches au bois altéré, et le développement en touffe des rejets survivants sans avenir sylvicole (Cf. Photo 6).

Quatre années après le passage du feu, le peuplement a perdu plus de 60% de sa densité à cause de la mortalité des arbres qui

Fig. 3 (en haut) :
Distribution
des superficies brûlées
de chêne en été 2012
par département.

Fig. 4 (ci-dessus) :
Distribution
des superficies brûlées
de chêne-liège selon l'âge
du liège.

1 - www.rencontre-medsuber.com/7-24-Docs.-2013

2 - NDLR : Après incendie, faute d'une réglementation adaptée et appliquée la pression des animaux est majoritairement responsable du non renouvellement des peuplements.



Photo 5 (en haut) :
Souches mortes sans rejets : couche mince du liège (à gauche), altération du bois (au milieu) et racines latérales superficielles (à droite).

n'ont pas été récupérés par des rejets de souches, d'où l'installation de vides envahis par le sous-bois. Les nouveaux brins ainsi produits sont concurrencés par la végétation luxuriante et deviennent vulnérables à un autre passage du feu (Cf. Photo 7).

Cas de la région d'Aouana

Dans cette région, l'opération de recépage a été réalisée dans les séries 102 et 103 de la forêt de Guerrouche. C'est une vieille futaie de chêne-liège et de chêne zeen en peuplement pur ou mélangé. Au total 445 arbres recouverts de liège âgé entre 0 et 10 ans et gravement endommagés ont été coupés le

premier printemps suivant l'incendie (Cf. Tab. I).

Pour évaluer le taux de survie des souches traitées, ces dernières ont été réparties en trois groupes selon le type de liège (mâle ou de reproduction) et l'âge du liège (mince ou épais). Deux paramètres sont retenus au niveau de chaque sujet :

- le diamètre du tronc pris à 1,30 m du sol: <50 cm et >50cm,

- l'état de la surface basale du bois : bois sain et bois altéré avec présence de crevasses de différentes dimensions (Cf. Photo 5).

Pour chacun des deux groupes de souches recouvertes de liège de reproduction, quatre classes ont été dégagées (Cf. Tab. II).

Les résultats d'évaluation en termes de survie des souches obtenus en avril-mai 2014 (soit une année après le recépage) ne sont pas encourageants car sur 445 souches traitées, 62 souches seulement ont émis au moins un rejet. Ceci représente un taux de survie très faible d'environ 14%. En effet, au niveau des souches recouvertes de liège mince (troncs récemment récoltés avant le passage du feu), le taux de survie est insignifiant de l'ordre de 5% (Cf. Fig. 5). Ce même taux de vitalité (6%) est obtenu au niveau des souches recouvertes d'une couche de liège épaisse devant en principe protéger efficacement les bourgeons situés à la base du collet de l'arbre.



Photo 7 :
Etat du peuplement recépé montrant la clairière (à gauche) et l'envahissement des rejets de souche par le sous-bois (juin 2016).

Ce sont généralement les souches des sujets adultes de la classe 3 (diamètre < 50 cm ; bois sain) qui ont plus la probabilité de produire des rejets jusqu'aux 25 brins. En revanche, chez les souches recouvertes de liège mâle, le taux de survie des souches est relativement supérieur à 30%.

Problématique de recépage post-incendie du chêne-liège

La technique du recépage des arbres sévèrement endommagés par le feu a montré depuis longtemps son efficacité en termes de survie des souches et de récupération forestière. Mais les résultats d'observation et de suivi de cette opération expérimentale dans la région de Jijel sont inattendus, ce qui posent un sérieux problème de perte de résistance des arbres aux feux de forêts et de résilience post-feu des peuplements. Cette vulnérabilité de la suberaie aux incendies de forêts peut s'aggraver davantage dans le contexte du changement climatique.

En effet, les arbres recouverts d'une couche de liège mince ($E<15$ mm : c'est-à-dire les arbres brûlés juste après la récolte du liège ou 2 ans après) ont une forte probabilité de mortalité de la souche après recépage de l'ordre de 97%. Nos résultats ont montré que sur 416 souches inventoriées dans les deux sites, 14 souches seulement ont rejeté. Ceci montre que l'exploitation du liège des arbres, opération importante pour l'économie forestière, expose le peuplement au danger de disparition.

La perte de vitalité des souches s'explique par la forte intensité du feu induite par la

De haut en bas :
Tab. I :
 Caractéristiques de la forêt et des parcelles brûlées et traitées.

Tab. II :
 Distribution des souches traitées par classes d'épaisseur du liège, diamètre du tronc et état de bois.
Données fournies par les services forestiers, Aouana, Jijel.

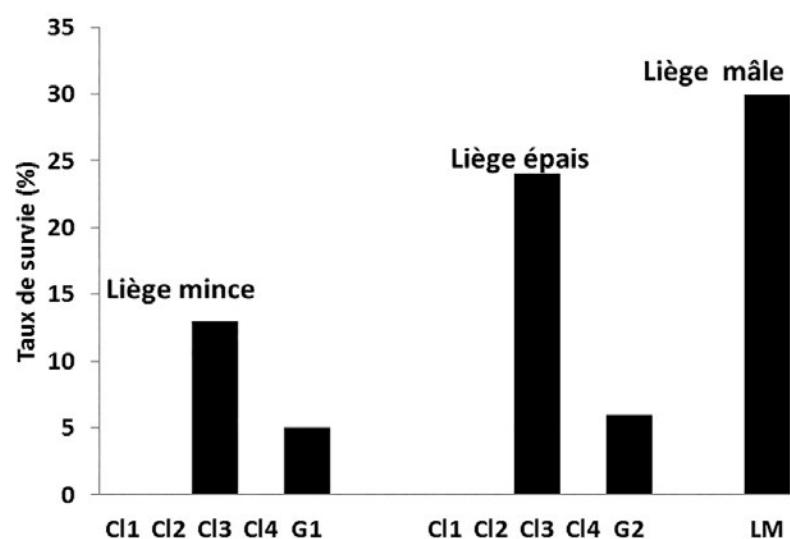
Fig. 5 :
 Taux de survie des souches selon l'épaisseur du liège et le couple (diamètre du tronc, état de tronc).

| Forêt | Guerrouch |
|---|--|
| Surface totale | 3807 ha |
| Etat du sous-bois | Embrouissaille |
| Structure du peuplement | Vieille futaie (pure et mélangée) |
| Densité du peuplement | 260 tiges/ha |
| Surface brûlée | Près de 1000 ha |
| Dernières dates de récoltes du liège | 2011-2012 et 2002 |
| Date de passage du feu | 22 août 2012 |
| Parcelle traitée | Séries 102-103 |
| Surface incendiée des séries 102 et 103 | 51 ha |
| Surface traitée | 12 ha |
| Nombre de sujets recépés | 445 |
| Date de recépage des arbres | 12-19 mars 2013 |
| Sévérité du feu | 3 ^e et 4 ^e degrés de brûlure |
| Régénération de la cime | Absence |
| Date d'apparition des premiers rejets | mai 2013 |

| Groupe 1 | Liège mince : les arbres récoltés en 2011-2012 (0-1 an) | Nombre de souches traitées |
|----------|--|----------------------------------|
| CI1 | >50cm, bois sain | 26 |
| CI2 | >50cm, bois crevassé | 14 |
| CI3 | <50cm au bois sain | 52 |
| CI4 | <50cm, bois crevassé | 37 |
| Total | | 129 |

| Groupe 2 | Liège épais ; les arbres récoltés en 2002 (10 ans) | Nombre de souches traitées |
|----------|--|----------------------------------|
| CI1 | >50cm, bois sain | 15 |
| CI2 | >50cm, bois crevassé | 48 |
| CI3 | <50cm au bois sain | 45 |
| CI4 | <50cm, bois crevassé | 63 |
| Total | | 171 |

| Groupe 3 | Arbres non démasclés | Nombre de souches traitées |
|----------|----------------------|----------------------------------|
| | | 145 |



forte chaleur dégagée par la végétation abondante, le temps de séjour du feu et beaucoup d'autres facteurs du milieu (TRABAUD, 2014 ; PIMONT *et al.* 2014). D'autres facteurs ont contribué à l'échec du processus de récupération des arbres et la survie des rejets : le pâturage intense peut anéantir tous les sujets recépés comme c'est le cas en Sardaigne (SIRCA *et al.* 2014), d'où la nécessité de clôturer les parcelles recépées ou de procéder au système de protection individuelle des souches rejetées.

Par extrapolation, on peut dire que la majorité des arbres exploités entre 2010 et 2012 à l'échelle nationale et brûlés en été 2012 ne sont pas récupérés et les 1700 ha (Cf. Fig. 4) auraient perdu une forte densité de leur peuplement.

Problématique du mode de gestion post-incendie des suberaies algériennes dans le contexte du changement climatique

Les incendies de forêts brûlent annuellement des superficies variables. Les plus catastrophiques sont récurrents (4-7 ans). Le mode de gestion post-incendie visant la récupération des peuplements est déficient. Le taux de mortalité des arbres et des souches est élevé, même pour ceux qui sont recouverts d'une couche épaisse du liège. Le recépage n'est pas considéré comme une opération forestière indispensable et rapide pour reconstituer le peuplement incendié. Les systèmes de défense des parcelles sont difficiles à mettre en place. Le sous-bois est généralement riche et luxuriant ce qui entraîne une forte charge en combustible induisant un feu intense et les dommages peuvent être importants d'où l'intérêt d'une sylviculture préventive (gestion du combustible). Ces incendies coïncident souvent avec les vagues de chaleurs et les séquences de canicules sont devenues de plus en plus fréquentes et persistantes (plusieurs semaines) ces dernières années. En plus, ces incendies sont d'origine anthropique : involontaires mais surtout volontaires pour des raisons diverses (carbonisation, défrichement, urbanisation, etc.). La fréquence des canicules offre donc plus d'occasions de mise à feu des forêts

Les perspectives

Afin de conserver durablement les suberaies pour qu'elles puissent continuer à jouer leur rôle économique, social et environnemental, il est impératif de lancer une réflexion profonde sur :

- le système de gestion post-incendie des forêts de chêne-liège afin de réduire leur vulnérabilité surtout dans le contexte actuel de changement climatique,
- la gestion du combustible et la sylviculture préventive,
- l'application du recépage selon les techniques recommandées afin de favoriser la récupération forestière et la restauration économique,
- le mode de réponse des arbres au régime des feux de forêt.

Remerciements

Je tiens à remercier chaleureusement la Direction générale des forêts, toutes les Conservation des forêts des départements à chêne-liège pour leur contribution à ce travail. Je tiens à remercier plus particulièrement les services forestiers de la Conservation des forêts de Jijel ainsi que de la circonscription forestière d'Aouana qui ont eu l'amabilité de mettre à notre disposition les données de recépage pour l'exploitation scientifique. Ils trouvent tous ici ma reconnaissance.

R.B, E.R.S, F.C.

Tarik R. BOUHRAOUA
Eddine ROULA SALAH
Département de Ressources Forestières
Laboratoire de recherche :
Gestion conservatoire de l'eau, sol et forêts
Faculté SNV-STU, Nouveau Pôle universitaire,
Université de Tlemcen, BP 119, La Rocade,
Tlemcen, 13000, ALGÉRIE
Email : rtbouhraoua@yahoo.fr

Filipe X. CATRY
Centre for Applied Ecology / Research
Network in Biodiversity and Evolutionary
Biology (CEABN/InBIO), School of Agriculture,
University of Lisbon (ISA, UL),
Tapada da Ajuda 1349-017 Lisboa, PORTUGAL
Email : fcatry@isa.ul.pt

Références bibliographiques

- Barberis, A., Dettori, S., and Filigheddu, M.R., 2003, Management problems in Mediterranean cork oak forests: post-fire recovery. *J. Arid Environ.* 54:565-569
- Boudy, P., 1955- *Economie forestière nord-africaine*. Tome 4 : Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Larose Ed., Paris, pp. 483.
- Bouhraoua, R.T., Piazzetta, R., et Berriah, A. 2014- Les reboisements en chêne-liège en Algérie, entre contraintes écologiques et exigences techniques. *For. Médit.* 35 (2): 171-176.
- Burrows, G.E. and Chisnall, L.K., 2016- Buds buried in bark: the reason why *Quercus suber* (cork oak) is an excellent post-fire epicormic resprouter. *Trees* 30 (1), 241–254
- Catry, F.X., Moreira, F., Duarte, I. and Acácio V., 2009, Factors affecting post-fire crown regeneration of cork oak (*Quercus suber*) trees. *European Journal of Forest Research* 128, 231–240.
- Catry, F.X., Moreira F., Cardillo E., and Pausas J.G. 2012b. Post-fire management of cork oak forests. In: Moreira F., Arianoutsou M., Corona P., De las Heras J., (Eds.) Post-fire management and restoration of European forests. *Managing Forest Ecosystems*, Vol. 24, pp. 195-222. Springer
- Chenel, P., 1951- Le liège en Algérie : importance et répartition. In *Annales de Géographie Ann*, Armand Colin, 60 (321): 296-299.
- DGF, 2016, Statistiques sur la Production annuelles du liège en Algérie, Direction Générale des Forêts, Alger. pp. 5.
- DGF, 2018, Bilan final des incendies de forêts, Direction Générale des Forêts, Alger, pp. 70.
- FAO, 2013- *Etat des forêts méditerranéennes 2013*. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome. pp.189.
- Lamey, A. 1893. *Le chêne-liège, sa culture et son exploitation*. Berger-Levrault et Cie Éditeurs, Paris Nancy. pp. 289.
- Meddour-Sahar, O., Meddour, R., Leone, V., Lovreglio, R. et Derridj A. 2013. Analysis of forest fires causes and their motivations in northern Algeria: the Delphi method. *IForest* (2013) 6: 247-254.
- Moreira, F., Duarte, I., Catry, F., Acácio, V., 2007, Factors affecting post-fire cork oak survival in southern Portugal. *Forest Ecology and Management* 253, 30–37.
- Moreira, F., Catry, F., Duarte, I., Acácio, V. and Silva, J., 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 Ecology* 201, 77-85.
- Pausas, J.G., 1997, Resprouting of *Quercus suber* in NE Spain after fire. *Journal of Vegetation Sciences* 8, 703–706. doi: 10.2307/3237375.
- Pausas, J.G. and Keeley, J.E., 2017, Epicormic Resprouting in Fire-Prone Ecosystems. *Trends in Plant Science* 22 (12), 1008-1015.
- Pimont, F., Dupuy, J-L., 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 (1), 17-30.
- Puyo J.Y, 2013- Grandeur et vicissitudes de l'aménagement des suberaies algériennes durant la période coloniale française (1830-1962). *Forêt méditerranéenne* 34 (2), 129-142.
- Rapport de la commission d'enquête nommée par l'Assemblée Générale des Concessionnaires de forêts de chêne-liège, 1866- Incendies en Algérie : Années 1860, 1863 et 1865. Adoption du rapport et de ses conclusions. Imprimerie Centrale des chemins de Fer, A.CHAIX et Cie, Paris, 171p.
- Salah Eddine Roula, Rachid T. Bouhraoua, Filipe X. Catry, 2019- Factors affecting post-fire regeneration after coppicing of cork oak (*Quercus suber*) trees in northeastern Algeria, Canadian *Journal of Forest Research*, Publié sur le Web 11 December 2019, <https://doi.org/10.1139/cjfr-2019-0181>.
- Saccardy, L., 1937. Notes sur le chêne-liège et le liège en Algérie. *Bulletin de la Station de Recherche Forestière Nord Africaine* 2, 271-374.
- Sirca, C., Filigheddu, M.R., Zucca, G.M., Cillara, M., Bacciu, A., Bosu, S. and Dettori, S., 2014, Long-Term researches on post fire recovery techniques of cork oak stands. Proceedings of the Second International Congress of Silviculture. Florence, November 26th - 29th 2014
- Trabaud, L., 1974, Apport des études écologiques dans la lutte contre le feu. *Revue Forestière Française* n° spécial, 140-153.
- Zine, M., 1992, Situation et perspectives d'avenir du liège en Algérie. Actes du Colloque « Les Suberaies méditerranéennes », Vivès, France, 98-107.

Résumé

Le chêne liège (*Quercus suber*) est considéré comme l'arbre méditerranéen le plus résistant aux feux de forêts grâce à la couche du liège isolante qui protège efficacement les bourgeons et les tissus internes vivants. La stratégie des arbres repose sur la dominance de la régénération végétative de la couronne. En cas de mortalité des tiges, la récupération forestière repose sur la technique de recépage. Cette étude vise à évaluer le taux de survie des souches après une opération expérimentale de recépage réalisée dans la région de Jijel (Est algérien) au printemps 2013 après un feu catastrophique de l'été 2012. Au total 1174 souches ont été retenues dans deux zones (Texana et Aouana). Les résultats montrent que les souches recouvertes de liège mince (liège récolté à moins de 3 ans) ont perdu 97% de leur vitalité. Ceci est expliqué par la forte intensité du feu induite par la charge du combustible et les facteurs du milieu. Les rejets produits des souches survivantes soumis au pâturage sont sans avenir sylvicole (mauvais développement). Ces facteurs rendent les suberaies plus vulnérables aux feux suivants surtout dans le contexte de changement climatique où les feux deviennent plus fréquents.

Mots-clés : chêne-liège, facteur de vulnérabilité, recépage, Jijel, vitalité des souches.

Summary

Factors in the vulnerability to forest wildfire of Algeria's cork oak stands in the context of climate change

The cork oak (*Quercus suber*) is considered as the Mediterranean tree most resistant to wildfire thanks to the insulating thickness of cork that effectively protects the buds and the living internal tissues. The species' strategy is based on the dominance of crown sprouting. In the case of trunk mortality, stand recovery is based on the coppicing technique. This study aims to evaluate the survival rate of stumps after an experimental coppicing operation carried out in the Jijel region (eastern Algeria) in spring 2013 after a catastrophic fire in summer 2012. A total of 1174 stumps were involved over two sites (Texana and Aouana). The results show that stumps covered with thin cork (cork stripped at less than 3 years growth) lost 97% of their vitality. This is explained by the great intensity of the fire induced by the fuel reserves and the environmental factors. Sprouts produced from surviving stumps subjected to grazing have no silvicultural future (poor development). These factors make cork oak forest more vulnerable to subsequent fires, especially in the context of climate change where wildfire will become more frequent.

Keywords: cork oak, vulnerability factor, coppicing, Jijel, sump vitality.