

Influence d'une sécheresse prolongée sur le comportement des plants de pin laricio (Corse et Calabre)

F. Lebourgeois, Inra-Nancy, Unité d'Écophysiologie Forestière, Équipe Bioclimatologie

Des déficits pluviométriques pendant la saison de végétation entraînent des réductions notables de croissance chez les pins laricio, qui peuvent conduire à des phénomènes de dépérissements et même jusqu'à la mort du peuplement, en cas de sécheresses prolongées. L'étude menée par le Centre de Recherches Forestières de Nancy montre que les deux variétés de pins, Corse et Calabre, présentent le même comportement vis-à-vis de la sécheresse.

Des études antérieures (1) ont permis de mettre en évidence les principaux facteurs stationnels influençant la productivité des peuplements adultes de pin laricio de Corse dans l'Ouest de la France. Outre les facteurs liés au type de station (approvisionnement local en eau, qualité de la nutrition minérale...), le climat, par l'intermédiaire des températures hivernales et des précipitations, influence notablement les variations de croissance radiale des peuplements. Des déficits pluviométriques pendant la saison de végétation entraînent des réductions notables d'accroissement. Dans le cas de sécheresses prolongées, l'affaiblissement de la croissance se traduit par de véritables phénomènes de dépérissement pouvant entraîner, à plus ou moins long terme, la mort du peuplement. Afin de comprendre les mécanismes écophysiologiques sous-jacents à ces comportements, une étude en conditions contrôlées sur jeunes plants a été menée au Centre de Recherches Forestières de Nancy. Étant donné que les deux variétés de pin laricio (Corse et Calabre) sont toutes deux représentées dans les plantations et que, dans leurs milieux naturels, elles évoluent dans des conditions pédo-climatiques assez semblables (notamment des étés chauds et secs), il est apparu intéressant de comparer leur comportement respectif vis-à-vis d'une sécheresse estivale prolongée du sol.

Cette étude analyse l'évolution pendant une saison de végétation, de l'état hydrique, des échanges gazeux

foliaires et de la croissance de jeunes plants irrigués et asséchés.

État hydrique des plants et échanges gazeux : une régulation précoce des pertes en eau

Quel que soit le paramètre écophysiologique mesuré, les deux variétés ont présenté le même comportement face à l'augmentation de la sécheresse estivale du sol. Après le 15^e jour de sécheresse, l'état hydrique des plants s'est dégradé. Parallèlement au dessèchement du sol, les valeurs du potentiel hydrique de base foliaire ont diminué régulièrement d'environ 0,2 MPa par semaine, puis se sont stabilisées à des niveaux faibles (-2,4 MPa) après 73 jours de stress. Pour les plants irrigués, les valeurs sont restées stables de -0,22 à -0,55 MPa (moyenne : -0,32 MPa) (Tableau 1 et Figure 1). Les échanges gazeux foliaires ont également rapidement diminué, avec des valeurs inférieures de près de 85 % par rapport à celles des témoins à la fin de la sécheresse (Tableau 1). Après réarrosage, la récupération des plants a été rapide car, dès le sixième jour après l'apport, l'état écophysiologique apparent des plants asséchés était de nouveau comparable à celui des témoins.

La fermeture très rapide des stomates (2) (diminution de 30 % de la transpiration avant le 15^e jour de sécheresse) suggère que l'état hydrique des plants (qui ne s'est dégradé qu'après le 15^e

(1) Dont nous avons rendu compte dans *Forêt entreprise* N° 113 (1997).

(2) Stomates : minuscules orifices situés à la surface des feuilles et dont l'ouverture variable contrôle les échanges gazeux (assimilation du gaz carbonique et rejet de la vapeur d'eau).

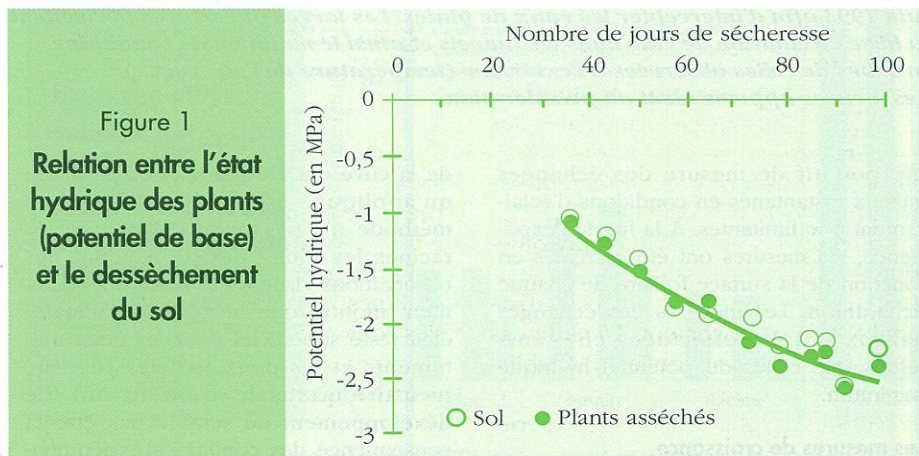
Tableau 1

Évolution de l'état hydrique et des échanges gazeux foliaires des plants dans les deux traitements (moyenne sur 8 plants - Corse et Calabre confondus)

Nbre de jours de sécheresse	Plants asséchés				Plants arrosés			
	Potentiel hydrique de base (en MPa)	Potentiel hydrique minimum (en MPa)	Assimilation carbonatée (1)	Conductance stomatique (en mmol/m ² /seconde) (2)	Potentiel hydrique de base (en MPa)	Potentiel hydrique minimum (en MPa)	Assimilation carbonatée (en mmol/m ² /seconde) (1)	Conductance stomatique (en mmol/m ² /seconde) (2)
15 ^e jour	-0,4	-1,2	3,0	39	-0,3	-1,1	2,8	71
36 ^e jour	-1,1	-1,6	1,2	16	-0,3	-0,9	4,3	68
Après le 73 ^e jour	-2,4	-2,6	0,4	11	-0,4	-1,7	2,9	90
6 jours après réarrosage	-0,6	-0,7	1,3	99	-0,5	-0,6	1,5	88

(1) Absorption de gaz carbonique à travers les stomates.

(2) Perte en eau à travers les stomates.



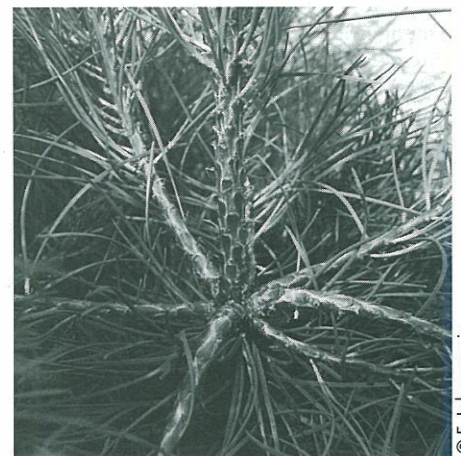
Pour les plants asséchés, chaque valeur correspond à la moyenne de 8 mesures (Corse et Calabre confondus). Pour le sol, il s'agit de la moyenne entre les mesures effectuées à -40 cm et à -60 cm.

jour) ne constitue pas, dans un premier temps tout du moins, un signal pour la régulation rapide des pertes en eau. Dans notre étude, on peut suggérer que le système racinaire superficiel a joué un rôle majeur dans cette régulation en détectant précocement l'augmentation de la résistance hydraulique du sol. De récentes études attribuent la fermeture des stomates à un signal chimique (cytokinine ou acide abscisique) transporté des racines vers les feuilles par la sève brute (Tardieu et Davies, 1993). L'interruption des colonnes de sève dans les tissus conducteurs ne semble pas jouer un

rôle important. Pour le pin laricio, il a été démontré que ce phénomène apparaît pour des pertes hydriques nettement plus importantes que celles observées ici (Girard *et al.* 1997).

Croissance des plants : réduction de plus de 40 % de la biomasse totale

Morphologiquement, les deux variétés apparaissent nettement différentes quant à la longueur des aiguilles et l'importance de la partie non feuillée de la tige (Tableau 2 et photos ci-



© F. Lebourgeois



© F. Lebourgeois

Exemple de l'importance de la zone stérile de la pousse annuelle (saison de végétation 1993) observée pour un jeune plant de pin laricio de Corse (en haut) et de Calabre (en bas).

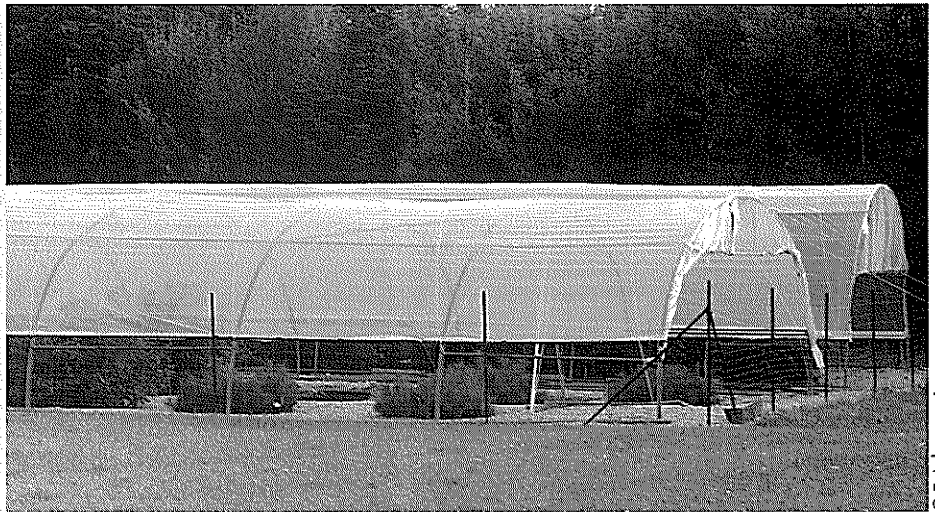
Matériels et méthode

Le dispositif expérimental

Il a consisté en quatre grandes cuves (volume : 1,63 m³) partiellement enterrées sous des tunnels (photo ci-contre). Chaque cuve a été remplie avec 10 cm de gravier (drainage de l'eau en excès) et 80 cm de terre tamisée sablo-argilo-limoneuse d'un horizon A1/A2 d'un sol brun forestier (forêt de Haye). En mars 1992, environ 35 plants de chaque variété, Corse et Calabre, de 10 cm de hauteur, provenant de la pépinière de Nancy ont été plantés dans chaque cuve. Afin d'éviter une interaction entre les deux variétés, les plants n'ont pas été mélangés dans les cuves. Durant la première saison de végétation, les plants ont été élevés en plein air et régulièrement irrigués. Aucun herbicide et aucune fertilisation n'ont été appliqués (conditions nutritionnelles optimales). Au début de 1993, les tunnels ont été recouverts d'une bâche transparente en polyéthylène afin d'intercepter les pluies. Deux cuves « témoins » ont été maintenues à la capacité au champ (1) par des arrosages réguliers. Afin de comparer aux conditions naturelles, les conditions d'une sécheresse estivale prolongée ont été recréées sur les deux cuves restantes. La sécheresse a débuté le 22 juin 1993. Le réarrosage à la capacité au champ a eu lieu le 2 octobre après 99 jours de sécheresse. La récupération des plants a été suivie 3, 6 et 9 jours après le réarrosage. En raison de problèmes techniques, l'évolution des potentiels hydriques (2) des sols (à -40 et -60 cm) n'a pu être suivie qu'à partir du 36^e jour de sécheresse.

Les mesures écophysiologicalues

Les mesures écophysiologicalues ont été effectuées une fois par semaine sur 16 plants (4 plants de chaque variété par traitement) représentatifs de l'ensemble de l'échantillon. L'état hydrique des plants a été caractérisé par des mesures de potentiels hydriques foliaires avant le lever du soleil (potentiel hydrique de base dont les valeurs de plus en plus négatives traduisent l'assèchement du plant) et au milieu de journée (potentiel hydrique minimum). L'assimilation carbonée et les pertes en eau par transpiration ont été mesurées à l'aide d'un systè-



© F. Lebourgeois

Dispositif expérimental. Les bâches transparentes ont été mises en place en juin 1993 afin d'intercepter les eaux de pluies. Les larges ouvertures permettent la libre circulation de l'air dans les tunnels et ainsi le maintien de conditions proches de celles observées à l'extérieur (température de l'air, vent...). Les 4 cuves apparaissent au premier plan.

me portable de mesure des échanges gazeux instantanés en conditions d'éclairage non limitantes. À la fin de l'expérience, les mesures ont été corrigées en fonction de la surface foliaire de chaque échantillon. Les mesures des échanges gazeux ont été effectuées en même temps que celles du potentiel hydrique minimum.

Les mesures de croissance

En 1993, l'expansion du bourgeon terminal a commencé début avril. La première mesure d'élongation a donc été faite mi-juin juste avant l'application de la sécheresse estivale. Après la sécheresse, la hauteur totale, l'élongation et le diamètre de la pousse de 1993 ainsi que la longueur des aiguilles ont été mesurées. La longueur de la zone dépourvue d'aiguilles à la base de la pousse annuelle a également été mesurée afin de voir si ce critère pouvait différencier les deux variétés. Afin d'estimer la répartition de biomasse dans les différents organes (aiguilles, tiges et racines) durant une saison de végétation et de quantifier leur réponse à la sécheresse, une cuve témoin et une cuve asséchée ont été échantillonnées à la fin de l'expérience. Pour le système racinaire, chaque plant a été déterré manuellement et afin d'éviter un effet paroi, seuls les plants du centre

de la cuve ont été pris en compte. Bien qu'appliquée avec précaution, cette méthode n'a pas permis d'extraire les racines les plus fines. Cependant, les observations visuelles directes ont clairement montré que le système racinaire était resté superficiel pour les deux traitements et les deux variétés (densité racinaire maximale avant 40 cm). Ce développement ne semble pas être la conséquence des conditions expérimentales étant donné le volume important de terre prospectable. Après séchage des échantillons, les masses (en grammes de matière sèche élaborée de tiges, feuilles et racines) ont été quantifiées.

(1) Capacité au champ : quantité d'eau retenus par le sol en place, après une période de pluie et un ressuyage de 24 h. (Réf : « Vocabulaire typologie des stations », IDF).

(2) Potentiel hydrique : force de rétention de l'eau dans le sol : pour absorber l'eau du sol, les végétaux doivent exercer une force de succion d'autant plus grande que la valeur du potentiel hydrique est faible (valeur négative).

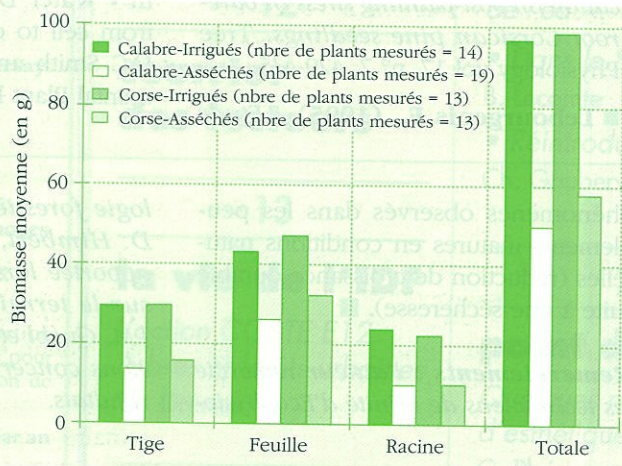
Tableau 2

Taille des plants à la fin de la saison de végétation dans les différents traitements (moyenne ± écart-type)

	Pin laricio de Calabre		Pin laricio de Corse	
	Irrigués (nbre de plants mesurés 68)	Asséchés (nbre de plants mesurés 63)	Irrigués (nbre de plants mesurés 62)	Asséchés (nbre de plants mesurés 61)
Hauteur totale (cm)	46,3 ± 13*	48,8 ± 11,3*	50,1 ± 12,6*	48,3 ± 14,2*
Élongation de la pousse (cm)	26,6 ± 10,5*	29,5 ± 7,9*	28,1 ± 8,9*	27,6 ± 9,5*
Diamètre de la pousse (mm)	9,4 ± 2,9*	7,8 ± 1,6**	9,5 ± 2,7*	7,1 ± 2**
Longueur de la zone dépourvue d'aiguilles (en cm)	2,9 ± 1,3*	3,3 ± 1,3*	4,9 ± 1,8**	5,2 ± 1,8**
Proportion de la zone dépourvue d'aiguilles sur la pousse (en %)	12 ± 6,4*	11,4 ± 4,8*	18,2 ± 6,2**	19,6 ± 6,0**
Longueur des aiguilles (cm)	13 ± 2*	10 ± 1,4**	14,8 ± 2***	10,7 ± 2**
Nombre d'aiguilles mesurées	558	618	580	476

Les chiffres suivis d'un même nombre d'* sont statistiquement non différents au seuil de 5 %.

Figure 2
Biomasse moyenne élaborée (en g) dans les différents compartiments à la fin de la saison de végétation par traitement et variété

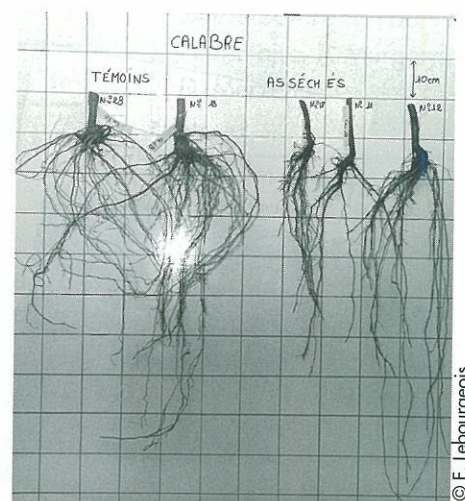


Pour une même variété, toutes les différences sont significatives au seuil de 5 % entre les traitements pour les différents organes. En revanche, aucune différence significative au seuil de 5 % n'apparaît entre les variétés pour les traitements et les biomasses élaborées dans les différents compartiments.

contre). Ces deux paramètres sont significativement plus importants pour la variété Corse que pour la variété Calabre (respectivement 15 cm et 13 cm pour les aiguilles et 5 et 3 cm pour la partie non feuillée). Les observations visuelles ont montré que la frisure des aiguilles était également en moyenne plus marquée pour la variété Corse. Pour les deux variétés, la sécheresse estivale n'a pas eu d'effet sur l'élongation de la pousse annuelle mais a réduit significativement la croissance radiale (-20 %) et la longueur des nouvelles aiguilles (-25 %) (Tableau 2). La biomasse totale pro-

duite pendant la saison 1993 a été en moyenne inférieure à 60 g dans le traitement sec contre près de 100 g pour les plants irrigués. Toutes les parties des plants ont été affectées avec une réduction moyenne de 51 %, 36 % et 42 % pour la biomasse des tiges, des feuilles et des racines (Figure 2 et photo ci-contre). L'allongement terminal n'a pas été affecté car la croissance en hauteur était terminée avant le début du stress. Les mesures effectuées sur les pins ont montré que 50 % de l'élongation totale était acquis dès la mi-mai et 95 % à la mi-juin. Croissance radiale, développements

foliaire et racinaire ont quant à eux été affectés en raison d'une période de croissance plus longue (jusqu'à mi-août pour le diamètre). Aucune chute massive d'aiguilles n'a été observée à la fin de la sécheresse et seuls les quelques plants dominés ont été éliminés. Enfin, les mesures effectuées l'année suivante sur les deux cuves restantes ont montré un arrière-effet notable de la sécheresse de 1993 sur la croissance de 1994 (réduction de la longueur des aiguilles et de la pousse annuelle en hauteur) et ceci malgré des conditions hydriques optimales.



Exemple de développement racinaire observé à la fin de la saison de végétation pour des jeunes plants de pin laricio de Calabre irrigués et asséchés.

Conclusion

Cette étude sur jeunes plants de 4 ans soumis à 3 mois de sécheresse du sol en conditions semi-naturelles a montré que :

– morphologiquement, les deux variétés se distinguent par la longueur et la frisure des aiguilles et par l'importance de la partie défoliée de la pousse annuelle ;

– écophysiologiquement, les deux variétés présentent le même comportement de lutte vis-à-vis de la sécheresse, caractérisé par une régulation très rapide des pertes en eau et un arrêt total des échanges gazeux pour un dessèchement du plant modéré. Cette stratégie est cohérente avec celle observée pour d'autres sous-espèces de pins noirs (Aussenac, 1980). Les effets de la sécheresse sur la production de biomasse sont très importants l'année du stress (réduction de plus de 40 %) mais s'expriment également l'année suivante malgré le retour de conditions hydriques optimales. Bien que le comportement des arbres puisse varier avec l'âge, ces résultats apportent des informations précieuses pour la compréhension des

Bibliographie

■ **Aussenac G., (1980)** - *Comportement hydrique de rameaux excisés de quelques espèces de sapins et de pins noirs en phase de dessiccation*. Annales des Sciences Forestières vol 37, n° 3, 201-215.

■ **Gilbert J.-M., Chevalier R., (1996)** - *Autécologie du pin laricio de Corse dans les pays de la Loire et en région Centre*. Forêt-Entreprise n° 109, 52-56.

■ **Girard S., Clement A., Cochard H., Boulet-Gercourt B., Guehl J.-M., (1997)** - *Effects of desiccation on post-planting stress in bare-root Corsican pine seedlings*. Tree Physiology vol 17, n° 7, 429-435.

■ **Lebourgeois F., (1995)** - *Étude*

dendroécologique et écophysiologique du pin laricio de Corse (Pinus nigra Arnold ssp. laricio Poirlet var. corsicana) en région Pays de la Loire. Thèse de l'Université de Paris-Sud Orsay en Sciences de la Vie, 209 p + annexes.

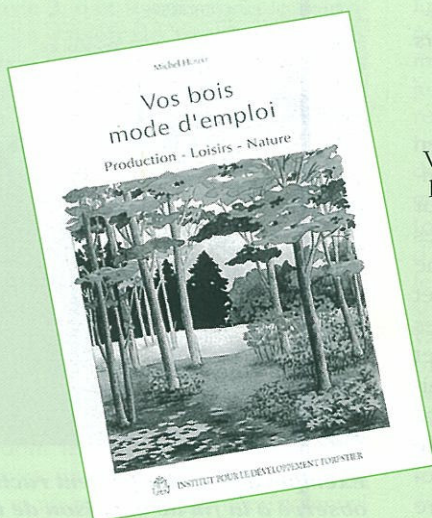
■ **Lebourgeois F., (1997)** - *Le pin laricio de Corse en région Pays de la Loire*. Étude dendroécologique. Forêt-Entreprise n° 113, 55-59.

■ **Tardieu F., Davies W.J., (1993)** - *Root-shoot communication and whole-plant regulation of water flux*. In « Water Deficits. Plant responses from cell to community ». Edited by JAC Smith and H Griffiths. Environmental Plant Biology series. 147-162.

phénomènes observés dans les peuplements matures en conditions naturelles (réduction de croissance durable suite à une sécheresse). ■

Remerciements : l'auteur remercie les techniciens de l'Unité d'Ecophysio-

logie forestière de Nancy (B. Clerc, D. Himbert, F. Willm) pour l'aide apportée lors des mesures effectuées sur le terrain et MM. G. Aussenac, J.M. Guehl et G. Lévy, pour les discussions concernant l'interprétation des résultats.



Vos bois, mode d'emploi

M. Hubert

Vous possédez un petit bois dont vous ne savez que faire ? Vous êtes l'heureux nouveau propriétaire d'un bois ou vous rêvez de le devenir ? Vous gérez vos bois vous-mêmes ? Certes, mais vos enfants en savent-ils autant que vous ?

Avec « Vos bois, mode d'emploi », on apprend à découvrir les arbres, à connaître sa propriété (préalable indispensable à sa mise en valeur), les travaux au fil des saisons selon l'usage qu'on en attend (production de bois, loisirs, ou les deux à la fois), comment se renseigner, par qui se faire aider...

Format 16 x 24. 144 pages en couleurs. Prix : 125 F

IDF - 23, avenue Bosquet, 75007 Paris. Tél : 01 40 62 22 81.