

Impact des perturbations anthropiques sur la diversité végétale de la subéraie de Chréa, au nord de l'Algérie

Siham MEKIDECHE¹
Lila BRAKCHI-OUAKOUR¹
Leila KADIK¹

¹ Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene (USTHB)
Faculté des sciences biologiques (FSB)
Laboratoire d'écologie végétale et environnement (LEVE)
BP 32, El Alia, Bab Ezzouar
16111, Alger
Algérie

Auteur correspondant /
Corresponding author:
Siham Mekideche –
sih.mekideche@gmail.com



Photo 1.
Formation de pelouse à *Asphodelus ramosus* et *Carlina gummifera* (site Dj. Marmoucha).
Photo S. Mekideche.

Doi : 10.19182/bft2018.337.a31633 – Droit d'auteur © 2018, Bois et Forêts des Tropiques – Date de soumission : 9 janvier 2018 ;
date d'acceptation : 4 juin 2018 ; date de publication : 1^{er} juillet 2018.



Licence Creative Commons :
Attribution - Pas de Modification 4.0 International.
Attribution-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-ND 4.0)

Citer l'article / Cite the article

Mekideche S., Brakchi-Ouakour L., Kadik L., 2018. Impact des perturbations anthropiques sur la diversité végétale de la subéraie de Chréa, au nord de l'Algérie. Bois et Forêts des Tropiques, 337 : 53-66. Doi : <https://doi.org/10.19182/bft2018.337.a31633>

RÉSUMÉ

Impact des perturbations anthropiques sur la diversité végétale de la subéraie de Chréa, au nord de l'Algérie

La subéraie de la réserve de biosphère de Chréa, au nord de l'Algérie, révèle une action anthropique ayant profondément modifié le paysage végétal. Les feux récurrents et le surpâturage sont les principales perturbations des formations forestières présentes, s'agissant de perte de surface et de biomasse végétale. Notre objectif était de savoir comment, au sein de cette réserve, réagit la végétation de l'écosystème à *Quercus suber* L. aux conditions de milieu et aux perturbations liées à l'activité humaine. Pour y répondre, nous avons adopté une approche synchronique en réalisant 124 relevés phytoécologiques dans les différents stades dynamiques, en tenant compte de la présence ou de l'absence de la perturbation liée au pâturage. Une première analyse canonique des correspondances a porté sur les données floristiques et les variables environnementales ; une seconde concernait les attributs vitaux des espèces, en utilisant les traits de vie facilement mesurables (type biologique, stratégie adaptative de Grime, mode de dissémination). Les résultats montrent que la végétation de la subéraie s'organise le long d'un gradient de dégradation lié à l'action anthropique (incendies et pâturage), masquant l'effet des facteurs mésologiques dominants (altitude et exposition). L'approche fonctionnelle confirme cette dynamique régressive avec l'individualisation de deux groupes fonctionnels. Le premier recouvre les traits de vie « phanérophyte, compétition-stress, zoochore », caractéristiques des formations végétales les plus matures. Le second groupe englobe les traits « thérophyte, stress-rudéral, anémochore », liés aux formations ouvertes des pelouses surpâturées. Cette étude, conduite selon une approche fonctionnelle de la biodiversité, est une première évaluation de la réponse des subéraies algériennes aux perturbations anthropiques représentées par les incendies et le pâturage.

Mots-clés : *Quercus suber* L., subéraie, perturbations anthropiques, approche synchronique, dynamique régressive, diversité fonctionnelle, protection, Algérie.

ABSTRACT

Impacts of human disturbance on plant diversity in the cork oak woods of Chréa in northern Algeria

The cork oak woods of the Chréa Biosphere Reserve in northern Algeria are showing the effects of human activities that have profoundly modified the plant landscape. Recurrent wildfires and overgrazing are the main causes of disruption to the existing woodland formations, causing losses of both wooded areas and plant biodiversity. Our aim was to identify how the vegetation in the *Quercus suber* L. ecosystem in this reserve is reacting to the environmental conditions and disruption arising from human activity. To do so, we used a synchronous approach involving 124 phytoecological surveys conducted at different dynamic stages and taking into account the presence or absence of disturbance due to grazing. An initial canonical correlation analysis of the floristic data was performed, followed by a second on the vital attributes of each species, using easily measurable variables (biological type, Grime's adaptive strategy, mode of dissemination). Our results show that plant life in these cork oak woods is organised along a gradient of degradation associated with human action (wildfires and grazing), which masks the effects of the dominant mesological factors (altitude and exposure). The functional approach confirms these regressive dynamics by individualising two functional groups: the first covers the "phanerophyte, competition-stress, zoochory" characteristics of the most mature plant formations, while the second encompasses the "therophyte, stress-ruderal, anemochory" characteristics associated with the open formations of overgrazed grasslands. This study, conducted via a functional approach to biodiversity, provides an initial assessment of the responses of Algeria's cork oak woods to disturbances of human origin, in this case wildfires and overgrazing.

Keywords: *Quercus suber* L., cork oak woods, human disturbance, synchronous approach, regressive dynamics, functional diversity, protection, Algeria.

RESUMEN

Impacto de las perturbaciones humanas en la diversidad vegetal de los bosques de alcornoque de Chréa, en el norte de Argelia

Los bosques de alcornoque de la Reserva de la Biosfera de Chréa, en el norte de Argelia, muestran que los efectos de la actividad humana han modificado profundamente el paisaje vegetal. Los incendios forestales recurrentes y el sobrepastoreo son las causas principales de alteración en las formaciones forestales existentes, causando pérdidas tanto de zonas boscosas como de biodiversidad vegetal. Nuestro objetivo era identificar cómo la vegetación en el ecosistema de *Quercus suber* L. de esta reserva está reaccionando ante las condiciones ambientales y las perturbaciones resultantes de la actividad humana. Para ello, utilizamos un enfoque síncrono con 124 mediciones fitoecológicas llevadas a cabo en diferentes estadios dinámicos, teniendo en cuenta la presencia o ausencia de perturbación debida al ramoneo. Se llevó a cabo un análisis de la correlación canónica inicial de los datos florísticos; y a continuación un segundo análisis de los atributos vitales de cada especie, utilizando variables fácilmente medibles (tipo biológico, estrategia adaptativa de Grime, modo de diseminación). Nuestros resultados muestran que la vida de la planta en estos bosques de alcornoque está organizada a lo largo de un gradiente de degradación asociado a la acción humana (incendios forestales y ramoneo), que enmascara los efectos de factores mesológicos dominantes (altitud y exposición). El planteamiento funcional confirma esta dinámica regresiva por individualización de dos grupos funcionales: el primero incluye las características « fanerófito, competencia-estrés, zoochoria » de las formaciones de plantas más maduras; mientras que el segundo abarca las características « terófito, estrés-ruderal, anemochoria » asociadas a las formaciones abiertas de prados con sobrepastoreo. Este estudio, llevado a cabo mediante un enfoque funcional de la biodiversidad, proporciona una evaluación inicial de las respuestas del alcornoque de Argelia a perturbaciones de origen humano, en este caso incendios forestales y sobrepastoreo.

Palabras clave: *Quercus suber* L., bosques de alcornoque, perturbación humana, enfoque síncrono, dinámica regresiva, diversidad funcional, protección, Argelia.

Introduction

Les forêts méditerranéennes se caractérisent par une forte diversité biologique résultant de l'interaction entre l'homme et la nature. Les écosystèmes typiques de cette interaction sont les chênaies sclérophylles (Quézel, 1999), représentées essentiellement en Méditerranée occidentale par les yeuseraies et les subéraies.

Les paysages de la subéraie abritent une diversité biologique élevée et assurent divers services écologiques tels que la rétention de l'eau, la conservation des sols et le stockage du carbone (Gil et Varela, 2008) et économiques tels que la production du liège.

En Algérie, les formations forestières à *Quercus suber* L., le chêne-liège, présentent de grandes originalités et diversités biologiques, écologiques et paysagères. Ces habitats sont cependant très perturbés par l'action de l'homme, et leur protection est mal assurée. Durant les trois dernières décennies, les perturbations anthropiques, plus particulièrement les feux récurrents dont 80 % sont d'origine inconnue (Meddour-Sahar et Derridj, 2012), ainsi que le surpâturage ont provoqué une régression de l'aire de répartition de cette espèce. Selon Bouhraoua (2013), sur une période de 27 ans (1985-2012), les incendies de forêts ont ravagé une surface totale en chêne-liège d'environ 200 000 ha, soit une surface moyenne annuelle de 7 300 ha.

La plupart des études récentes menées sur les subéraies algériennes concernent la région d'El Kala, située au nord-est du pays, sur une tranche altitudinale n'excédant pas 500 m (Ouelmouhoub et Benhouhou, 2007 ; Chouahda et Benyacoub, 2014). Ces derniers ont abordé la résilience de la végétation de cet écosystème face aux différents régimes du feu.

Si l'effet des incendies sur la végétation de la subéraie a déjà fait l'objet de quelques travaux scientifiques (Ouelmouhoub et Benhouhou, 2007 ; Chouahda et Benyacoub, 2014), il n'en est pas de même pour les aspects liés au pâturage. Cette dernière perturbation est très fréquente dans les forêts algériennes (Meddour-Sahar et Derridj, 2012) et constitue, avec le feu, l'un des principaux facteurs de dégradation de la subéraie (Zeddou et al., 2007).

L'approche fonctionnelle de la biodiversité, définie comme la distribution des valeurs des traits des espèces au sein d'une communauté (Diaz et al., 2001), est souvent utilisée pour étudier la réponse de la végétation aux perturbations telles que les

incendies (Paula et al., 2009 ; Schaffhauser et al., 2012) ou le pâturage (Dutoit et al., 1999 ; Diaz et al., 2007).

L'influence des régimes de perturbation par le pâturage sur les communautés végétales est de plus en plus abordée en se référant aux groupes fonctionnels, selon les traits biologiques ou les stratégies adaptatives des espèces (Dutoit et al., 1999). Dans les écosystèmes méditerranéens, l'étude des traits des espèces est essentielle pour comprendre l'évolution des plantes, la dynamique de la végétation et les réponses de la végétation aux perturbations (Paula et al., 2009).

Cependant, malgré son importance dans l'étude des écosystèmes perturbés, cet aspect n'a été abordé que dans quelques travaux récents menés sur les formations forestières du nord de l'Algérie, comme celles du littoral oranais (Medjahdi, 2010) ou les pinèdes de l'Algérois et de l'Oranais (Brakchi et al., 2015).

Notre travail avait pour objectif, dans la réserve de biosphère de Chréa, d'étudier les réponses de la végétation de la subéraie, en situation de conservation ou de perturbation, aux facteurs du milieu et aux perturbations anthropiques dominantes (incendies et pâturage). La finalité de l'étude était de guider les gestionnaires dans l'élaboration des futurs plans de conservation *in situ* des habitats menacés dans les aires protégées d'Algérie.



Photo 2.

Chênaie mixte à *Quercus suber* et *Quercus ilex* (site Dj. Hannous).
Photo S. Mekideche.

Matériel et méthodes

Zone d'étude

La zone d'étude est localisée au nord de l'Algérie ; elle appartient à la partie centrale de l'Atlas tellien dénommée Atlas blidéen. Cette zone couvre une superficie de 52 145 ha, dans laquelle le chêne-liège est présent uniquement dans sept massifs montagneux, qui s'opposent par les pratiques pastorales (figure 1).

L'analyse des données climatiques de la zone d'étude, sur la période allant de 1999 à 2013, montre que le bioclimat est subhumide à humide, à hiver tempéré. Les précipitations moyennes annuelles oscillent entre 679 et 1 019 mm, et les températures moyennes annuelles varient entre 14,5 et 19,2 °C.

Les sols sont d'origine schisteuse, constitués de gros éléments, cailloux, graviers de nature siliceuse. Ce sont des sols très perméables. Malgré leur teneur faible en argiles, ils sont souvent boueux en surface et durs en période sèche (Halimi, 1980).

La végétation spontanée de la réserve de biosphère de Chréa s'organise selon des étages liés à l'altitude. Meddour (1994) distingue trois étages de végétation :

- le thermo-méditerranéen, avec la série du pin d'Alep et celle de l'olivier-lentisque ;
- le méso-méditerranéen, qui correspond à la série du chêne vert et à celle du chêne-liège ;
- le supra-méditerranéen, avec la série du cèdre de l'Atlas et celle de l'érable obtus.

Dans la zone d'étude, l'altitude est comprise entre 500 et 1 200 m. Cette tranche altitudinale fait partie de l'étage de végétation méso-méditerranéen (500-1 400 m) auquel appartient la série du chêne-liège de l'Atlas blidéen. Selon Meddour (1994), l'extension altitudinale importante de cet étage permet de distinguer deux sous-séries : la sous-série

inférieure, dont le peuplement appartient au *Myrto communis - Quercetum suberis* (Barbéro *et al.*, 1981) et la sous-série supérieure dont la végétation correspond au *Cytiso triflori - Quercetum suberis* (Braun-Blanquet, 1953).

Actuellement, cette végétation forestière est profondément perturbée par les incendies répétés et le surpâturage qui entraînent son remplacement par des formations basses dégradées.

Le bilan des incendies de forêts, établi par la Direction générale des forêts pour la période 1990-2013, indique que la superficie forestière totale parcourue par les feux est de 24 113 ha, ce qui correspond à une moyenne annuelle de 1 005 ha de surface brûlée.

Malgré l'absence de données suffisantes sur les causes de cette perturbation dans la zone d'étude, la relation étroite qui existe entre le pacage et le feu ne peut être écartée. Ce dernier est souvent utilisé pour gagner de nouveaux parcours, comme en témoigne la présence remarquée du cheptel bovin, estimé à 12 500 têtes (BNEDER, 2011).

Plan d'échantillonnage

Les relevés ont été positionnés selon un échantillonnage mixte. Une stratification préalable, dans des conditions écologiques les plus homogènes possible, a été réalisée en tenant compte de la hauteur et du recouvrement des ligneux issus de la photo-interprétation, ainsi que de la perturbation par le pâturage bovin. Pour effectuer cette stratification, nous avons utilisé les données suivantes :

- la topographie, en recourant à la carte des altitudes, des expositions et des pentes établies à partir des cartes topographiques au 1/25 000 réalisées par l'Institut de la Cartographie et de la Télédétection (INCT) ;
- l'occupation du sol, établie à partir des photographies aériennes, émulsion panchromatique (noir et blanc) au 1/20 000 de l'année 1999 (INCT), qui représente la prise de vue la plus récente pour la zone d'étude ; cependant, la vérification sur le terrain a permis l'actualisation de cette carte ;

▪ les informations liées à la présence ou l'absence du pâturage bovin, obtenues à partir des enquêtes sur le terrain.

La stratification de ces données, bâtie sous système d'information géographique, permet d'obtenir des zones homogènes. Sur le terrain, l'échantillonnage de ces zones a été conduit selon un mode subjectif. Ce dernier consistait à choisir au niveau de chaque station les échantillons paraissant les plus représentatifs et suffisamment homogènes (Gounot, 1969).

La surface de chaque relevé phytoécologique était de 100 m². Elle correspondait à l'aire minimale des formations à chêne-liège de l'Algérie (Zéraia, 1982). Ainsi, 124 relevés phytoécologiques ont été effectués pendant le printemps des années

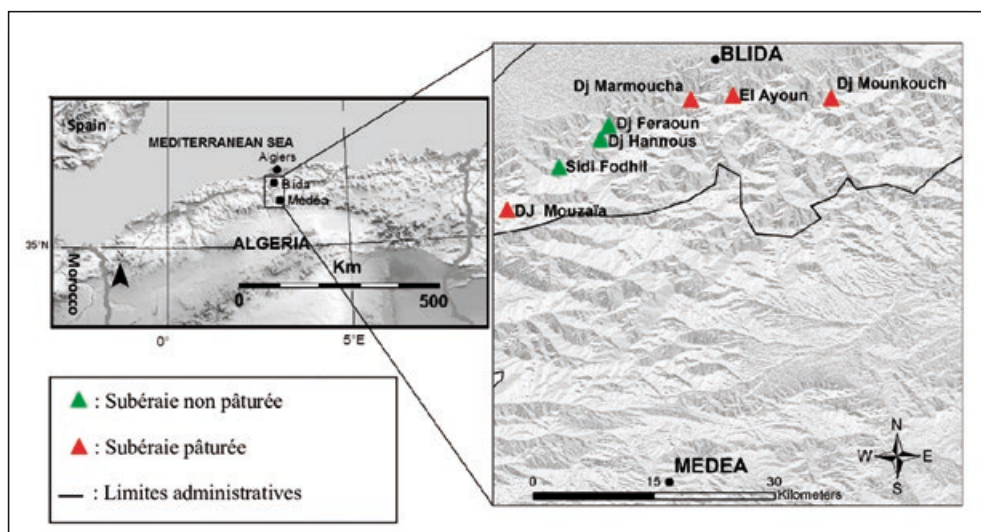


Figure 1.
Localisation de la zone d'étude et des principales subéraies de l'Atlas blidéen (Algérie) (Source : Earth Explorer).

Tableau I.
 Traits de vie et modalités retenues.

Type biologique (Raunkiaer, 1934)	Stratégie adaptative (Grime, 1974)	Mode de dissémination (Van der Pijl, 1982)
Thérophyte (Th)	Compétitrice (C)	Anémochore (Ane)
Géophyte (Ge)	Tolérante au stress (S)	Autochore (Aut)
Hémicryptophyte (He)	Rudérale (R)	Barochore (Bar)
Chaméphyte (Ch)	Compétitrice-tolérante (CS)	Zoochore (Zoo)
PhanérophYTE (Ph)	Compétitrice-rudérale (CR) Stress-rudérale (SR) Stratégie triple (CSR)	

2014 et 2015, avec 63 relevés réalisés dans les subéraies non pâturées et 61 dans les subéraies pâturées. Pour tous les relevés, nous avons recueilli les informations sur les variables de milieu, la composition et la richesse de la végétation, ainsi que le degré de l'action anthropique.

Les variables de milieu ont été classées en trois catégories.

- La topographie, avec les variables :
 - altitude (Alt), exprimée en mètres et codée selon le gradient suivant : 1 = 500-700 m ; 2 = 700-900 m ; 3 = 900-1 100 m ; 4 = plus de 1 100 m ;
 - pente (Pen), codée en classe de pourcentage (0 = nulle ; 1 = 1-10 % ; 2 = 10-25 % ; 3 = 25-50 % ; 4 = 50-75 % ; 5 = 75-100 %) ;
 - exposition du versant (Exp), codée selon un gradient d'ensoleillement (1 = N ; 2 = NE, NW ; 3 = E, W, aucune ; 4 = SE, SW ; 5 = S).
- L'état de la surface du sol, à travers l'estimation du recouvrement de la végétation (Veg), de la roche mère (Roc), des blocs (Blo), des cailloux (Cai), du sol nu (Sol) et de la litière (Lit) ; pour chaque élément, le recouvrement global, quotient de l'aire de la projection de l'élément sur un plan horizontal par l'aire minimale (100 m²), a été exprimé en pourcentage et codé selon l'échelle suivante : 0 = absent ; 1 = 1-10 % ; 2 = 10-25 % ; 3 = 25-50 % ; 4 = 50-75 % ; 5 = 75-100 %.
- La stratification de la végétation, cinq strates principales ayant été distinguées pour décrire la structure verticale de la végétation : arbres hauts (StA > 7 m) ; arbres (StB : 4-7 m) ; arbustes hauts (StC : 2-4 m) ; arbustes (StD : 0,5-2 m) ; herbacées (StE : 0-0,5 m).

Nous avons adopté la même échelle que celle utilisée par Véla (2002) dans les milieux ouverts soumis à un climat méditerranéen. Cependant, pour les deux premières classes, nous avons remplacé la limite de 10 m par celle de 7 m. Cette dernière correspond à la hauteur supérieure des formations de matorral (Tomaselli, 1976).

Pour tous ces critères, le recouvrement a été codé en classe de pourcentage (0 = absent ; 1 = 1-10 % ; 2 = 10-25 % ; 3 = 25-50 % ; 4 = 50-75 % ; 5 = 75-100 %).

La composition et la richesse de la végétation ont été renseignées par un relevé floristique exhaustif avec

les coefficients d'abondance-dominance pour chaque espèce, basés sur la codification de Braun-Blanquet (1932). Ainsi, 213 espèces ont été identifiées à l'aide de la flore de Quézel et Santa (1962-1963). La nomenclature a été réactualisée à l'aide de l'index synonymique de la flore d'Afrique du Nord (Dobignard et Chatelain, 2010-2013).

L'estimation de la pression du pâturage par les bovins (Pat) a été réalisée à partir des observations visuelles et plus précisément le degré de consommation des espèces constituant les strates herbacée et arbustive (Véla, 2002). Ainsi, quatre

classes ont été proposées pour cette perturbation : 0 = pâturage nul ; 1 = pâturage faible ; 2 = pâturage moyen ; 3 = pâturage fort à surpâturage.

Pour les incendies, l'absence de données précises sur la date, la fréquence et l'intensité de cette perturbation n'a pas permis d'intégrer cette variable dans le traitement des données. Cependant, l'impact du feu sur la végétation de la zone d'étude a été déterminé à partir de la stratification verticale de la végétation. En effet, la récurrence des incendies affecte principalement la structure de la végétation de la subéraie et, par conséquent, le risque d'incendie (Schaffhauser *et al.*, 2012).

Diversité fonctionnelle

Pour déterminer la réponse de la végétation de la subéraie aux deux perturbations étudiées, les stratégies biologiques choisies comprennent le type biologique (Raunkiaer, 1934), la stratégie adaptative (Grime, 1974) et le mode de dissémination (Van der Pijl, 1982). Les modalités retenues pour chaque stratégie biologique ont été résumées dans le tableau I.

Les traits des espèces ont été renseignés d'après divers travaux (Médail, 1996 ; Bonnet, 2001 ; Gachet, 2002 ; Véla, 2002 ; Brakchi *et al.*, 2015).

Analyse des données

Indices de diversité spécifique

L'indice de diversité le plus couramment utilisé est l'indice de Shannon, qui combine la richesse spécifique et l'équitabilité des espèces (Shannon et Weaver, 1949).

L'indice de diversité de Shannon (H') est calculé par la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

où p_i est l'abondance relative de l'espèce i . Cette valeur correspond au pourcentage de recouvrement de l'espèce ; elle est obtenue à partir des valeurs médianes des classes de recouvrement.

La formule de l'équitabilité (E) est $E = H' / \log_2 S$, où S représente la richesse spécifique (Piélou, 1966).

Dans les communautés végétales, la perturbation par le pâturage affecte surtout la composition et la diversité de la strate herbacée. À partir de la richesse floristique totale (RSt), nous avons déterminé la richesse floristique herbacée (RSh). Cette distinction s'opère selon les types biologiques de Raunkiaer (Pignatti, 1982) qui regroupent les espèces thérophytes, hémicryptophytes et géophytes.

Analyse canonique des correspondances (ACC)

L'analyse canonique des correspondances (Ter-Braak, 1986) est une technique d'analyse multivariée qui réunit les propriétés de la régression linéaire multiple et de l'analyse factorielle des correspondances (AFC). Elle a été mise au point pour étudier les relations espèces-milieus, en traitant simultanément un tableau espèces \times relevés et un tableau des variables du milieu considérées comme explicatives.

L'influence des variables environnementales sur la répartition et l'abondance des espèces végétales dans la zone d'étude a été analysée à partir de la matrice des données floristiques (213 espèces \times 124 relevés) et celle des variables environnementales. Une seconde ACC a été réalisée sur le tableau espèces \times relevés avec les modalités des traits de vie. Les traitements ont été effectués avec le logiciel R 3.3.2 (package ade4). Pour faciliter la lecture des analyses numériques, les espèces rencontrées ont été codées (trois premières lettres du genre et trois premières lettres de l'espèce).

Résultats

Aspect systématique

Du point de vue systématique, la subéraie de l'Atlas blidéen compte 213 espèces appartenant à 50 familles botaniques. L'étude de la composition spécifique des cinq familles les plus représentées (figure 2) montre que la famille des Asteraceae est plus riche en milieu pâturé (38 espèces) qu'en milieu non pâturé (29 espèces).

Pour les familles des Poaceae, des Caryophyllaceae et des Apiaceae, le nombre des espèces est légèrement plus élevé en subéraie pâturée qu'en subéraie non pâturée. Cependant, la famille des Fabaceae est légèrement plus riche en milieu non pâturé (20 espèces) qu'en milieu pâturé (16 espèces).

Mesure de la diversité

Les résultats de l'analyse quantitative de la diversité végétale dans les formations pâturées et non pâturées (tableau II) montrent que les valeurs de la richesse spécifique totale, la richesse spécifique herbacée, l'indice de Shannon et l'équitabilité sont légèrement plus élevés en formations pâturées qu'en formations non pâturées. Cependant, ces différences restent non significatives sur le plan statistique (test de khi-2, $p > 0,05$).

Relation espèces-variables environnementales

L'analyse canonique des correspondances (ACC), réalisée sur la matrice des données floristiques et celle des variables environnementales (tableau III), possède une inertie totale de 1,14, dont respectivement 24,5 %, 15,7 % et 11 % sont portés par les axes 1, 2 et 3 (soit 51,2 %). Cette analyse explique 23,8 % de la variation floristique. Les valeurs propres des axes, le nuage des points relevés, le nuage des points individus (espèces) et le cercle de corrélation des variables explicatives sont représentés par la figure 3.

L'axe 1 est corrélé à une variable dynamique et à un gradient anthropique. Il oppose un groupe de variables liées à la fermeture du milieu comme le recouvrement des strates arborées (StA, StB), le recouvrement de la litière (Lit), le recouvrement total de la végétation (Veg) et le recouvrement de la strate arbustive haute (StC), du côté négatif, à un autre groupe de variables liées à l'ouverture du milieu comme

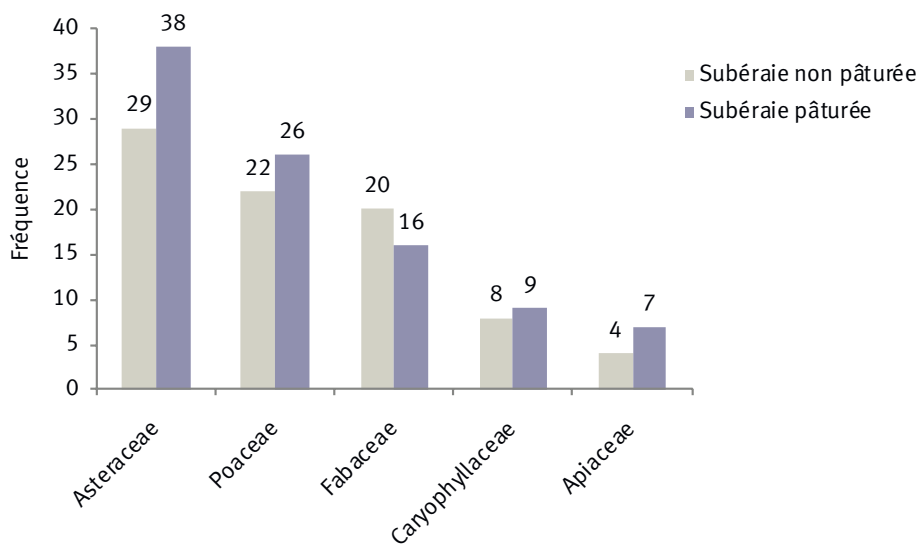


Figure 2. Richesse spécifique des cinq familles les plus représentatives dans la subéraie non pâturée et la subéraie pâturée.

Tableau II.

Les valeurs moyennes de la richesse spécifique totale, la richesse spécifique herbacée, l'indice de Shannon et l'équitabilité.

	Subéraises non pâturées	Subéraises pâturées
Nombre de relevés	61	63
Richesse spécifique totale (RSt)	34,46 ± 2,35	34,49 ± 2,22
Richesse spécifique herbacée (RSh)	21,1 ± 2,38	23,11 ± 2,25
Indice de Shannon (H')	2,67 ± 0,10	2,75 ± 0,08
Équitabilité (E)	0,76 ± 0,02	0,78 ± 0,02

Tableau III.

Coefficients de corrélation des variables environnementales avec les trois premiers axes de l'ACC.

Variabiles	Axe 1	Axe 2	Axe 3
Alt	0,246*	0,626***	0,700***
Exp	0,148	- 0,481***	0,289**
Pen	- 0,014	0,293***	0,229*
Veg	- 0,441***	0,073	- 0,145
StA	- 0,593***	0,122	- 0,045
StB	- 0,428***	0,073	0,025
StC	- 0,343***	- 0,047	0,016
StD	- 0,160	0,439***	- 0,278**
StE	0,628***	- 0,468***	0,172
Lit	- 0,681***	0,267**	0,001
Sol	0,540***	0,035	- 0,166
Cai	0,141	- 0,529***	0,413***
Blo	0,254**	- 0,081	- 0,021
Roc	- 0,036	- 0,187*	0,279**
Pat	0,839***	0,447***	- 0,126

* P < 0,05 ; ** P < 0,01 ; *** P < 0,001.

Le long de l'axe 1, les relevés s'organisent selon un gradient dynamique, en allant des formations basses des pelouses (côté positif) vers les formations forestières conservées (pôle négatif). Les matorrals occupent une position intermédiaire sur cet axe (figure 3).

Les relevés qui se regroupent autour des variables pâturage (Pat) et sol nu (Sol) représentent les formations de pelouses pâturées à *Asphodelus ramosus* L. et *Carlina gummifera* (L.) Less. (R88, R87, R84, R93). Ces formations dégradées occupent les altitudes supérieures à 750 m et sont issues de l'évolution régressive des formations forestières découlant de l'action de l'homme.

Les espèces qui caractérisent ces écosystèmes sont représentées par des plantes herbacées épineuses appartenant à la famille des Asteraceae comme *Scolymus grandiflorus* Desf., *Carlina gummifera* et *Scolymus hispanicus* L., révélant ainsi un milieu xérique et surpâturé. De même, la présence de *Asperula hirsuta* Desf., *Echium plantagineum* L., *Asphodelus ramosus*, *Crepis vesicaria* L., *Plantago lanceolata* L., *Plantago serraria* L. et *Gastrium ventricosum* (Gouan) Schinz & Thell. témoigne de l'action de l'homme et de ses troupeaux sur ces milieux ouverts.

Nous distinguons du côté négatif de l'axe 1 les relevés réalisés dans les formations forestières pures à *Quercus suber* L. ou mixtes à *Quercus suber* et *Quercus ilex* subsp. *balota* (Desf.) Samp. (R124, R28, R23, R45, R42, R49), qui se regroupent autour des variables litière, strate arborée haute, strate arborée et recouvrement total de la végétation. Ces formations conservées dominent sur des altitudes variant entre 700 à 950 m et se caractérisent par la présence des espèces ligneuses révélatrices d'une ambiance forestière comme *Celtis australis* L., *Laurus nobilis* L. et *Prunus avium* (L.) L.

Cette ambiance forestière s'accompagne de l'installation des espèces indicatrices d'un milieu humide et riche en matière organique telles que *Asplenium adiantum-nigrum* L., *Asplenium trichomanes* L., *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) P. Beauv., *Umbilicus rupestris* (Salisb.) Dandy, *Geum urbanum* L., *Ruscus aculeatus* L., *Scrophularia laevigata* Vahl et *Urtica dioica* L.

le recouvrement de la strate herbacée (StE), le recouvrement du sol nu (Sol) et le pâturage (Pat), du côté positif.

Les variables topographiques altitude (Alt) et pente (Pen) sont positivement corrélées à l'axe 2 avec des coefficients de corrélation de 0,62 et 0,29 respectivement, et s'opposent à la variable exposition (Exp) négativement corrélée à cet axe ($r = -0,48$).

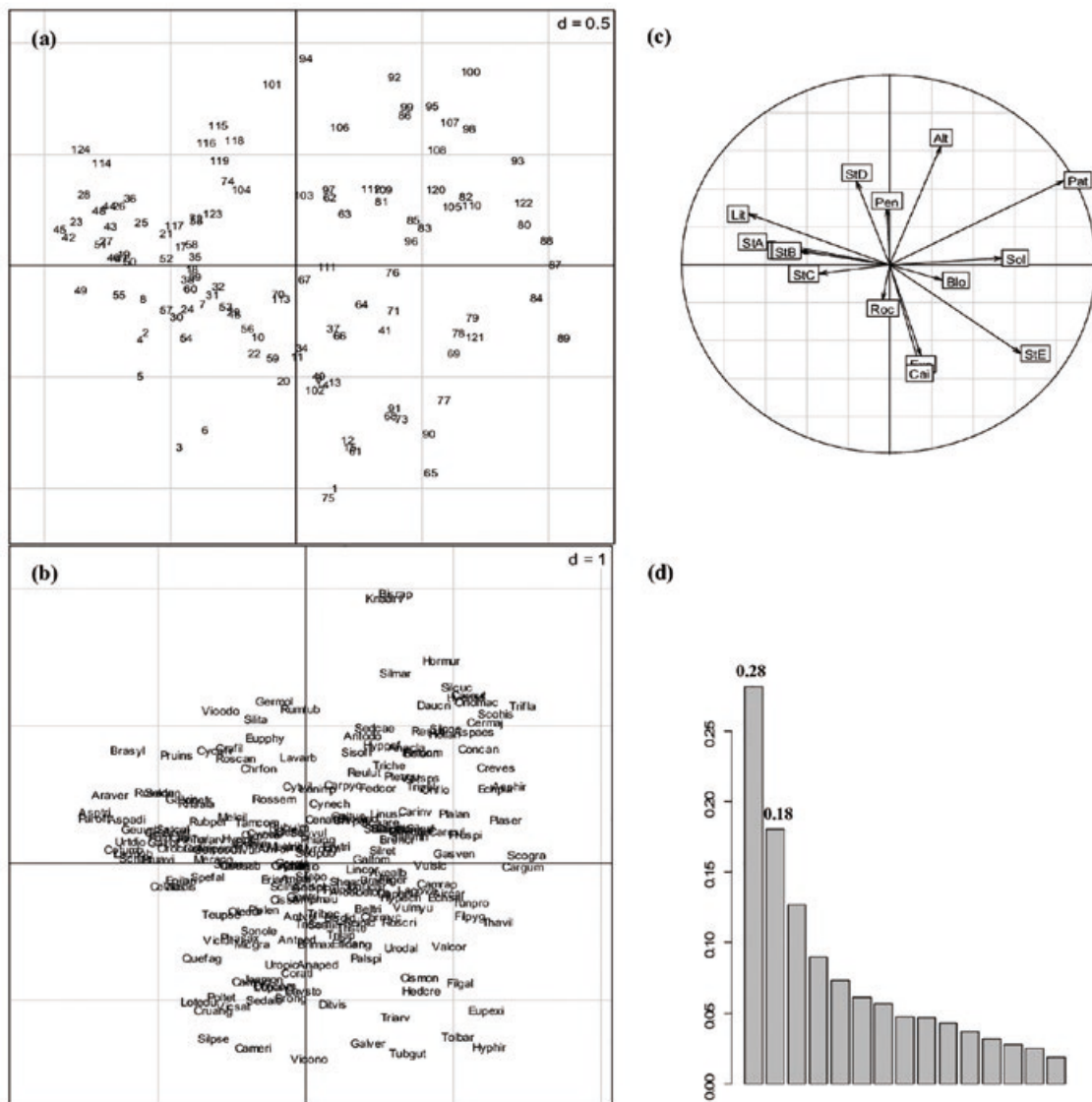


Figure 3.

Plan 1/2 de l'ACC réalisée sur la végétation et les variables environnementales (cf. abréviations dans le texte pour les variables environnementales et les noms des espèces). (a) nuage des points relevés, (b) nuage des points individus (espèces), (c) cercle de corrélation des variables explicatives, (d) valeurs propres des axes.

Le long de l'axe 2, les relevés s'organisent selon un gradient d'ensoleillement et altitudinal en allant des orientations nord de hautes altitudes (côté positif) vers les expositions sud de basses altitudes (côté négatif).

Dans la partie positive de l'axe 2, les relevés qui se regroupent autour des variables altitude, strate arbustive basse et pente représentent les formations de matorrals à *Quercus suber* et *Quercus ilex* (R94, R101, R92). Ces formations préforestières, résultant de l'évolution régressive de la subéraie à cytise sous l'effet du feu, dominant sur les expositions humides (nord, nord-est, nord-ouest) et des altitudes supérieures à 1 000 m. Dans ces écosystèmes, la strate arbustive basse (STD) est dominée par *Cytisus villosus* Pourr. et *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, qui constituent un tapis continu.

La présence de *Biscutella raphanifolia* Poir., *Knautia arvensis* (L.) Coult., *Geranium molle* L., *Viola odorata* L., *Silene italica* (L.) Pers. et *Rumex tuberosus* L. révèle le caractère alticole de cet habitat. Cependant, cette subéraie en conditions écologiques favorables est sous la pression du pâturage bovin, comme l'indique la présence de *Hordeum murinum* L., *Silybum marianum* (L.) Gaertn., *Carduus nutans* L., *Hyoseris radiata* L. et *Onopordum macracanthum* Schousb.

Dans la partie positive de l'axe 1 et la partie négative de l'axe 2, les relevés regroupés autour des variables exposition (Exp), recouvrement des cailloux (Cai) et recouvrement de la strate occupée par les herbacées (StE) représentent les formations de matorrals à *Quercus suber* et *Cistus monspeliensis* L. (R75, R65, R61). Ces formations végétales, découlant de l'évolution régressive de la subéraie thermophile à

Tableau IV.
Coefficients de corrélation des modalités de traits de vie avec les trois premiers axes de l'ACC.

Variables	Axe 1	Axe 2	Axe 3
Ch	0,309**	- 0,082	- 0,438***
Ge	- 0,199*	0,400***	0,052
He	0,502***	0,711***	- 0,209**
Ph	- 0,784***	- 0,079	- 0,038
Th	0,562***	- 0,016	- 0,265**
C	- 0,241**	- 0,169*	- 0,639***
CR	- 0,151	0,587***	0,369***
CS	- 0,447***	0,255**	- 0,140
CSR	0,213**	- 0,579***	0,254**
R	- 0,215**	- 0,215**	- 0,090
S	0,075	- 0,022	- 0,313***
SR	0,617***	0,099	- 0,155*
Ane	0,785***	0,166*	- 0,100
Aut	- 0,398***	- 0,030	- 0,239**
Bar	- 0,326***	0,338***	- 0,403***
Zoo	- 0,667***	0,103	- 0,163*

* P < 0,05 ; ** P < 0,01 ; *** P < 0,001.

L'axe 2 est positivement corrélé aux traits hémicryptophyte (He), compétitrice-rudérale (CR), géophyte (Ge) et barochore (Bar) qui s'opposent à la modalité compétitrice-stress-rudérale (CSR) du côté négatif de cet axe.

Cette analyse permet de mieux comprendre l'impact des facteurs de milieu, des incendies répétés et du surpâturage sur le fonctionnement actuel des écosystèmes à chêne-liège du site étudié.

Nous pouvons identifier ainsi un premier groupe fonctionnel avec les traits de vie thérophyte, SR et anémochore. Ce groupe est lié aux formations ouvertes de pelouses à *Asphodelus ramosus* et *Carlina gummifera* (R87, R84, R89, R88). Les taxons attachés à ce groupe fonctionnel peuvent être divisés en deux ensembles : les hémicryptophytes à feuilles basales en rosette telles que *Scolymus grandiflorus*, *Carlina gummifera*, *Plantago lanceolata* et *Plantago serraria* et les thérophytes annuelles, souvent à stratégie démographique SR, comme *Euphorbia exigua* L., *Filago pygmaea* L. et *Filago gallica* L. Ce dernier ensemble domine sur les altitudes inférieures à 850 m, témoignant ainsi de l'effet conjugué du stress hydrique et des perturbations anthropiques.

Le deuxième groupe des traits fonctionnels, avec les variables phanérophyte, CS et zoochore, se retrouve du côté négatif de l'axe 1 et s'oppose au premier. Il caractérise les formations forestières pures à chêne-liège ou mixte à chêne-liège et chêne vert (R44, R43, R115, R26, R19, R42). Le type biologique phanérophyte y domine avec, souvent, des espèces de stratégie démographique CS comme *Clematis Cirrhosa* L., *Laurus nobilis*, *Pinus halepensis* Mill., *Prunus avium* et *Rhamnus alaternus* L. Ce groupe fonctionnel englobe des espèces disséminées par zoochorie et, à un degré moindre, par autochorie.

Du côté positif de l'axe 2, les relevés qui se regroupent autour des traits fonctionnels CR, géophyte, barochore et hémicryptophyte correspondent aux formations de matorrals à *Quercus suber* et *Quercus ilex* (R92, R95, R85, R86). Le caractère alticole de ce groupe se traduit par la dominance des espèces de stratégie démographique compétitrice rudérale (CR) comme *Cytisus villosus*, *Pteridium aquilinum*, *Rubus ulmifolius* Schott, *Daucus Crinitus* Desf. et *Anthoxanthum odoratum* L., indiquant ainsi l'amointrissement des facteurs écologiques défavorables (sécheresse et ensoleillement). Cependant, la pression du pâturage bovin sur ces milieux est indiquée par la présence d'un lot important de plantes hémicryptophytes à port en rosette telles que *Hyo-seris radiata*, *Scolymus hispanicus*, *Carduus nutans* et *Onopordum macracanthum*.

Ce troisième groupe s'oppose à la modalité compétitrice-stress-rudérale (CSR) négativement corrélée à l'axe 2, qui caractérise les matorrals à *Quercus suber* et *Cistus monspeliensis* (R65, R73, R90, R68). Dans ces formations végétales, le sous-bois est dominé par des arbrisseaux de type CSR tels que *Calicotome spinosa*, *Cistus monspeliensis* et *Cistus salvifolius*, dont la régénération est favorisée par les feux violents et répétés.

Discussion

Souvent sous-estimées par les travaux antérieurs, en raison de leur superficie réduite par rapport aux autres écosystèmes forestiers de l'Atlas blidéen, les formations naturelles à *Quercus suber* de la zone d'étude figurent parmi les écosystèmes les plus riches au plan spécifique, avec 213 espèces. Le seul travail qui a été réalisé au sein du massif de Chréa est celui de Brakchi *et al.* (2015) et n'a concerné que les pinèdes. Selon ces auteurs, la richesse spécifique atteint 188 espèces dans cet écosystème alors qu'il couvre une plus grande superficie.

Le nombre d'espèces par famille botanique place en première position les familles liées à une action anthropique croissante telles que les Asteraceae, les Poaceae et les Fabaceae.

Il ressort de la première ACC que la stratification de la végétation, exprimée par le recouvrement des différentes strates, est le principal facteur d'organisation de la végétation dans la zone d'étude. Ce paramètre domine l'effet de la topographie (altitude et exposition) et exprime l'effet des feux récurrents sur l'évolution régressive des formations forestières à *Quercus suber* de l'Atlas blidéen. L'augmentation de la fréquence de cette perturbation dans la subéraie entraîne une diminution de la densité des arbres et de leur surface terrière (Schaffausser *et al.*, 2012 ; Chouahda et Benyacoub, 2014).

Les réponses des espèces végétales aux facteurs mésologiques et aux perturbations anthropiques sont exprimées par leurs traits de vie qui se rassemblent en groupes fonctionnels. Dans les écosystèmes méditerranéens, les perturbations liées au feu affectent profondément les plantes, mais leurs effets dépendent fortement de la biologie des espèces et de leurs traits d'histoire de vie (Schaffausser *et al.*, 2012).



Photo 3.

Matorral à chêne-liège et chêne vert avec un sous-bois très dense dominé par *Cytisus villosus* et *Pteridium aquilinum* (site Dj. Marmoucha).
Photo S. Mekideche.

Réponses aux incendies

Les stratégies adaptatives de Grime reflètent significativement les modifications de la structure verticale de la végétation et des changements microclimatiques au cours de la dynamique de la végétation. Les espèces de type SR, associées aux formations ouvertes de pelouses, sont remplacées dans les formations forestières non perturbées par des espèces de type CS. Le recouvrement important de ces dernières dans les subéraies est lié à la diminution des feux récurrents sur une longue période (Schaffhauser *et al.*, 2012).

Pour les formations intermédiaires de matorrals, le type de stratégie adaptative diffère selon l'intensité du stress hydrique. Les espèces de stratégie CR sont associées aux altitudes élevées (plus de 850 m) où l'effet du stress hydrique est atténué par l'altitude, contrairement aux basses altitudes (moins de 850 m) exposées sud. Ces derniers milieux sont plus vulnérables aux feux estivaux, comme en témoigne l'installation des espèces de stratégies CSR telles que *Calicotome spinosa*, *Cistus monspeliensis* et *Cistus salviifolius*, qui forment des peuplements particulièrement adaptés aux incendies. La dominance des pyrophytes à stratégie triple dans les milieux très xéro-thermophiles

(Véla, 2002 ; Medjahdi, 2010) est en rapport avec leurs traits de régénération après le passage du feu, à travers la production des rejets et/ou la germination des graines. Les graines de ciste peuvent rester en dormance dans le sol pendant plusieurs années (Trabaud *et al.*, 1997) ; la levée de la dormance est assurée soit par choc thermique (Herranz *et al.*, 1998), soit par forte insolation des milieux ouverts (Bazaz, 1996).

Un autre point majeur mis en évidence par cette étude est l'effet du stade dynamique sur la distribution des modes de dissémination. En effet, les espèces anémochores sont plus abondantes dans les pelouses, tandis que la richesse en zoochores est maximale dans les formations forestières les plus matures. Selon Schaffhauser *et al.* (2012), l'importance des feux récurrents favorise les espèces dispersées par le vent dans les zones ouvertes brûlées.

Réponses au pâturage

Le pâturage est une perturbation complexe ; les herbivores domestiques causent des pertes de la biomasse végétale, directement par défoliation, et indirectement par le piétinement.



Photo 4.
Matorral à *Quercus suber* et *Cistus monspeliensis* (site El Ayoun).
Photo S. Mekideche.

D'après nos résultats, le pâturage bovin est beaucoup plus lié aux formations ouvertes de pelouses et de matorrals qu'aux formations forestières. La première ACC montre que la pression de cette perturbation est positivement corrélée au recouvrement du sol nu et négativement corrélée au recouvrement de la végétation. La réduction de la phytomasse a pour conséquence une diminution de l'intensité de la compétition pour la lumière, permettant ainsi à des espèces peu compétitives mais plus résistantes au pâturage de s'installer (Diaz *et al.*, 2001). Pour notre zone d'étude, il s'agit essentiellement des espèces herbacées épineuses appartenant à la famille des Asteraceae comme *Carlina gummifera*, *Scolymus hispanicus*, *Carduus nutans* et *Onopordum macracanthum*.

Le type biologique de Raunkiaer, défini par la position des bourgeons de renouvellement par rapport au sol pendant la mauvaise saison (Raunkiaer, 1934), représente la stratégie biologique qui reflète le mieux la réaction de la végétation de la subéraie à cette perturbation. Selon Briske (1996), deux stratégies de réponse au pâturage ont été déterminées chez les plantes : la tolérance et l'évitement ; ces stratégies reposent sur l'accessibilité de la biomasse et sur la position des méristèmes au niveau de la plante.

Les résultats de la seconde ACC montrent que les plantes hémicryptophytes au port en rosette telles que *Hypoxis radiata*, *Daucus crinitus*, *Crepis vesicaria*, *Scolymus hispanicus*, *Carduus nutans*, *Plantago lanceolata* et *Plantago serraria* représentent la principale réponse de la végétation de la subéraie au surpâturage. Cette architecture en rosette permet d'éviter la défoliation du fait de l'inaccessibilité de la biomasse. Il s'agit donc d'un évitement dans l'espace. En effet, dans les systèmes soumis à un stress limitant la productivité, les traits permettant d'éviter le pâturage sont généralement favorisés (Briske, 1996).

Les thérophytes annuelles à stratégies démographiques stress-rudérales comme *Euphorbia exigua*, *Filago pygmaea* et *Filago gallica* représentent un autre type de réponse de la végétation des pelouses en position de stress hydrique (moins de 850 m d'altitude) à la charge pastorale excessive.

Ces résultats concordent avec les études sur les traits de réponse au pâturage qui montrent que cette perturbation favorise l'architecture en rosette chez les herbacées non graminoides et les espèces dont le cycle de vie est court (Diaz *et al.*, 2007). Pour ce dernier trait, les travaux de Véla (2002) dans les milieux ouverts de la région méditerranéenne indiquent que le pâturage intense et régulier entraîne le maintien, voire l'augmentation, des annuelles de parcours SR

Effets sur le sol

Dans l'Atlas blidéen, toutes les conditions d'ordre naturel (sols schisteux, sécheresse prolongée en été, averses de pluie violentes en hiver) ou humain (incendies volontaires, pâturage) sont réunies pour exacerber l'effet de l'érosion hydrique (Halimi, 1980). Les résultats de la première ACC montrent que les formations végétales les plus menacées par les incendies, représentées par les matorrals à *Quercus suber* et *Cistus monspeliensis*, sont les plus touchées par l'érosion hydrique. Cette dernière se manifeste sur le terrain par l'importance des éléments grossiers de type cailloux. En effet, en région méditerranéenne, l'effet le plus redoutable des incendies se situe au niveau des sols, profondément perturbés en surface, dès lors fortement soumis à l'érosion (Quézel, 1976). Ce processus de dégradation sous l'effet du feu est lié aux changements dans les propriétés physiques et chimiques du sol (Shakesby et Doerr, 2006).

Conclusion

La situation géographique de l'Atlas blidéen, sa diversité topographique qui est à l'origine de la variabilité environnementale, ainsi que la présence de perturbations anthropiques (incendies et pâturage) d'intensité variable, ont contribué à l'hétérogénéité de ses paysages sclérophylles.

L'approche canonique des correspondances a montré que l'influence de l'action de l'homme et de ses troupeaux est beaucoup plus forte sur la flore que celle des autres variables environnementales. La végétation actuelle de la subéraie s'organise selon un gradient de dégradation allant des formations arborées fermées vers les formations ouvertes basses de pelouses. Cette hétérogénéité paysagère a contribué à la diversité de ses ressources pastorales ; les pelouses et les matorrals, de haute altitude, figurent parmi les habitats les plus appréciés par le troupeau bovin.

L'effet de la topographie sur l'organisation de la végétation de la zone d'étude vient en deuxième position, après les perturbations anthropiques par les incendies et le pâturage, et se traduit par la dominance de deux gradients, un gradient altitudinal et un gradient d'exposition.

L'approche fonctionnelle a permis de cerner les principales réponses de la végétation le long d'un gradient de perturbation, par l'identification de deux groupes fonctionnels : un premier groupe avec les traits phanérophyte, zoochore et CS caractéristiques des formations les plus matures, et un second groupe englobant les traits fonctionnels thérophyte, SR et anémochore liés aux formations ouvertes de pelouses.

Dans ces derniers milieux, les espèces dont les traits permettent d'éviter la défoliation de la plante par le pâturage bovin, tels l'architecture en rosette des hémicryptophytes, le cycle de vie court (espèces annuelles) ainsi que la présence d'organes de défense (épines), sont très répandues.

Les résultats de cette étude fournissent un diagnostic de l'état d'un écosystème de la réserve de biosphère de Chrêa qui demande à être étendu à d'autres écosystèmes forestiers afin de comprendre leurs réponses aux perturbations anthropiques et d'améliorer les connaissances en matière de conduite des futurs plans de conservation *in situ* des ressources biologiques.

Références bibliographiques

- Bazzaz F. A., 1996. Plants in changing environments: Linking physiological, population, and community ecology. Cambridge, United Kingdom, Cambridge University Press, 320 p.
- Barbéro M., Quézel P., Rivas-Martinez S., 1981. Contribution à l'étude des groupements forestiers et préforestiers du Maroc. *Phytocoenologia*, 9 (3) : 311-412. https://www.schweizerbart.de/papers/phyto/detail/9/81684/Contribution_a_letude_des_groupements_forestiers_et_preforestiers_du_Maroc
- Bonnet V., 2001. Analyse spatiale et fonctionnelle de la réponse des communautés végétales après incendie en basse Provence calcaire. Thèse de doctorat, Université Aix-Marseille III, France, 199 p. + annexes.
- Bouhraoua R. T., 2013. L'œuvre du reboisement de chêne-liège en Algérie entre les contraintes écologiques et les exigences techniques. Journées techniques du liège dans le Var, les 21 et 22 novembre 2013, France, 46 p. <https://www.suberaieva-roise.com/documents/04-%20BOUHRAOU%20Algerie.pdf>
- Brakchi L., Kadik L., Gachet S., 2015. Typologie fonctionnelle et taxinomique des pinèdes de l'Algérois et de l'Oranais (Algérie). *Revue d'Écologie (Terre et Vie)*, 70 (3) : 231-247. <http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/56758>
- Braun-Blanquet J., 1932. Plant sociology. The study of plant communities. New York, London, McGraw-Hill, 439 p.
- Briske D. D., 1996. Strategies of plant survival in grazed systems: a functional interpretation. In: Hodgson J. G., Illius A. W. (eds). The ecology and management of grazing systems. Wallingford, United Kingdom, CAB International, 37-68.
- BNEDER (Bureau national d'études pour le développement rural), 2011. Caractérisation et délimitation des monts blidéens et de Médéa. Rapport final, phase III : Avant-projet de qualification et de classement des zones de montagne. BNEDER, Algérie, 152 p.
- Chouahda S., Benyacoub S., 2014. Fire Recurrence Effects on the Resilience Capacity of Cork Oak (*Quercus Suber*) Forests in Northeast Algeria. *European Journal of Scientific Research*, 118 (4): 514-522.
- Díaz S., Lavorel S., De Bello F., Quétier F., Grigulis K., Robson T. M., 2007. Incorporating plant functional diversity effects in ecosystem service assessments. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104: 20684-20689. <https://doi.org/10.1073/pnas.0704716104>
- Díaz S., Noy-Meir I., Cabido M., 2001. Can grazing response of herbaceous plants be predicted from simple vegetative traits? *Journal of Applied Ecology*, 38: 497-508. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2001.00635.x>
- Dobignard A., Chatelain C., 2010-2013. Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord (4 vol.). Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, Suisse. <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/>
- Dutoit T., Roche P., Alard D., 1999. Influence de perturbations anthropiques sur la composition et la diversité botanique des pelouses calcicoles de la vallée de la Seine en Haute-Normandie (France). *Canadian Journal of Botany*, 77 : 377-388. <http://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.1139/b98-231>

- Gachet S., 2002. Organisation de la biodiversité forestière : vers une modélisation de la dynamique du sous-bois en fonction des pratiques sylvicoles. Thèse de doctorat, Université Aix-Marseille III, France, 200 p. + annexes.
- Gil L., Varela M. C., 2008. EUFORGEN Technical Guidelines for Genetic Conservation and use for Cork Oak (*Quercus suber*). Bioversity International, Italie, 6 p.
- Gounot M., 1969. Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Paris, France, Masson, 314 p.
- Grime J. P., 1974. Vegetation classification by reference to strategies. *Nature*, 250: 26-31.
- Halimi A., 1980. L'Atlas blidéen : climat et étages végétaux. Alger, Algérie, Office des publications universitaires, 523 p.
- Herranz J. M., Ferrandis P., Martinez-Sanchez J. J., 1998. Influence of heat on seed germination of seven Mediterranean Leguminosae species. *Acta Oecologica*, 19 : 181-187.
- Médail F., 1996. Structuration de la biodiversité de peuplements végétaux méditerranéens en situation d'isolement. Thèse de doctorat, Université Aix-Marseille III, France, 290 p. + annexes.
- Meddour R., 1994. Contribution à l'étude phytosociologique de la portion centro-orientale du parc national de Chréa. Essai d'interprétation synthétique des étages et des séries de végétation de l'Atlas blidéen. Thèse de magister, Institut national agronomique, Algérie, 330 p. + annexes.
- Meddour-Sahar O., Derridj A., 2012. Bilan des feux de forêts en Algérie : analyse spatio-temporelle et cartographie du risque (période 1985-2010). *Sécheresse*, 23 : 133-141. <http://www.jle.com/download/sec-293682-bilan-des-feux-de-forets-en-algerie-analyse-spatio-temporelle-et-cartographie-du-risque-periode-1985-2010.-ci-rad-W0dLE38AAQEAAEjYq6AAAAAB-u.pdf>
- Medjahdi B., 2010. Réponse de la végétation du littoral oranaux aux perturbations : cas des monts des Trara (nord-ouest de l'Algérie). Thèse de doctorat, Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, Algérie, 266 p. + annexes. <http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/5431/1/boumediene.pdf>
- Ouelmouhou S., Benhouhou S., 2007. Évolution floristique des subéraies incendiées dans la région d'El Kala (nord-est Algérie). *Ecologia Mediterranea*, 33 : 85-94. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4654393>
- Paula S., Arianoutsou M., Kazanis D., Tavsanoğlu Ç., Lloret F., Buhk C., *et al.*, 2009. Fire-related traits for plant species of the Mediterranean Basin. *Ecology*, 90: 1420. <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/08-1309.1>
- Pielou E. C., 1966. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology*, 10: 370-383.
- Pignatti S., 1982. Flora d'Italia. Bologna, Edagricole, Italia, 2 302 p.
- Quézel P., 1999. Les grandes structures de végétation en région méditerranéenne : Facteurs déterminants dans leur mise en place post-glaciaire. *Geobios*, 32 : 19-32. [https://doi.org/10.1016/S0016-6995\(99\)80081-3](https://doi.org/10.1016/S0016-6995(99)80081-3)
- Quézel P., 1976. Les chênes sclérophylles en région méditerranéenne. Les ressources biologiques. Paris, France, CIHEAM, Options Méditerranéennes, 35 : 25-29. <http://om.ciheam.org/om/pdf/r35/CI010678.pdf>
- Quézel P., Santa S., 1962-1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS, 2 tomes, 1 170 p.
- Raunkiaer C., 1934. The life forms of plants and statistical plant geography. Oxford, United Kingdom, Oxford University Press, 632 p.
- Schaffhauser A., Curt T., Vela E., Taton T., 2012. Fire recurrence effects on the abundance of plants grouped by traits in *Quercus suber* L. woodlands and maquis. *Forest Ecology and Management*, 282: 157-166. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.06.047>
- Shakesby R. A., Doerr S. H., 2006. Wildfire as a hydrological and geomorphological agent. *Earth-Science Reviews*, 74: 269-307. <https://www.researchgate.net/publication/223444487>
- Shannon C., Weaver W., 1949. The Mathematical Theory of Communication. Urbana, USA, University of Illinois Press, 117 p.
- Ter-Braak C. J. F., 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67: 1167-1179. <http://www.jstor.org/stable/1938672>
- Tomaselli R., 1976. La dégradation du maquis méditerranéen. In : Forêts et maquis méditerranéens : écologie, conservation et aménagement. Notes techniques du MAB n° 2, Presses de l'Unesco, 35-76.
- Trabaud L., Martinez-Sanchez J. J., Ferrandis P., Gonzalez-Ochoa A. I., Herranz J. M., 1997. Végétation épigée et banque de semences du sol : leur contribution à la stabilité cyclique des pinèdes mixtes de *Pinus halepensis* et *P. pinaster*. *Canadian Journal of Botany*, 75 : 1012-1021. <https://doi.org/10.1139/b97-112>
- Van der Pijl L., 1982. Principles of dispersal in higher plants. Heidelberg, Germany, Springer-Verlag, 22-90.
- Véla E., 2002. Biodiversité des milieux ouverts en région méditerranéenne. Le cas des pelouses sèches du Lubéron. Thèse de doctorat, Université Aix-Marseille III, France, 383 p.
- Zeddani A., Meurer M., Neff C., 2007. Impact des activités humaines sur la végétation de la forêt des Senhadja-Gherbès, Skikda, Algérie. *Bocconea*, 21 : 283-289.
- Zéraia L., 1982. Le chêne-liège : phytosociologie, édaphologie, phénologie, régénération et productivité. Alger, Algérie, Institut national de recherche forestière, 152 p.

Bois et Forêts des Tropiques - Revue scientifique du Cirad

Cirad - Campus international de Baillarguet, 34398 Montpellier
Cedex 5, France - Contact : bft@cirad.fr - ISSN : L-0006-579X