



HAL
open science

Evaluation du statut hydrique des forêt alluviales rhodaniennes : approche combinée par télédétection et écophysiologie

Antoine Vernay, Hervé Piégay

► To cite this version:

Antoine Vernay, Hervé Piégay. Evaluation du statut hydrique des forêt alluviales rhodaniennes : approche combinée par télédétection et écophysiologie. Université Claude Bernard Lyon 1; ENS de Lyon; CNRS. 2023. hal-04546386

HAL Id: hal-04546386

<https://hal.science/hal-04546386>

Submitted on 15 Apr 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

Evaluation du statut hydrique des forêt alluviales rhodaniennes : approche combinée par télédétection et écophysiologie

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du LabEx DRIIHM, programme « Investissements d'avenir » portant la référence ANR-11-LABX-0010 »

Résumé : À l'heure de l'Anthropocène, les changements globaux modifient considérablement le fonctionnement des écosystèmes. Détecter les signes précurseurs d'un changement de l'état de santé des forêts alluviales est donc crucial pour pouvoir les protéger et ainsi limiter l'impact sur les fonctions écosystémiques associées. Or les réponses précoces aux stress chez les arbres sont bien souvent d'ordre écophysiologique. Si échantillonner chaque arbre d'une forêt est impossible, l'utilisation de capteurs embarqués sur des vecteurs aériens, comme un ULM, permet d'évaluer l'état de santé de la canopée à l'échelle du peuplement. L'une des méthodes les plus adaptées au diagnostic de l'état sanitaire de la végétation consiste à mesurer les rayonnements infra-rouge thermiques de la canopée par caméra thermique. En effet, contrôlés majoritairement par la conductance stomatique, une baisse de la transpiration, qui se traduit par une augmentation de la température foliaire, permet aux arbres de limiter leurs pertes hydriques et d'augmenter leur efficacité d'utilisation de l'eau pour faire face au déficit. Ce projet vise donc à estimer la corrélation entre mesures écophysiologiques et de télédétection pour évaluer l'utilisation de la télédétection comme un moyen de détecter précocement les stress hydriques à l'échelle du peuplement, en se focalisant sur le peuplier blanc (*Populus alba*).

Contexte et objectifs du projet

Associé au réchauffement climatique, la canalisation du Rhône a conduit à l'incision de son lit, abaissant considérablement le niveau des nappes souterraines par rapport aux berges. Les forêts alluviales, qui dépendent pour leur survie d'un accès pérenne à la nappe phréatique, se trouvent en situation d'accès limitée à la ressource en eau, notamment lors des épisodes de sécheresse. Être capable de détecter les signes précurseurs d'un changement de l'état de santé de ces forêts alluviales est donc crucial pour pouvoir anticiper les impacts sur le fonctionnement de l'écosystème et ainsi limiter les répercussions sur les services écosystémiques associés. Or les réponses précoces aux stress chez les arbres sont bien souvent d'ordre écophysiologique (réduction de la photosynthèse et de la conductance stomatique). Échantillonner chaque arbre d'une forêt est impossible, et le nombre de réplica nécessaires pour réaliser ces études est très important, ce qui nécessite des efforts d'échantillonnage considérables pour travailler à l'échelle des peuplements forestiers. Pour pallier cette contrainte méthodologique, la télédétection aéroportée (utilisation de capteurs embarqués sur des vecteurs aériens) permet de mesurer la température de la canopée à de telles échelles grâce l'infra-rouge thermique (IRT). La température de canopée est un bon proxy du fonctionnement de la forêt alluviale car elle reflète la transpiration de l'arbre : plus ce dernier transpire, plus il réduit la température de ses feuilles. Généralement, en condition de stress hydrique, l'arbre diminue ses échanges gazeux en fermant ses stomates pour limiter sa transpiration

Contacts

Antoine VERNAY, UMR 5023 LEHNA (antoine.vernay@univ-lyon1.fr)
Hervé PIEGAY, UMR 5600 EVS (herve.piegay@ens-lyon.fr)

et augmenter son efficacité d'utilisation de l'eau. Ces mécanismes peuvent alors induire une augmentation de la température de canopée. Ce projet vise donc à estimer la corrélation entre mesures écophysiological et de télédétection afin d'évaluer la capacité des mesures par télédétection à détecter précocement les stress hydriques à l'échelle des peuplements en milieu alluvial.

Méthodologies

Une étude couplée sur trois tronçons du Rhône (Brégnier-Cordon – Upstream, Péage de Roussillon – Midstream, et Donzère-Mondragon –Downstream), constituant un gradient climatique latitudinal le long du fleuve, a été menée en 2023 (**Figure 1**) après une année test en 2022. Des échantillonnages de feuilles ont été réalisés sur différents individus de peupliers blancs, au sein de peuplements, connectés ou déconnectés de la nappe, dans chacune des localités afin d'en mesurer le potentiel hydrique minimal, grâce à une chambre à pression. En parallèle, des échantillons de phloème ont été prélevés pendant la saison de croissance afin de déterminer le rapport $13C/12C$ contenu dans la sève élaborée produite lors de la photosynthèse. De cette variable a été estimée l'efficacité intrinsèque d'utilisation de l'eau en lien avec le statut hydrique des individus échantillonnés grâce à un modèle reliant conductance, ratio $13C/12C$ et paramètres photosynthétiques. Les mesures écophysiological ont été réalisées toutes les trois semaines, d'avril à octobre 2023. Les feuilles prélevées pour le potentiel hydrique ont aussi été utilisées au laboratoire afin d'évaluer la teneur en matière sèche. Des images IRT ont été acquises par ULM sur les trois secteurs d'étude, au midi solaire et à une altitude permettant d'obtenir des images à haute résolution (5 à 10 cm·pixel⁻¹) sur l'ensemble de la plaine alluviale (capture d'un gradient de distance au chenal en eau). Ces images ont ensuite été corrigées, alignées et post-traitées suivant des méthodes établies au sein du laboratoire EVS. Ces mesures IRT ont été réalisées en période de forte chaleur et de sécheresse afin d'augmenter le contraste des réponses des canopées en fonction du stress hydrique. Les mesures IRT ont été synchronisées avec les mesures écophysiological réalisées le même jour.

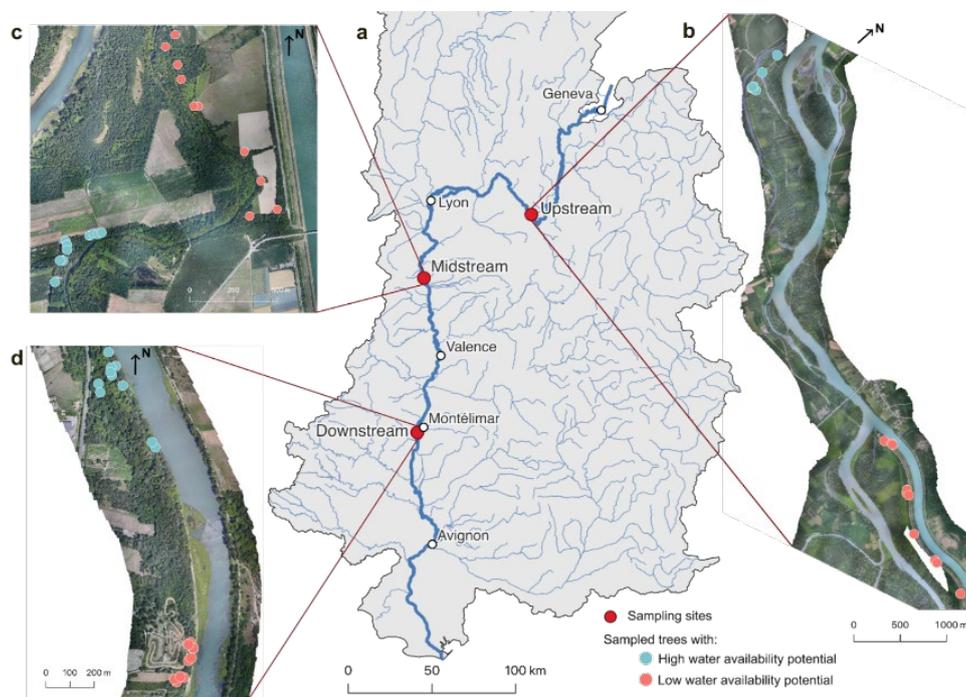


Figure 1 : (a) Localisation des 3 sites d'études le long du Rhône et des 20 arbres par site selon le niveau d'eau disponible (LWAP, Low Water Availability Potential et HWAP, High Water Availability Potential) pour le site le plus au nord du gradient (upstream), au centre (midstream) et au sud (downstream)

Principaux résultats

Les données sont en cours d'analyse. Toutefois, les premiers résultats apportent un premier éclairage sur la réponse des arbres au stress hydrique. Si la température mesurée de canopée ne semble pas être reliée directement à l'état

de stress hydrique des arbres estimé par les variables écophysiologicals, le différentiel de température avec l'air (ΔT , température de canopée-température de l'air) semble lui plus corrélé aux données écophysiologicals. Lorsque ΔT augmente à l'échelle de la canopée (canopée plus chaude que l'air), le potentiel hydrique augmente, réponse associée à un stress moindre des arbres au manque d'eau (Figure 2). Si l'on se focalise sur l'échelle du peuplement, ceux situés sur la partie aval du fleuve répondent au stress en limitant leur transpiration, ce qui leur permet de maintenir un potentiel hydrique relativement fort notamment pendant la période de sécheresse et post-sécheresse. En revanche, sur les secteurs amont, les dynamiques de diminution du potentiel hydrique sont plus prononcées que sur les sites aval tout en maintenant des échanges gazeux avec l'atmosphère importants, comme en témoigne les valeurs plus faibles de ΔT . Ces peuplements maintiendraient donc un fonctionnement écophysiological important malgré le stress tout en montrant des signes de conservation de la ressource hydrique dans les tissus. Ceci est corroboré par une augmentation progressive de la teneur en matière sèche des feuilles plus importante sur la partie amont du gradient que sur la partie aval, traduisant une stratégie plus conservatrice face à la faible disponibilité en eau. L'une des spécificités majeures de l'étude est de se focaliser sur une seule espèce, le peuplier blanc, démontrant une variabilité de stratégie écologique intraspécifique encore peu étudiée dans le cadre de la sécheresse. Bien qu'il soit encore trop tôt dans l'analyse pour conclure de manière certaine, cette étude souligne néanmoins des modes de fonctionnement écologique différents pour faire face au stress hydrique : les peuplements méridionaux répondent par une limitation du fonctionnement des arbres, leur permettant de diminuer leur besoin en eau quand les peuplements septentrionaux maintiennent un fonctionnement plus dispendieux en eau mais en étant plus efficaces dans la conservation de la biomasse. L'association de méthode de télédétection et de mesures écophysiologicals a donc permis d'interpréter écologiquement les mesures IRT et souligne l'importance de contextualiser les résultats de ΔT à l'aune des conditions abiotiques historiques et actuelles des sites étudiés.

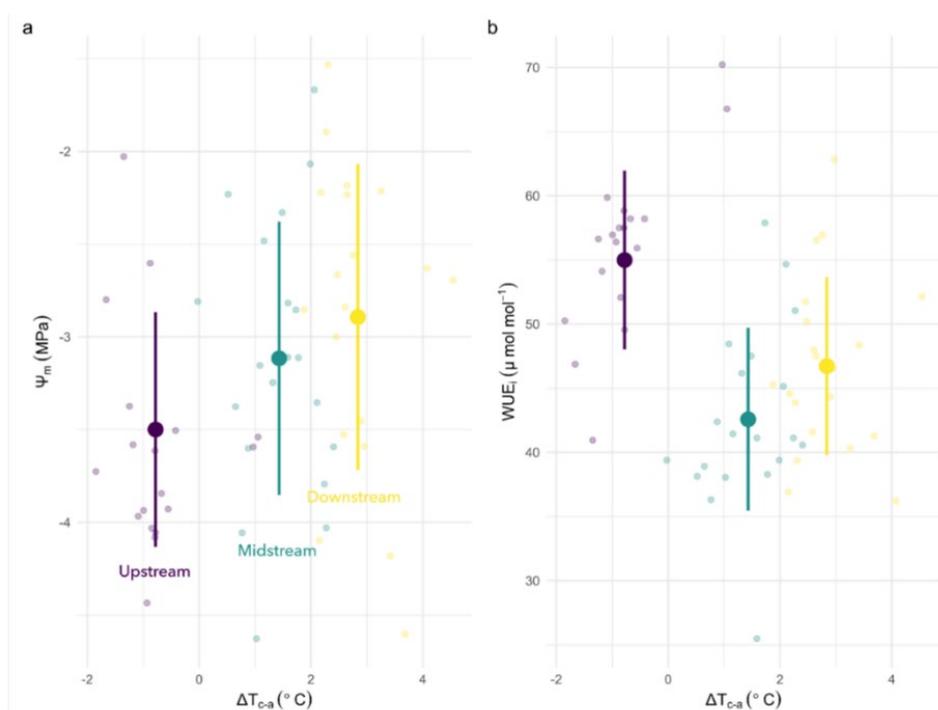


Figure 2 : Nuage de point (valeur individuelle de chaque arbre) et moyenne (gros points) du (a) potentiel hydrique minimal foliaire et (b) de l'efficacité d'utilisation de l'eau en fonction du delta de température de canopée avec l'air (ΔT_{c-a}) pour chaque site (violet, upstream ; vert midstream ; jaune, downstream)

Perspectives

Cette étude a permis de clarifier la corrélation entre mesures IRT de la canopée et réponse écophysiological des peupliers blancs à un stress hydrique le long d'un gradient latitudinal. Toutefois, celle-ci ne repose que sur une date

où les deux méthodes ont été utilisées. Une expérience similaire a été menée l'année précédente sur l'Ain et le Rhône tendant à conforter ces résultats. Afin de conforter ces premières conclusions, des mesures IRT répétées à la même fréquence que les mesures écophysiologicals seraient pertinentes afin de caractériser la dynamique de la réponse des arbres. Pour que cette méthode devienne opérationnelle, celle-ci doit alors être moins contraignante à mettre en place que l'utilisation d'ULM via par exemple des mesures par drone, toujours en lien avec des observations écophysiologicals in situ. De plus, dans un contexte de restauration du Rhône, ce type d'analyse multi-outils permettrait également d'évaluer à l'échelle des peuplements l'impact des actions de restauration entreprises en comparant des sites avant et après leurs mises en place, et de consolider les diagnostics émis par une validation croisée. L'aspect multispécifique devra alors être considéré. La répétition de campagnes au cours du temps permettra également de caractériser l'impact des changements globaux sur le long terme.

Plus-value pour le territoire/la gestion

Si les résultats se confirment, ce projet aura permis de valider l'utilisation des mesures IRT comme un proxy potentiel de la réponse au stress hydrique des forêts. La télédétection permet de suivre la réponse des peuplements des forêts alluviales sur de larges échelles spatiales permettant ainsi un gain de temps considérable dans ce travail de suivi par rapport à des mesures in situ tout en maintenant une validation par des mesures écophysiologicals. Un suivi pluri- et intra-annuel pourraient aussi permettre de détecter des réponses au stress de peuplements connus pour être dans des environnement stressant mais aussi de déterminer de nouveaux peuplements commençant à souffrir de la limitation en eau ainsi que des seuils de réponses écophysiologicals permettant une compréhension fonctionnelle d'un potentiel dépérissement. Des mesures de gestion pourraient alors être prises pour protéger ces milieux aux services écosystémiques primordiaux pour la santé du fleuve.

Publications majeures

- Gerle, Flavie, Pauline Malherbe, Christelle Boisselet, David Lafleurriel, Julien Godfroy, Pierre Lochin, Baptiste Marteau, Hervé Piegay, Sara Puijalon, et Antoine Vernay. « Intrinsic Water Use Efficiency Estimate: An Isotopic Method », 2 novembre 2023. <https://www.protocols.io/view/intrinsic-water-use-efficiency-estimate-an-isotopi-c4fhytj6>.

2 publications sont en cours de rédaction dans des revues internationales et seront soumises cette année.

Fiches de métadonnées associées

- Données écophysiologicals recueillies sur des peupliers blancs (*Populus alba*) le long du Rhône (2022-2023) ([Lien URL vers la fiche de métadonnées](#))
- Orthophotos et orthomosaiques thermiques de la basse vallée de l'Ain et du Haut-Rhône (2022) ([Lien URL vers la fiche de métadonnées](#))
- Orthophotos et orthomosaiques thermiques du Rhône à Brégnier-Cordon, Péage-de-Roussillon et Donzère-Mondragon (2023) ([Lien URL vers la fiche de métadonnées](#))