

« La cigale et la fourmi » chez les peupliers : comment gérer ses ressources en eau lors d'une sécheresse

Antoine Vernay¹, et la classe de 3^{ème} A du collège Olympe de Gouges de Mme Laetitia Legrand² (*la liste des élèves est mentionnée en fin d'article*)

Article original/Original article : Lochin, Pierre, Pauline Malherbe, Baptiste Marteau, et al. « The ant and the grasshopper: Contrasting responses and behaviors to water stress of riparian trees along a hydroclimatic gradient ». *Science of The Total Environment* 952 (novembre 2024): 175916. AV.tp-01636. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175916>.

Institution :¹Université Lyon 1, UMR 5023 CNRS LEHNA, 6 rue Raphaël Dubois, 69100 Villeurbanne, France
²Collège Olympe de Gouges, 250 chemin du Château, 33140 Cadaujac



Résumé :

À cause du changement climatique, les sécheresses deviennent de plus en plus fréquentes et intenses. Nous cherchons donc à comprendre comment les arbres réagissent au manque d'eau. Dans cette étude, on s'intéresse au peuplier blanc (*Populus alba*), une espèce très présente le long du Rhône.

Comme dans la fable de La Cigale et la Fourmi, les arbres n'adoptent pas tous la même stratégie face à la sécheresse. Certains économisent rapidement l'eau en fermant leurs stomates, tandis que d'autres continuent à fonctionner malgré le stress hydrique. Pour étudier ces comportements, on utilise plusieurs types de méthodes : des mesures réalisées directement sur les arbres, des images satellites permettant de suivre l'état de la végétation et des images thermiques montrant les variations de température du feuillage.

Les résultats montrent que les peupliers blancs réagissent différemment selon leur localisation le long du Rhône. Dans les zones au climat méditerranéen, les arbres ont tendance à

1

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.

Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.



limiter rapidement leurs pertes d'eau. Dans les zones au climat plus tempéré, ils continuent davantage à transpirer malgré la sécheresse. Les arbres situés dans les zones intermédiaires présentent des comportements variés.

Cette étude montre qu'une même espèce peut adopter différentes stratégies pour faire face au manque d'eau. Elle souligne également l'intérêt d'utiliser plusieurs outils d'observation pour mieux comprendre les effets des sécheresses et aider à protéger les forêts face au changement climatique.

Mots clés : Ecologie ; Peuplier blanc ; Sécheresse ; Télédétection

I Introduction

À cause du changement climatique, les sécheresses se produisent de plus en plus souvent et sont plus intenses. Les arbres doivent donc faire face à un manque d'eau croissant, on appelle cela le stress hydrique.

Comme dans la fable de La Fontaine, il y a deux types d'arbres. Certains sont prudents comme la fourmi : ils économisent l'eau dès qu'elle manque. D'autres ressemblent à la cigale : ils continuent de consommer beaucoup d'eau, même si c'est risqué pour leur survie.

Dans cet article, on va essayer de comprendre comment les arbres régulent leur consommation d'eau en période de sécheresse, et comment ils parviennent à survivre lorsque l'eau devient plus rare ?

Lorsque l'eau disponible diminue, on observe des changements sur les feuilles. Il y a une modification du comportement des **stomates**, de petits trous qui permettent les échanges de gaz avec l'air. Ces stomates s'ouvrent et se ferment grâce à des cellules qui se gonflent ou se vident d'eau.

Stomates : Petites ouvertures sur les feuilles qui permettent les échanges de gaz et la sortie de vapeur d'eau.

En fermant ses stomates, l'arbre arrête de transpirer pour garder son eau. La transpiration, c'est quand l'eau s'échappe de la feuille sous forme de vapeur. Plus l'air est sec par

rapport à l'intérieur de la feuille, plus l'eau sort facilement : c'est le gradient de concentration.

Attention, tous les arbres ne réagissent pas de la même manière. Certains, ferment rapidement leurs stomates pour conserver leur eau, tandis que d'autres les gardent ouverts plus longtemps, ce qui entraîne une diminution plus importante de leur réserve en eau. Ces différences existent entre espèces, mais aussi entre individus d'une même espèce. Cela dépend de leur environnement.

Lorsque la sécheresse devient plus forte et que l'eau disponible dans le sol diminue, ces différences ont des conséquences très importantes. Si l'arbre manque trop d'eau, il grandit moins vite, il tombe malade et il peut même mourir, en particulier pour les arbres situés près des rivières, qui sont très dépendants et habitués à l'eau.

Pour faire face à ces conditions, les arbres disposent de différentes formes d'adaptation. Ces stratégies varient selon les espèces et leur mode de vie.

Pour comprendre ces mécanismes, les chercheurs ont utilisé des mesures sur le terrain mais aussi des satellites pour observer les forêts de très haut et avoir une vue d'ensemble. Le problème, c'est que les satellites ne voient pas toujours les détails pour chaque arbre.

On s'est donc posé plusieurs questions : est-ce que les arbres adoptent tous les mêmes





stratégies face au manque d'eau ? Est-ce que ces stratégies peuvent varier selon l'endroit où ils vivent ? Et enfin est-ce qu'on peut observer des différences pour les arbres vivants près des rivières, sont-ils plus en danger en raison de leur dépendance à l'eau ?

L'objectif de cette étude est donc de mieux comprendre comment les arbres, notamment ceux vivant près des rivières, réagissent à la sécheresse et de voir comment nos forêts vont réussir (ou non) à s'adapter au changement climatique.

II Méthode

II.1 Contexte régional et sites d'études

La zone étudiée se situe le long du Rhône, un grand fleuve européen qui coule entre Genève et la mer Méditerranée. Le territoire qui alimente ce fleuve, appelé bassin versant, est très grand : environ 98 500 km². À son embouchure, le Rhône a un débit moyen de 1 700 m³ d'eau par seconde.

Le fleuve suit surtout un axe nord-sud (figure 1a). Le long de ce trajet, le climat change progressivement : au nord, il fait plus frais et plus humide, alors qu'au sud, il fait plus chaud et plus sec. On parle de gradient hydroclimatique.

Même s'il y a des différences de climat, les forêts situées près du Rhône sont

assez semblables. Il y a plusieurs espèces d'arbres comme les peupliers (*Populus nigra*, *Populus alba*) et les saules (*Salix alba*). On observe aussi d'autres espèces comme le frêne (*Fraxinus excelsior*) et l'érable (*Acer platanoides*). Il y a aussi quelques espèces envahissantes, comme *Acer negundo* ou *Robinia pseudoacacia*.

Le Rhône est un fleuve très modifié par l'homme. Depuis le XIX^e siècle, de nombreux travaux ont été réalisés. Par exemple, 16 barrages et des canaux ont été construits pour produire de l'électricité.

À cause de ces travaux, le fleuve ne fonctionne plus de la même façon. Dans certaines zones, comme le Vieux Rhône (ancien lit du fleuve), le débit a fortement diminué, jusqu'à environ 95 % en moins. Le niveau de l'eau a baissé, et les forêts autour ne reçoivent plus assez d'eau du fleuve.

Les différences sont étudiées sur trois sites le long du Rhône (figure 1a). Dans chaque site, on observe deux groupes de peupliers blancs (la même espèce partout) qui ne disposent pas de la même quantité d'eau : un groupe avec une forte disponibilité en eau du fleuve et un autre plus "au sec".

Les trois sites sont :

- Brégnier-Cordon (en amont, figure 1b)
- Péage-de-Roussillon (au milieu, figure 1c)
- Montélimar (en aval, figure 1d)



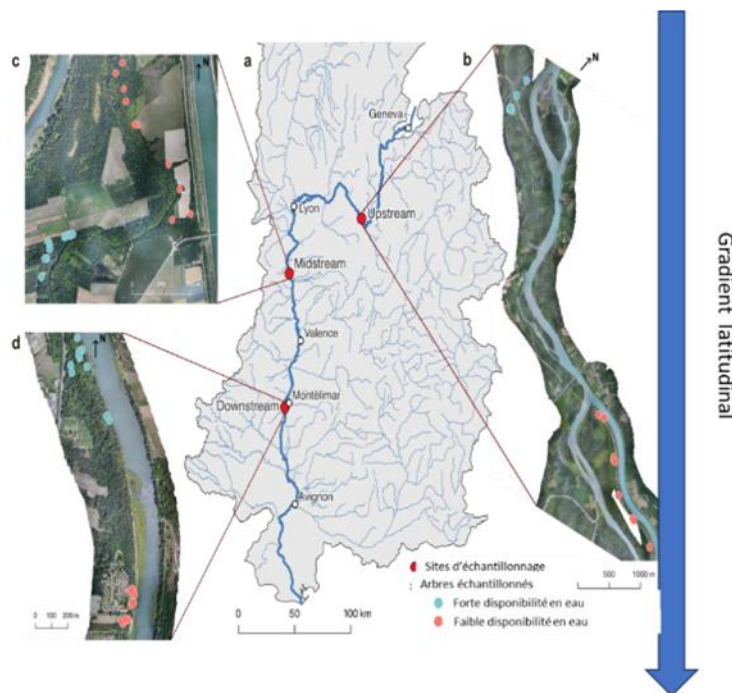


Figure 1 : (a) Localisation des 3 sites d'étude le long du Rhône ainsi que les 20 arbres par site, classés selon leur niveau de disponibilité en eau (forte disponibilité and faible disponibilité) pour (b) le site amont (upstream), (c) median (midstream), et (d) aval.

II.2 Sélection de l'espèce

C'est le peuplier blanc (*Populus alba*) qui a été choisi, car c'est une espèce très présente le long du Rhône, aussi bien en amont qu'en aval.

Le peuplier blanc a besoin de beaucoup d'eau pour vivre et il va la chercher directement dans le sol, dans ce qu'on appelle la **nappe alluviale**. Il est très sensible et il réagit immédiatement dès que l'eau vient à manquer. C'est pour cela qu'on dit que c'est une espèce « sentinelle » : il sert de témoin pour surveiller comment l'environnement change.

Nappe alluviale : réserve d'eau située dans le sol, alimentée par le fleuve. C'est une réserve d'eau souterraine, juste à côté du fleuve. L'eau circule à travers le sable et les galets (les alluvions) qui ont été déposés par le courant.

Les arbres du genre *Populus* sont capables d'adapter le fonctionnement de leurs stomates et leurs échanges de gaz en fonction des conditions locales. Voilà pourquoi leur résistance à la sécheresse n'est pas la même pour tous, même s'ils font partie de la même espèce.

II.3 Sélection des peuplements et des arbres

On a sélectionné deux types de terrain avec des peuplements forestiers présentant des conditions différentes en eau. Pour cela, on a regardé le lien entre les arbres et la nappe phréatique (car c'est un bon indicateur de la quantité d'eau disponible).

Les zones les plus proches de la nappe sont classées comme ayant une forte disponibilité en eau (E+), tandis que les autres sont classées

4

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.

Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.



comme ayant une faible disponibilité en eau (E-). Plus on s'éloigne de la nappe, plus il sera difficile d'accéder à l'eau.

Dans chaque peuplement, 10 arbres ont été sélectionnés (soit 20 arbres par site), avec des tailles différentes, afin de vérifier si la taille pouvait influencer la réponse à la sécheresse. Les arbres étudiés étaient adultes, avec un diamètre moyen de 62,6 cm et une hauteur moyenne de 21,3 m.

Tous les arbres ont été géolocalisés avec précision grâce à un système GPS. Ils ont été choisis selon plusieurs critères : être faciles d'accès pour permettre un suivi régulier, par exemple : avoir des branches basses car elles sont plus accessibles. Il faut aussi qu'elles soient bien visibles sur les images aériennes, et qu'elles se situent dans une zone avec un couvert végétal dense.

II.4 Mesures écophysiologiques de terrain

Pour comprendre comment les peupliers réagissent à la sécheresse, on réalise des mesures directement sur le terrain.

D'abord, on commence par étudier les feuilles des arbres, appelées traits foliaires. Toutes les trois semaines, on mesure le **potentiel hydrique** des feuilles, ce qui montre leur niveau de stress lié au manque d'eau. Pour cela, il faut prélever une branche dans la partie basse de l'arbre, puis mesurer les feuilles avec un appareil spécial appelé chambre à pression.

Potentiel hydrique foliaire : mesure qui permet de savoir si une feuille retient beaucoup l'eau qu'elle contient (cas d'une plante stressée) ou non (cas d'une plante non stressée)

Ensuite, on prélève des feuilles pour mesurer leur masse fraîche, leur masse sèche et leur masse après réhydratation. Ces mesures permettent de calculer la quantité d'eau contenue dans les feuilles.

Puis, on étudie la sève des arbres, en prélevant une petite partie du tronc au niveau du **phloème**, qui transporte les nutriments dans l'arbre.

Phloème : tissu qui transporte la sève élaborée (riche en sucres) dans l'arbre. L'opposé étant le xylème qui transporte la sève brute jusqu'aux feuilles.

Cette sève est analysée pour mesurer un indicateur appelé $\delta^{13}\text{C}$. Cela permet de savoir comment l'arbre utilise l'eau : un arbre économe en eau aura une valeur différente plus forte par rapport à un arbre qui en consomme beaucoup car ce dernier préfère du carbone plus léger, à 12 neutrons et non 13, il peut se permettre de ne pas assimiler du carbone à 13 neutrons.

En même temps, on étudie les images issues des satellites (Sentinel-2) pour observer la végétation à grande échelle. Cela permet de calculer le **NDVI**, un indice qui renseigne sur l'état et l'activité des plantes (voir encadré NDVI).

Comme les satellites ne voient pas tout, on récupère des images faites depuis un ULM, avec des caméras visibles et infrarouges pour mesurer la température de la canopée. On fait ces observations en milieu de journée, en même temps que les mesures sur le terrain.

Grâce à ces images, on peut avoir une mesure de la température de la canopée (le sommet des arbres) et ensuite la comparer à celle de l'air. Cela permet de mieux comprendre la transpiration des arbres :
-si la canopée est plus froide que l'air, cela signifie que l'arbre transpire beaucoup





-si elle est plus chaude, cela signifie que les stomates sont fermés et que l'arbre limite ses pertes d'eau.

(WUEi), la quantité d'eau dans les feuilles, ou encore le NDVI et la différence de température entre les feuilles et l'air.

NDVI : Le NDVI (Indice de Végétation par Différence Normalisée) est un indicateur utilisé par les scientifiques pour étudier la végétation à partir d'images satellites. Il compare la lumière renvoyée par les plantes dans deux couleurs : le rouge et l'infrarouge.

Les plantes en bonne santé absorbent la lumière rouge et renvoient beaucoup d'infrarouge. On peut ainsi savoir si la végétation est : en bonne santé (valeurs élevées, canopée plutôt verte), stressée ou sèche (valeurs faibles, canopée plutôt jaunâtre). Le NDVI permet de "voir depuis le ciel" si les plantes vont bien ou non.

WUEi : L'efficacité d'utilisation de l'eau (water use-efficiency en anglais, WUEi) indique comment un arbre utilise l'eau pour fonctionner. Un arbre "économe" utilise peu d'eau pour continuer à vivre, un peu comme la fourmi de la Fable contrairement à l'arbre « cigale » qui ne ferait pas d'économie !

II.5 Analyses statistiques

Pour cette étude, il a fallu utiliser des modèles statistiques pour étudier l'effet de plusieurs facteurs : la période de sécheresse (avant, pendant et après), le site (amont, médian ou aval), la taille des arbres et le type de peuplement (avec plus ou moins d'eau). Les statistiques permettent, grâce à des mesures moyennes sur plusieurs arbres dans une même condition expérimentale, de déterminer si les différences observées entre E+ et E- sont bien réelles et non un biais dû à des arbres particuliers.

Différentes variables sont analysées, comme le potentiel hydrique des feuilles (Ψ_m), l'efficacité d'utilisation de l'eau

III Résultats

III.1 Analyse écophysologique multi-dates au cours de la saison : il s'agit là de suivre l'évolution au cours de la saison.

L'analyse du potentiel hydrique (Ψ_m) et de la WUEi au cours de la saison montre une évolution assez semblable dans les trois sites (figure 2a).

Au début de la saison, les arbres ont assez d'eau. Puis, au fur et à mesure que la sécheresse s'installe, le potentiel hydrique diminue progressivement jusqu'à atteindre un minimum vers la fin du mois d'août ou le début du mois de septembre. Ensuite, il remonte, mais pas à la même vitesse selon les sites.

Les différences entre les peuplements avec beaucoup d'eau (E+) et ceux avec moins d'eau (E-) ne sont pas significatives pour ces variables. C'est pourquoi les recherches se sont donc surtout concentrées sur les différences entre les sites.



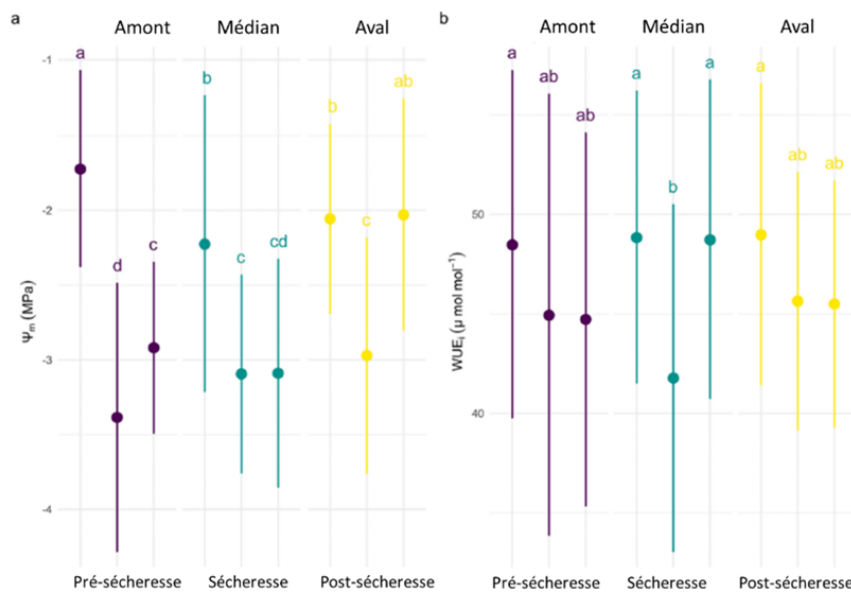


Figure 2 : Moyenne et écart-type du potentiel hydrique minimal (Ψ_m , a) et de l'efficacité intrinsèque de l'eau (WUE_i) durant chaque phase de la saison de végétation pour les trois sites (amont, médian et aval). Les couleurs indiquent chacun de ses sites. Les moyennes et périodes sans lettre commune sont significativement différentes les unes des autres.

III.2 Dynamique du potentiel hydrique (Ψ_m) selon les phases de sécheresse

Les valeurs du potentiel hydrique sont différentes selon les sites (figure 3a).

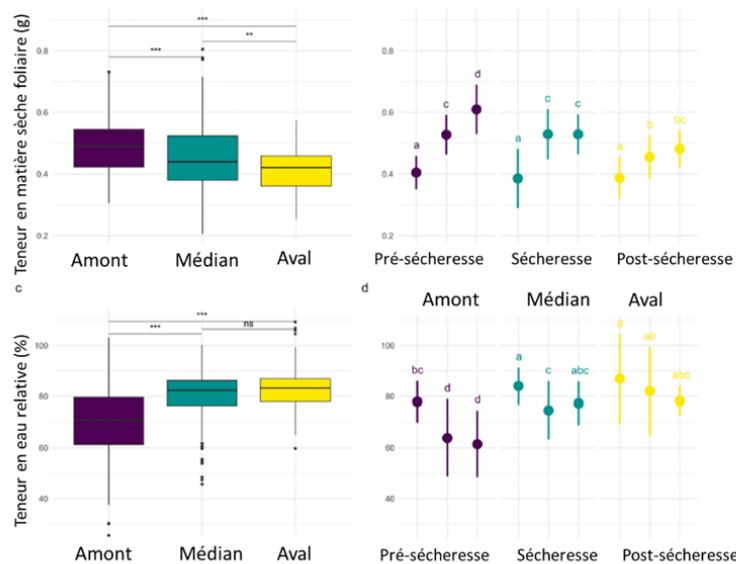


Figure 3 : Teneur en matière sèche et teneur en eau relative par site (a, c) et lors des différentes phases de sécheresse (b, d) sur chaque site. Les couleurs indiquent les différences de site de même que les étoiles indiquent des différences significatives entre site (plus le nombre d'étoile est important plus la significativité augmente) et les lettre entre sites et périodes de sécheresse.



Avant la sécheresse, les arbres situés en amont ont des valeurs plus élevées (donc moins de stress) que ceux situés plus en aval. Pendant la sécheresse, tous les sites montrent une baisse du potentiel hydrique, mais cette baisse est plus marquée en amont, où le minimum atteint environ $-3,38$ MPa.

Après la sécheresse, lors de la phase de récupération, seul le site aval retrouve des valeurs proches de celles d'avant la sécheresse. Dans les autres sites, les arbres restent encore en situation de stress hydrique.

III.3 Dynamique de la WUEi

L'efficacité d'utilisation de l'eau (WUEi) évolue différemment selon les sites (figure 2b).

Sur l'ensemble de la saison, la WUEi diminue dans la plupart des sites. Mais, sur le site médian, elle augmente à nouveau après la sécheresse, ce qui n'est pas observé ailleurs.

On observe aussi que les arbres situés en amont présentent des réactions très variables : certains réagissent différemment des autres. On peut donc dire qu'il y a beaucoup de réponses différentes au sein d'un même site.

III.4 Teneur en matière sèche foliaire et teneur relative en eau : réponses foliaires au stress hydrique.

Les résultats montrent clairement que les peupliers ne réagissent pas de la même manière selon les conditions, le long du Rhône.

Au site amont, les feuilles contiennent plus de matière sèche tout au long de la saison. Cela signifie qu'elles contiennent proportionnellement moins d'eau ($p < 0,001$).

$p < 0,001$: signifie que le résultat a très peu de chances d'être dû au hasard. Dans une étude scientifique, le "p" permet de savoir si un résultat est fiable ou s'il peut être dû au hasard. Quand on écrit $p < 0,001$, cela signifie qu'il y a moins de 0,1 % de chances que le résultat soit dû au hasard.

Donc, plus la valeur de "p" est petite, plus le résultat est sûr.

La teneur en matière sèche augmente fortement entre le début et la fin de la sécheresse : +53 % en amont, +42 % au site médian et +35 % en aval (figure 3a et b).

En parallèle, les feuilles situées en amont contiennent moins d'eau que celles des autres sites. Par contre, il n'y a pas de différence importante entre le site médian et le site aval.

Au cours de la saison, la quantité d'eau dans les feuilles diminue surtout en amont (-28 %), alors que la baisse est plus faible au site médian (-9 %) et presque stable en aval (-7 %) (figure 3c et d).

III.5 Dynamique du NDVI à l'échelle saisonnière

L'évolution du NDVI au cours de la saison montre des différences importantes selon les sites (figure 5).

En aval, on observe une forte baisse du NDVI pendant la sécheresse, suivie d'une légère remontée après. Au site médian, le NDVI diminue pendant la sécheresse puis se stabilise. En amont, le NDVI reste globalement stable tout au long de la saison.

Pour la disponibilité en eau, seule la zone située en aval montre une différence : les arbres ayant plus d'eau (E+) ont un NDVI plus élevé pendant et après la sécheresse.



III.6 Relations entre température de canopée et mesures écophysologiques

La différence de température entre la canopée (le haut des arbres) et l'air (ΔT_{c-a}) varie fortement selon les sites.

Les arbres dont la canopée est plus chaude ont un potentiel hydrique plus élevé (donc moins négatif). Donc leurs stomates

sont fermés, ce qui limite la perte d'eau mais augmente la température des feuilles.

On observe aussi que lorsque la température de la canopée augmente, l'efficacité d'utilisation de l'eau (WUE_i) diminue.

En revanche, la quantité d'eau disponible dans le sol ($E+$ ou $E-$) ne change pas ces relations : elle n'a pas d'effet sur le lien entre la température des feuilles, le potentiel hydrique et la WUE_i (figure 5).

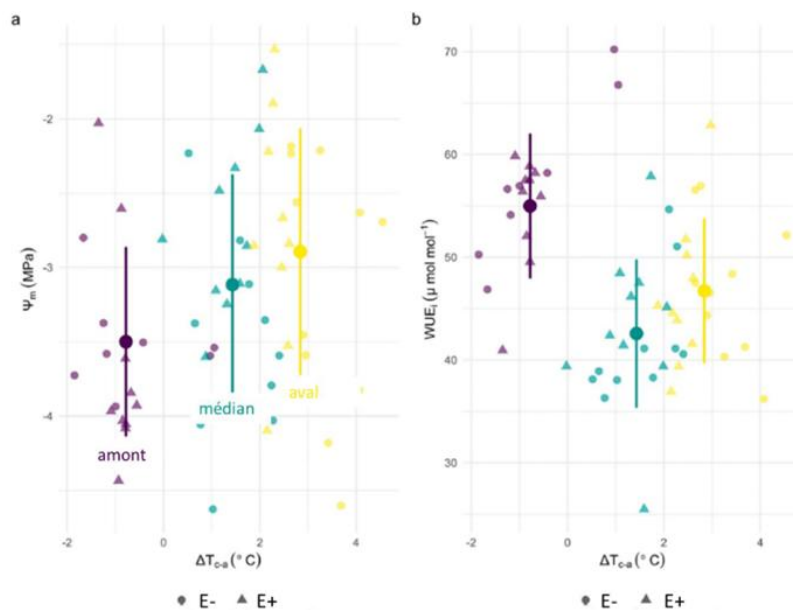


Figure 5 : Valeurs de potentiel hydrique minimal (ψ_m , a) et d'efficacité intrinsèque d'utilisation de l'eau (WUE_i , b) en fonction de la différence de température de la canopée avec celle de l'air (T_{c-a}). Les points représentent les parcelles avec une faible disponibilité en eau ($E-$), alors que les triangles celles avec une forte disponibilité en eau ($E+$).

(ΔT_{c-a}) correspond à la différence de température entre la canopée (le haut des arbres) et l'air. Si la canopée est plus froide que l'air, cela signifie que l'arbre transpire beaucoup (il perd de l'eau, ce qui le refroidit). Si la canopée est plus chaude que l'air, cela signifie que les stomates sont fermés et que l'arbre limite ses pertes d'eau.

Cet indicateur permet donc de savoir si un arbre transpire beaucoup ou s'il économise

l'eau, en résumé s'il est plutôt « cigale » ou « fourmi » !

IV Discussion

Les résultats montrent que des arbres de la même espèce, le peuplier blanc (*Populus alba*), ne réagissent pas de la même façon à la sécheresse selon leur position le long du Rhône. Cela confirme que ces différences dépendent surtout du climat régional, et pas



seulement de la quantité d'eau disponible localement.

Dans la partie aval, où le climat est méditerranéen, les arbres montrent une forte baisse du NDVI pendant la sécheresse. Cela signifie que la végétation devient moins dense et moins verte. Ce comportement correspond à une stratégie où les arbres ferment rapidement leurs stomates pour limiter la perte d'eau. Ce sont nos arbres type « fourmi ».

À l'inverse, dans la partie amont, où le climat est plus tempéré, les arbres continuent à transpirer (leur canopée est plus froide que l'air) et maintiennent un NDVI stable. Cependant, leur potentiel hydrique diminue davantage et leur teneur en eau est plus faible. Cela signifie qu'ils continuent à fonctionner malgré le manque d'eau.

Le site intermédiaire présente des comportements variés, entre ces deux stratégies. Cela montre qu'il existe un continuum de réponses au sein d'une même espèce.

Ces résultats montrent donc qu'une même espèce peut adopter différentes stratégies pour résister à la sécheresse, en fonction des

conditions climatiques.

Ces différences ont pu être mises en évidence grâce à l'utilisation de plusieurs outils complémentaires : des images satellites, des mesures de température et des observations directes sur les arbres. Cela permet d'étudier le stress hydrique à différentes échelles, dans le temps et dans l'espace. Il est donc pertinent et intéressant de combiner différents outils dans ce type d'étude.

Enfin, ces résultats montrent que les différences observées ne sont pas seulement liées à la disponibilité en eau locale, mais surtout à une adaptation aux conditions régionales. Les arbres au sud, habitués à la sécheresse, économisent très tôt la ressource alors que les arbres au nord, moins habitués risquent de dépérir du fait d'un comportement plus consommateur malgré la raréfaction de la ressource. Dans le contexte actuel de changement climatique, cela pose la question de la capacité des arbres à s'adapter à des sécheresses de plus en plus fréquentes dans le futur.



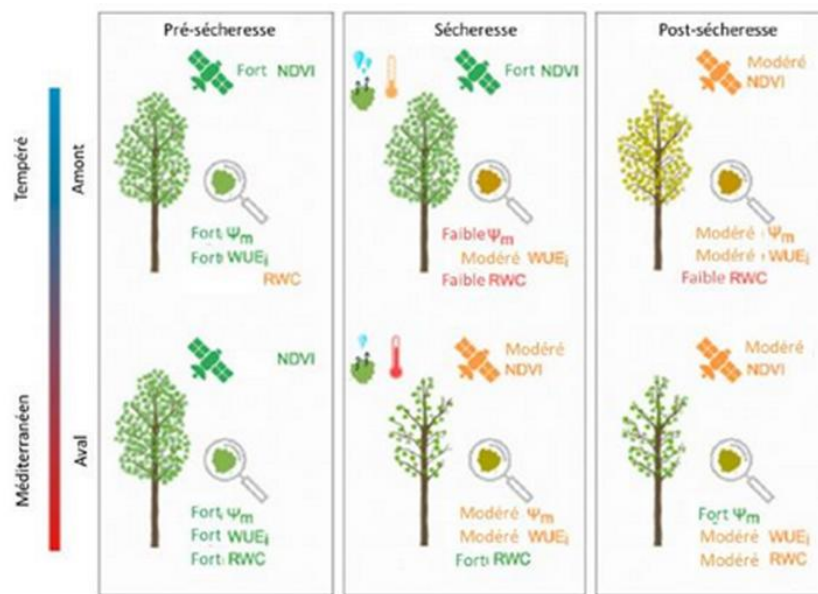


Figure 6 : Modèle conceptuel de réponse du peuplier blanc à la sécheresse saisonnière le long d'un gradient climatique. Les peupliers blancs amont montrent une forte transpiration, amenant de faibles potentiels hydriques et teneur en eau mais à de forts NDVI. Au contraire, les arbres à l'aval ont un faible taux de transpiration conduisant à de forts potentiels hydriques foliaires et teneur en eau mais à de faibles NDVI

V Conclusion

Dans cette étude, on a analysé la réponse du peuplier blanc (*Populus alba*) à la sécheresse dans trois zones différentes le long du Rhône, en combinant des observations par satellite et des mesures réalisées directement sur le terrain. Ces différentes méthodes se sont révélées complémentaires pour mieux comprendre le fonctionnement des arbres.

Les résultats montrent que les peupliers ne réagissent pas tous de la même manière à la sécheresse. Leur réponse dépend surtout des conditions climatiques de la région où ils se trouvent.

L'étude montre aussi que le peuplier blanc peut adopter différentes stratégies face au manque d'eau, allant d'un comportement **isohydrique à anisohydrique**.

Isohydrique / anisohydrique :

Isohydrique : l'arbre ferme ses stomates pour limiter la perte d'eau

Anisohydrique : l'arbre continue à fonctionner malgré le manque d'eau

Parmi les outils utilisés, la thermographie aérienne a été très efficace pour repérer les différences de stress hydrique entre les sites. Le NDVI a permis de suivre l'évolution de la végétation au cours du temps, alors que les mesures écophysiologicals ont aidé à comprendre en détail les mécanismes internes de fonctionnement des arbres.

Ces résultats montrent que les arbres situés près des rivières n'ont pas tous la même capacité à résister au changement climatique et aux modifications du cycle de l'eau.

Ils montrent aussi l'importance d'utiliser plusieurs méthodes à différentes échelles pour mieux prévoir leur comportement dans le



futur. Car mieux comprendre ces mécanismes de protection des forêts situées le long des cours d'eau, face à l'augmentation des sécheresses.

Ont participé au travail d'écriture de cet article, en collaboration avec Antoine Vernay, chercheur en écologie (par ordre alphabétique) : AIDOUDI Firdaws, ANDRIGHETTO Aurélien, AUGUSTO MACHADO Inès, BADIE Tom, CASANOVA Ciara, CHAPRON PERSIL Linsay, DOMINGUEZ Léo, GIL ANTUNES Clara, GLAUNEZ Clémence, KHERKHACH Sélyan, LECHENNE Emma, MELIN Rachel, MOUSAVI FAR Soheil, PETIT Lucas, POUSSIER--BONGARTZ Emile, SDIRA Chaïma, SOLER Ana, VAUTRIN--OBEIN Anaé

Comment citer cet article : Antoine Vernay et la classe de 3[°]A du collège Olympe de Gougues (Cadaujac, FR), « *La cigale et la fourmi* » chez les peupliers : comment gérer ses ressources en eau lors d'une sécheresse, Journal DECODER, 2026-07-02

