



Coloration au bleu de trypan des disques foliaires de plants de peuplier exposés à l'ozone. Les cellules colorées en bleu sont des cellules affaissées qui indiquent une réponse hypersensible. Trypan blue staining of foliar discs exposed to ozone. Blue cells are collapsed cells which are indicating of Hypersensitive Response-like.

Impact of ozone and drought on carbon allocation in poplar: consequences for growth and biomass production

Responsables scientifiques : JOLIVET Yves / CABANE Mireille (co-supervision), UMR Silva

Partenaires Labex : Research Unit Forest Dynamics, WSL, Birmensdorf, Switzerland (Head Prof. Dr. Andreas Rigling),

Contexte —

Afin de développer des alternatives viables à l'utilisation des combustibles fossiles, il y a un intérêt croissant pour les plantations d'arbres à croissance rapide avec des rendements élevés en biomasse. Dans ce contexte, le peuplier apparaît comme une espèce modèle particulièrement pertinente. En général, les programmes de sélection des génotypes de peuplier sont basés sur leur productivité, mais rarement sur leurs réponses aux contraintes abiotiques combinées. Cependant, les changements dans la disponibilité de l'eau et la qualité de l'air (pollution par l'ozone (O_3)), vont dans le futur de plus en plus affecter les plantations d'arbres. En effet, ces contraintes abiotiques peuvent réduire de manière significative la croissance et la productivité des plantes (Wittig et al. 2009, Bréda et al. 2006). Au niveau des feuilles, elles réduisent la photosynthèse et limitent l'allocation de carbone à la croissance et à la production de biomasse consécutivement à une plus forte allocation des assimilats aux processus de défense.

En vue d'une meilleure évaluation des pertes économiques dues au stress O_3 , les indicateurs modernes de seuil de risque sont basés sur les flux d' O_3 dans les feuilles. Toutefois, ces indicateurs ne permettent pas de caractériser correctement les mécanismes de détoxication, ni la dose d' O_3 effective qui correspond aux molécules d' O_3 non détoxifiées. En particulier, l'une des principales lacunes de l'approche des flux d' O_3 concerne encore le développement séquentiel des lésions foliaires lors de l'absorption de l' O_3 jusqu'aux dommages visibles, qui est en partie sous le contrôle des processus de détoxication foliaire.

Objectifs —

L'objectif principal de cette thèse est de fournir une compréhension mécaniste et intégrative innovante de la dynamique des processus cellulaires conduisant à des lésions visibles de l' O₃ dans les feuilles. Les modifications de l'allocation du carbone et de la productivité de la biomasse seront étudiées en tant que conséquence du développement des symptômes. L'interaction entre les contraintes oxydatives (O₃ et sécheresse) sera également étudiée. Principales questions scientifiques à aborder :

1. Quels sont les liens entre les modifications structurales et histochimiques et le métabolisme cellulaire lors du développement des symptômes foliaires en réponse à l'O₃ ?
2. Quelle quantité de carbone est attribuée aux processus de détoxification en conséquence du stress oxydatif ?
3. Dans quelle mesure la croissance des plantes est-elle affectée par les processus de dommages et de détoxification au niveau foliaire et en réponse aux interactions entre l'O₃ et la sécheresse ?

Démarche — Pour répondre à ces questions, le doctorant utilisera des approches interdisciplinaires, en appliquant diverses techniques de microscopie optique et électronique, d'analyse RNAseq, de détermination des métabolites, de physiologie des feuilles et de marquage des isotopes.

Résultats marquants —

- ✓ Après quelques jours de latence et en dessous du seuil critique, des lésions de type réponse hypersensible (HR-like) se sont développées, d'abord de manière exponentielle, avant de se stabiliser plus ou moins. En lien avec la dégradation de la chlorophylle, la sénescence cellulaire accélérée (ACS) est survenue plus tard que la HR.
- ✓ Les réponses à l'O₃ diffèrent sont plus tardives dans les feuilles les plus jeunes. Ces feuilles apparaissent plus tolérantes, suggérant une plus grande capacité de détoxification.
- ✓ In relation to biomass, the O₃ treatment applied seems not to have affected the carbon allocation between the organs of the shoot.
- ✓

Principales conclusions incluant des points-clés de discussion —

Cette étude confirme ainsi la complexité de la dynamique de réponse au stress O₃ et son étroite dépendance à la fois du développement ontologique et des conditions environnementales. Les analyses transcriptomiques en cours devraient fournir des preuves factuelles pour confirmer le délai entre le début de la HR et de l'ACS ainsi que les différences de capacité de détoxification entre les feuilles.

Perspectives —

Les résultats de ce projet permettront de mieux établir la dynamique de la formation des lésions et de la capacité antioxydante au niveau foliaire. Par la suite, l'évaluation du carbone dans le mécanisme de détoxification cellulaire et les conséquences sur les flux de carbone vers d'autres organes seront abordées par une étude de marquage au carbone (13C). Il reste à étudier comment la sécheresse, combinée à des épisodes de pollution à l'ozone, peut également modifier la dynamique de la réponse. Ces deux composantes (allocation et combinaison des contraintes) n'ont pas pu être réalisées dans le cadre de cette étude, mais cela peut être une opportunité d'investigations futures pour la poursuite des relations entre l'Unité Silva et le WSL.

Valorisation —

Oral presentation in international conferences :

- 12th SFBV Congress 16-18 July 2019, Strasbourg (France).

- "Air Pollution threats to Plant Ecosystems", International conference, 4-8 May 2020, Paphos (Cyprus).

Effet levier du projet —

Within the larger NFZ European network, this project **consolidate a priority collaboration axis** between ARBRE and WSL, a leading Swiss institution in respect to environmental science on forest ecosystems and the effects of abiotic stress.

Within the scientific community working on the establishment of ozone toxicity thresholds for vegetation, the results of this work should contribute significantly to a better estimate **the effective dose of ozone**