

Soutenance de thèse/HDR

Nom et prénom du doctorant ou de la doctorante: Laoué Justine

Discipline: Sciences de l'Environnement

Laboratoire: IMBE UMR CNRS 7263 – IRD 237 – Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Écologie marine et continentale

Ecole doctorale: ED 251 – Sciences de l'Environnement

Encadrement (directeurs(trices), co-directeurs(trices) et encadrants(es)): Dr. Elena Ormeño et Dr. Catherine Fernandez

Titre de la thèse (français) : Défenses physico-chimiques des feuilles du chêne pubescent en réponse à une sécheresse amplifiée : une étude à long-terme en région méditerranéenne.

Titre de la thèse (anglais) : Physico-chemical leaf defenses of *Quercus pubescens* in response to amplified drought: A long-term study in the Mediterranean region

Date de soutenance : 22 février 2024

Heure de soutenance : 9h00

Lieu de soutenance : Amphithéâtre Sciences Naturelles – Université Aix-Marseille campus Saint-Charles.

Faculté des Sciences Site St Charles

Aix Marseille Université

3 place Victor Hugo

13331 Marseille cedex 3

Liste des membres du jury (Titre + Nom + Affiliation) :

Dr. Cecilia BRUNETTI Rapportrice

National Research Council (Italie)

Dr. Joan LLUSIA BENET Rapporteur

Center de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (Espagne)

Pr. Sylvie BAUDINO Présidente de jury

Université Jean Monnet (France)

Dr. Sylvain DELZON Examineur

Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (France)

Dr. Elena ORMENO Directrice de thèse

Centre national de la recherche scientifique (France)

Pr. Catherine FERNANDEZ Co-directrice de thèse

Aix-Marseille Université (France)

Résumé (français) : Les changements climatiques dans la région méditerranéenne se traduisent par des étés de plus en plus chauds et secs mais aussi plus longs, marqués par une diminution des précipitations annuelles d'environ 30% d'ici la fin du XXI^{ème} siècle. Ces changements rapides pourraient fortement modifier la physiologie des arbres et impacter leur croissance ainsi que leur survie. Dans un tel contexte, il est donc important d'évaluer les stratégies d'adaptation des forêts face à la contrainte hydrique sur le long-terme. Afin de limiter les pertes en eau tout en luttant contre le stress oxydatif, les végétaux déploient un grand nombre de défenses au niveau des feuilles. Ces défenses sont, soit chimiques, avec l'accumulation de métabolites antioxydants centraux et spécialisés qui réduisent le stress oxydant, soit physiques (e.g. épaissement des feuilles, augmentation de la densité de trichomes ou diminution de la densité stomatique) afin de limiter les pertes en eau. Si de nombreuses études ont illustré la modulation des défenses chimiques et les ajustements morpho-anatomiques des feuilles sous déficit hydrique en laboratoire ou en pépinière, les études effectuées *in natura* sont plus rares. Ce projet de doctorat vise à étudier si une sécheresse amplifiée et récurrente à long terme (> 10 ans) sous climat méditerranéen augmente le niveau de stress physiologique du chêne pubescent (*Quercus pubescens* Willd.) au niveau des feuilles et entraîne une modulation des traits chimiques et morpho-anatomiques foliaires afin de lutter contre le déficit hydrique et le stress oxydant associé. Ce travail a été effectué sur le site de l'O₃HP (Oak Observatory at Observatoire de Haute Provence) labellisé *AnaEE-France*, *AnaEE-ERIC* et *Suivis à long terme du vivant d'INEE-CNRS*. Il s'agit d'un site d'expérimentation *in natura* à long terme au sein d'une chênaie pubescente équipé depuis avril 2012 d'un système dynamique d'exclusion des pluies au-dessus de la canopée. Ce système permet de réduire de ~30 % les précipitations annuelles sur une partie de cette forêt et de comparer le fonctionnement des arbres situés sur cette parcelle à celui des arbres adjacents soumis au régime naturel de précipitations. Ces travaux de thèse ont permis de mettre en évidence un impact négatif de la sécheresse sur le fonctionnement physiologique du chêne pubescent induisant des changements dans les défenses chimiques et physiques des feuilles. Les changements observés pourraient permettre au chêne pubescent de (1) protéger son appareil photosynthétique en augmentant la production de métabolites antioxydants centraux (chlorophylles, lutéine, β -carotène, and néoxanthine), (2) minimiser la perte d'eau au niveau des feuilles en augmentant la densité des trichomes non glandulaires, et (3) réduire les coûts de production en diminuant la densité des trichomes glandulaires et en réduisant la taille et l'épaisseur des feuilles. Ces résultats révèlent une grande capacité du chêne pubescent à faire face à la sécheresse dans un contexte de changements climatiques. Toutefois, un autre résultat clé de ce travail est la diminution de la concentration en flavonols pendant la saison estivale ce qui pourrait favoriser la pression biotique subie par le chêne pubescent sur le très long-terme compte tenu du rôle toxique de ces composés pour les herbivores. En perspectives, de futures études devraient être menées pour évaluer cet aspect et prendre en compte les effets conjoints de la sécheresse et la hausse des températures qui seront exacerbées pour la fin du siècle dans la région méditerranéenne.

Résumé (anglais) : Climate change in the Mediterranean region is resulting in increasingly hot and dry summers, as well as longer durations marked by a decrease in annual precipitation of about 30% by the end of the XXIst century. These rapid changes could significantly alter the physiology of trees, impacting their growth and survival. In such a context, it is crucial to assess the adaptation strategies of forests to long-term water stress. In order to minimize water loss while countering oxidative stress, plants deploy numerous defenses at the leaf level. These defenses are either chemical, involving the accumulation of central and specialized antioxidant metabolites that reduce oxidative stress, or physical (e.g. thickening of leaves, increased trichome density, or decreased stomatal density) to limit water loss. While many studies have illustrated the modulation of chemical defenses

and morpho-anatomical adjustments of leaves under water deficit in laboratories or plant nurseries, *in situ* studies are less common. This PhD project aims to investigate whether amplified and recurrent long-term drought (> 10 years) under a Mediterranean climate increases the physiological stress level of Downy oak (*Quercus pubescens* Willd.) leaves and leads to modulation of chemical and morpho-anatomical leaf traits to cope with water deficit and associated oxidative stress. This work was conducted at the O₃HP site (Oak Observatory at Observatoire de Haute Provence), labeled *AnaEE-France*, *AnaEE-ERIC*, and *Long-Term Monitoring of Living Systems* by INEE-CNRS. It is a long-term, *in natura* experimental site within a Downy oak forest, equipped since April 2012 with a dynamic rain exclusion system above the canopy. This system reduces annual precipitation by ~30% in part of the forest, allowing a comparison of tree functioning on this plot with that of adjacent trees subjected to the natural precipitation regime. The thesis work revealed a negative impact of drought on the physiological functioning of *Q. pubescens*, inducing changes in chemical and physical leaf defenses. The observed changes could enable Downy oak to (1) protect its photosynthetic apparatus by increasing the production of central antioxidant metabolites (chlorophylls, lutein, β -carotene, and neoxanthin), (2) minimize leaf water loss by increasing the density of non-glandular trichomes, and (3) reduce production costs by decreasing glandular trichome density and reducing leaf size and thickness. These results highlight the Downy oak's significant ability to withstand drought in the context of climate change. However, another key finding is the reduction in flavonol concentrations during the summer, which could promote biotic pressure on Downy oak in the very long term due to the toxic role of these compounds for herbivores. In perspective, future studies should evaluate this aspect and consider the combined effects of drought and rising temperatures, which will be exacerbated by the end of the century in the Mediterranean region.

Illustration/photo (1 maximum; JPEG, TIFF, PNG) :

