

Douglas et Pin maritime : comment évaluer les origines qui résistent mieux à la sécheresse et à la chaleur ?

Le Douglas et le Pin maritime sont deux piliers de la forêt française, aujourd'hui mis à rude épreuve par des sécheresses plus longues et des vagues de chaleur plus fréquentes. Avant de lancer une expérimentation, les ingénieurs du FCBA se sont d'abord appuyés sur ce que la recherche scientifique internationale savait déjà sur la façon dont les arbres encaissent — ou non — ce type de stress.

Ce que la recherche avait déjà mis en évidence

Depuis plusieurs années, des équipes du monde entier étudient les stratégies que les arbres emploient pour survivre au manque d'eau et à la chaleur. Quatre pistes principales ressortent de cette littérature :

Les feuilles Une surface foliaire élevée par rapport au poids de la feuille (le « SLA ») traduit un compromis entre croissance rapide et économie d'eau (Wang et al. 2019 ; Bansal et al. 2015 ; Mira 2016).	L'eau à l'intérieur de l'arbre Certains arbres ferment vite leurs pores (stomates) pour économiser l'eau, d'autres les gardent ouverts plus longtemps, au risque d'endommager leur circuit hydraulique interne (Cochard & Granier 2021 ; Klein et al. 2014).
Les racines Un enracinement profond et capable de s'adapter au sol permet de puiser l'eau en profondeur, un atout majeur face à la sécheresse (Danjon et al. 2015 ; Mauer et al. 2012).	La génétique et les croisements La diversité génétique entre populations et l'hybridation entre provenances éloignées sont décrites comme des leviers prometteurs pour gagner en tolérance (Bansal et al. 2015 ; De la Torre et al. 2023 ; Harfouche et al. 1995).

L'enjeu du projet DeStress, mené par le FCBA, est d'identifier un protocole comparant sur les mêmes jeunes plants et avec les mêmes critères, plusieurs variétés de Douglas et de Pin maritime soumises à un stress hydrique et thermique réaliste.

L'étude : comment teste-t-on la résistance d'un jeune arbre ?

Mené par l'Institut technologique FCBA sur son site de Cestas-Pierroton (Gironde), le projet DeStress a suivi pendant plusieurs semaines 1 275 jeunes plants — 600 Douglas et 675 Pin maritime — issus de 9 variétés génétiques différentes (4 pour le Douglas, 5 pour le Pin maritime), en serre et en chambre climatique.

Trois objectifs

- Mettre au point une méthode fiable pour « mettre en stress » des plants en conditions contrôlées et mesurer leur état de santé.
- Comparer la réaction des différentes variétés génétiques — et des individus au sein d'une même variété — face au stress.
- Repérer des « indices » physiologiques mesurables dès le plus jeune âge, capables d'annoncer si un plant résistera bien ou mal.

Le protocole, en quelques mots

Les plants ont été répartis selon cinq scénarios : un témoin en conditions normales, un arrosage réduit par le dessous (subirrigation) ou par aspersion (par le dessus), chacun combiné ou non à un passage quotidien en chambre climatique à 45 °C. Chaque semaine, l'état physiologique de chaque plant était noté de 5 (en pleine forme) à 1 (mort), ce qui permet de suivre précisément la vitesse et l'intensité du dépérissement.

Deux notions clés

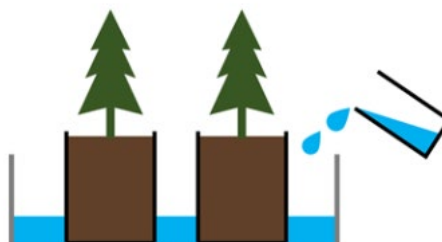
La résistance mesure le temps qu'un plant tient avant de dépérir sous stress. La résilience mesure sa capacité à s'en remettre une fois le stress terminé et l'arrosage normal rétabli.

Plusieurs indicateurs physiologiques ont été mesurés sur chaque plant : hauteur et diamètre, surface des feuilles ou aiguilles rapportée à leur poids (le « SLA »), potentiel hydrique (une mesure de la capacité à transporter l'eau), et biomasse aérienne et racinaire. L'idée : vérifier si l'un de ces traits, facile à mesurer, permet de prédire la résistance d'un plant.

Arrosage par aspersion



Arrosage par subirrigation



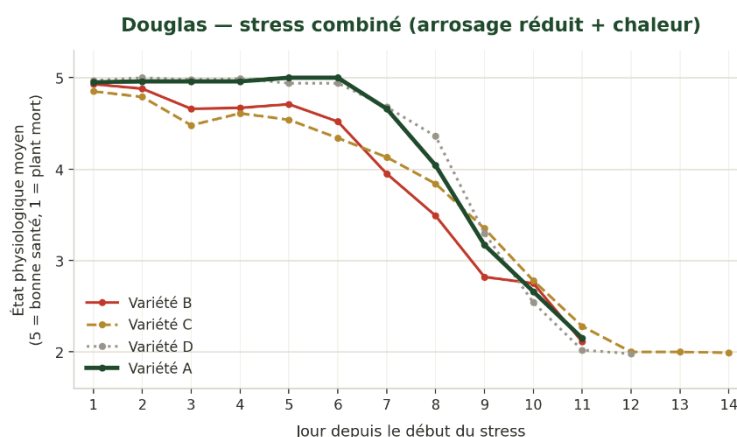
Différents états physiologiques observés pour le Douglas



Ce que montrent les résultats

Douglas : des variétés au comportement plutôt proches

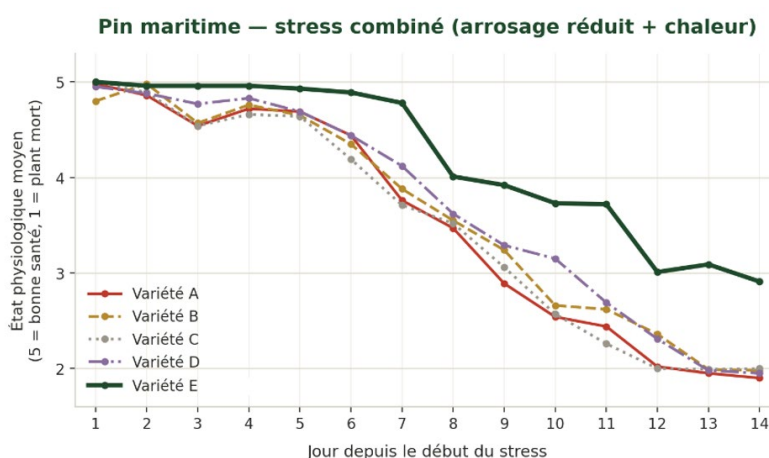
Chez le Douglas, les quatre variétés testées (notées A à D) réagissent de façon assez semblable au stress et atteignent toutes le même état physiologique en fin d'expérimentation — sans doute parce qu'elles partagent une base génétique relativement proche. Néanmoins la variété A s'est montrée un peu plus endurante quel que soit le type de stress appliqué, tandis que la variété B a été la plus affectée par la combinaison chaleur + sécheresse.



Évolution schématique de l'état de santé moyen des plants de Douglas sous stress combiné (arrosage réduit + chaleur), par variété anonymisée.

Pin maritime : une variété se distingue nettement

Les variétés de Pin maritime, composées d'origines plus diverses (notées ici A à E), réagissent de façon plus contrastée. Sous stress combiné (chaleur + sécheresse), la variété E conserve un bien meilleur état de santé que les quatre autres.



Évolution schématique de l'état de santé moyen des plants de Pin maritime sous stress combiné, par variété anonymisée.

Des indices précoces prometteurs, mais à confirmer

Chez le Pin maritime, deux traits mesurés dès le départ semblent liés à une meilleure résistance : une surface foliaire plus grande et un SLA plus élevé (feuilles plus étalées par rapport à leur poids). Chez le Douglas en revanche, aucun de ces indicateurs ne s'est avéré fiable. Ces pistes devront être confirmées sur davantage d'individus avant de pouvoir être utilisées.

Pourquoi avoir combiné sécheresse et chaleur ?

Parmi les combinaisons testées, celle associant un arrosage réduit à un passage quotidien en chambre chaude (45 °C) s'est révélée la plus utile : c'est elle qui fait apparaître le plus de différences entre les plants, donc la plus efficace pour distinguer les variétés prometteuses des plus fragiles. La méthode par aspersion est plus simple, peu coûteuse mais moins précise que la méthode par subirrigation, les deux méthodes se prêtent bien à un usage en routine en pépinière expérimentale.

Ce qu'il faut retenir

Une précision importante

Les noms commerciaux des variétés ont été volontairement remplacés par des lettres (A à D pour le Douglas, A à E pour le Pin maritime). Les effectifs testés par variété restent limités et plusieurs écarts observés ne sont pas statistiquement significatifs. Par ailleurs il conviendra de tester la reproductibilité de la méthode et des résultats.
→ Ces résultats sont préliminaires et ne constituent pas un classement officiel des variétés commerciales.

- Une méthode de test au point : combiner arrosage réduit et passages en chambre chaude (45 °C) permet de révéler efficacement les différences de résistance entre plants, à coût et effort raisonnables.
- Chez le Pin maritime, une variété ressort comme plus prometteuse mais ces résultats sont à confirmer sur davantage de plants.
- Chez le Douglas, les différences observées sont faibles mais méritent d'être approfondies.
- Dans tous les cas, la variabilité des réactions au sein des variétés est élevée.
- La question de la résilience — la capacité à se rétablir après le stress — reste, elle, sans réponse claire et nécessite un suivi plus long.
- Aucun caractère mesurable en plantation n'a encore été validé, mais des pistes sérieuses émergent (surface foliaire, SLA).

Pourquoi c'est important

Ces résultats aident les sélectionneurs à orienter les programmes d'amélioration génétique et à choisir, dès aujourd'hui, les origines génétiques les plus adaptées aux parcelles exposées à la sécheresse et à la chaleur de demain — un enjeu direct pour la réussite des plantations et l'avenir de la filière bois française.

Et maintenant ?

Il est nécessaire de reproduire l'expérimentation en réduisant le nombre de modalités de stress et en augmentant le nombre d'individus par variété. L'enjeu serait aussi de prolonger l'expérimentation par un suivi en plantation réelle, sur une période plus longue, afin de mieux comprendre comment les plants se rétablissent après un épisode de stress — et d'affiner les indicateurs précoces de résistance.

Résumé à des fins de vulgarisation du mémoire d'ingénieur « Évaluation de la résistance et la résilience de différentes variétés de plants forestiers de Douglas et Pin maritime au stress hydrique et thermique », réalisé par Olivier Arfaoui (Bordeaux Sciences Agro) au sein du pôle RFT de l'Institut technologique FCBA (2025).