

**AVIS DE SOUTENANCE DE THESE DE DOCTORAT**

\*\*\*\*\*

Arivoara RABARIJAONA

soutiendra publiquement sa thèse intitulée :

**L'efficience intrinsèque d'utilisation de l'eau du chêne sessile conditionne-t-elle sa résilience à la sécheresse ?***(Does the intrinsic water use efficiency (WUEi) of sessile oak determine its resilience to drought?)*

dirigée par :

Directeur de thèse : Oliver BRENDEL, Chargé de Recherche INRAE Grand-Est (HDR)  
Co-directeur de thèse : Stéphane PONTON, Chargé de Recherche INRAE Grand-Est

**Date de soutenance :**le mardi **05 décembre 2023 à 9h00****Lieu de soutenance :**

AgroParisTech Centre de Nancy  
14 Rue Girardet 54000 NANCY  
Bâtiment Nanquette, **Amphi G**

**Devant le jury composé de :**

Arndt HAMPE	Directeur de Recherche, INRAE Nouvelle Aquitaine	Rapporteur
Caroline VINCKE	Professeure, Université Catholique de Louvain (Belgique)	Rapportrice
Cécile VINCENT-BARBAROUX	Maître de Conférences, Université d'Orléans	Examinatrice
Patrick FONTI	Senior Scientist, Institut fédéral WSL (Suisse)	Examineur
Myriam LEGAY	IGREF, AgroParisTech Nancy	Examinatrice

**Mots-clés :** composition isotopique du carbone, efficience d'utilisation de l'eau, adaptation à la sécheresse, populations, croissance radiale, statut social.

**Keywords:** carbon isotope composition, water-use efficiency, adaptation to drought, populations, radial growth, social status.

## Résumé :

La migration assistée constitue une solution pour adapter les peuplements forestiers face à l'augmentation en intensité et fréquence des sécheresses. Elle nécessite néanmoins l'identification des populations les plus résilientes à la sécheresse, et la caractérisation de leur diversité. L'efficacité d'utilisation de l'eau (WUE) est un trait pertinent à évaluer pour ce choix car elle traduit un compromis entre l'assimilation carbonée et la perte d'eau par transpiration. En combinant dendrochronologie et isotopie, cette thèse évalue le rôle de WUE sur les performances de croissance et la résilience à la sécheresse du chêne sessile (*Quercus petraea*).

D'abord, WUE a été comparé entre 16 populations dont les individus, issus de graines provenant de sites répartis sur un large gradient pédoclimatique, ont grandi dans la plantation comparative de Sillegny. Des différences significatives de WUE ont été trouvées entre les populations, mais elles n'étaient pas corrélées avec les conditions pédoclimatiques des sites d'origine. Cependant, les populations de provenance à sols sableux montraient de plus fortes augmentations de WUE en réponse à la sécheresse de 2003 par rapport à 2000, comparées aux populations des provenances sur sols limoneux. Par ailleurs, uniquement lors des années humides, les arbres qui ont eu une WUE élevée ont montré une plus forte croissance radiale par rapport aux arbres ayant eu une faible WUE. Quoique ces résultats suggèrent une adaptation du chêne sessile, reflétée par la plasticité de WUE à la sécheresse, les variabilités de WUE intra-populations étaient plus importantes que celles entre populations.

Ensuite, la variabilité phénotypique de WUE a été étudiée à l'intérieur de deux populations à conditions pédoclimatiques contrastées, à Blois (humide) et La Harth (sec), où tous les arbres de la placette d'étude ont été échantillonnés. Le lien entre WUE et croissance radiale a été particulièrement examiné. Alors que le contrôle stomatique semblait être le facteur clé dans les variations interannuelles de WUE, ses variations inter-individuelles étaient plutôt pilotées par l'assimilation nette de CO<sub>2</sub>, fortement impactée par le statut social. Ainsi, les relations entre WUE et croissance apparaissent plus significatives quand le peuplement devient mature, et quand la lumière devient plus limitante que l'eau (*i.e.* site humide, à Blois).

Enfin, l'effet de WUE au stade jeune sur la trajectoire de croissance des arbres a été évalué pour les mêmes sites de Blois et La Harth. À La Harth, les arbres avec un WUE plus élevé au stade jeune sont les plus dominants en 2021, suggérant une sélection en faveur d'un fort WUE dans ce milieu. En revanche, ce n'est pas le cas à Blois, où l'effet de WUE au stade jeune sur le statut social des arbres s'arrête après 60 ans. La réponse des arbres à la sécheresse n'était pas affectée par WUE au stade jeune à Blois et seulement durant les premières décennies à La Harth. Par ailleurs, la plasticité de la WUE à la sécheresse semble moins impliquée dans le processus de sélection, à mesure que les arbres vieillissent et sont exposés à des variations environnementales.

WUE est un trait complexe influencé par divers facteurs, notamment la génétique, les conditions micro-environnementales et le développement ontogénétique des arbres. Étant donné que les variations intra-populations sont plus marquées que les différences entre populations, et que le lien entre WUE et la résilience à la sécheresse est relativement faible, le choix des populations de chêne sessile plus adaptées à la sécheresse ne peut se faire sur la base de WUE uniquement.

## Abstract:

Assisted migration constitutes a possibility to adapt forest ecosystems to the increase in drought intensity and frequency. However, this strategy requires identification of drought-resistant populations and characterization of the variability within them. Water-use efficiency (WUE) is a key trait to assess, as it reflects a trade-off between carbon assimilation and water loss through transpiration. By combining dendrochronology and stable isotope analysis, this thesis investigates the effect of WUE on the growth performance and resilience to drought of sessile oak (*Quercus petraea*).

Firstly, WUE was compared among 16 populations whose individuals, from seeds originating from sites along a wide range of pedoclimate gradient, had grown in the common garden of Sillegny. Significant differences in WUE were found among these populations, but these differences were not correlated with the pedoclimatic conditions of the sites of origin. However, populations from provenances with sandy soils showed a larger increase in WUE in response to the drought of 2003 (compared to the wet year of 2000) than populations from provenances with silty soils. In addition, only during wet years, trees with higher WUE showed larger radial growth compared to those with lower WUE. Although these results suggest an adaptation of the sessile oak, reflected by the plasticity of WUE to drought, the variability of WUE within populations was higher compared to the differences among populations.

Then, the phenotypic variability of WUE was studied within two populations with contrasting soil and climate conditions, at the Blois (wet) and the Harth (dry) sites. All the trees within each plot were sampled, with a particular focus on the relationship between WUE and radial growth. While stomatal control appeared to be the key factor in inter-annual variations in WUE, the inter-individual variability in WUE was driven more by net CO<sub>2</sub> assimilation, which is strongly affected by tree social status. The relationship between WUE and growth appeared more significant as the trees become mature, and when light availability became a limiting factor rather than water (in a humid site, at Blois).

Finally, the effect of WUE expressed by trees at a young age on growth trajectory was assessed within the Blois and the Harth stands. At the Harth site, trees with higher WUE during their young age were the most dominant in 2021, suggesting selection for higher WUE in dry environment. In contrast, at the Blois site, the effect of WUE at the young age on the social status of the trees ceased after 60 years. The response of trees to drought was not significantly affected by WUE at the young age at the Blois site and only during the first decades at the Harth site. Moreover, the plasticity of WUE to drought might play a diminishing role in the selection process as trees age and were exposed to changing environmental conditions.

WUE is a complex trait influenced by multiple factors, including genetics, microenvironmental conditions, and tree age. Given that intra-population variations were more pronounced than differences among populations, and that the relationship between WUE and resilience to drought was tenuous, the selection of drought-adapted sessile oak populations cannot be only based on WUE.