
Influence de l'âge et de la vitesse de croissance sur le cœur rouge du Pin laricio

Jean-Michel Gilbert et Richard Chevalier

Le Pin laricio [*Pinus nigra* Arn. subsp. *laricio* (Poir.) Maire], appartient avec les sous-espèces *clusiana*, *nigricans* et *pallasiana*, à l'espèce collective *Pinus nigra* Arnold. Il comprend la variété *Corsicana*, naturelle en Corse et la variété *Calabrica*, originaire d'Italie du Sud. Introduit depuis la fin du XVIII^e siècle en France continentale, le Pin laricio représente, au niveau national, plus de 100 000 hectares de peuplements. Pour ses branches plus fines et mieux insérées, ainsi que pour son tronc moins conique, la variété Corse est de nos jours préférée à la variété Calabre.

Environ 40 % des peuplements de Pin laricio sont localisés dans les régions Centre et Pays de la Loire, où l'essence est depuis une trentaine d'années largement utilisée en boisement et en reboisement. Le Pin laricio est apprécié dans ces régions pour son niveau de production et pour la qualité de son bois. Cependant, les industriels de l'ébénisterie et du tranchage, qui transforment le bois de cette essence pour la décoration, lui reprochent de présenter un bois de cœur, ou duramen, rouge qu'ils ne peuvent utiliser pour des raisons surtout esthétiques.

Cette coloration rouge est liée au phénomène de duraminisation (encadré 1). Elle ne doit pas être confondue avec une altération du bois, liée à l'action d'un champignon pathogène. Pour les usages nobles du bois précités, la présence d'un duramen rouge induit, pour les billes les plus atteintes, le déclassement ou des pertes de rendement importantes.

Encadré 1

La duraminisation : un processus naturel

Le bois, produit par un arbre, est constitué de cernes annuels concentriques.

Les trois fonctions principales du bois sont d'assurer :

- le soutien de l'arbre,
- la conduction de la sève entre les racines et le houppier,
- le stockage de réserves.

Sur la coupe transversale d'une tige, on observe, en général, au centre, une zone dure, très lignifiée et souvent colorée : le duramen ou bois de cœur ; en périphérie, une zone plus tendre, riche en sève et de couleur claire : l'aubier.

La duraminisation est la transformation de l'aubier en duramen ; les cellules meurent, la lignification s'accroît et s'accompagne d'une accumulation de résine ou de tanins ; le bois prend une couleur plus marquée.

Ce phénomène naturel, est lié à la croissance et au vieillissement de l'arbre, suivant des modalités variables selon les essences.

Les conséquences économiques de ce processus de duraminisation conduisent à étudier en détail sa genèse, son extension et sa progression dans l'arbre. L'objectif est d'adapter la culture du Pin laricio pour produire des grumes contenant un maximum d'aubier au bois clair, valorisable sous forme de produits finis à forte plus-value que sont les meubles ou les placages décoratifs (encadré 2). C'est pour-

Jean-Michel Gilbert
et Richard Chevalier
Cemagref
Domaine des Barres
45290 Nogent/Vernisson



Grumes de Pins laricio de Calabre âgés de 138 ans - Le cœur rouge correspond à la partie centrale duraminisée de la tige (photo R. Chevalier)

1. Autécologie : étude des relations entre les espèces et leur environnement.

2. Les 100 plus gros arbres à l'hectare.

quoï, dans le cadre des actions de recherche financées par la Région Centre, via l'association Arbocentre, des travaux sur ce thème ont été entrepris depuis peu.

Il est en effet intéressant de s'interroger sur l'âge d'apparition du duramen et sa progression en liaison avec des facteurs internes, c'est-à-dire d'ordre génétique, ou des facteurs externes tels que le temps, le milieu, la sylviculture. Un autre point d'intérêt est la répartition spatiale du duramen dans la tige, c'est-à-dire sa forme sur le plan transversal et sur le plan longitudinal.

Mirlyaz et Riou-Nivert (1995) apportent des éléments de réponse à ces questions dans une étude exploratoire menée en région Centre.

Encadré 2

A quoi est utilisé le bois du Pin laricio ?

Les bois d'industrie, de petites dimensions, issus des premières éclaircies, sont transformés en pâte à papier ou en panneaux de particules.

Les utilisations des bois d'œuvre sont variées.

En effet, le bois du Pin laricio possède des propriétés mécaniques telles que la résistance à la rupture et la rigidité, qui autorisent son emploi en structure. Selon les qualités, il sera utilisé en charpente traditionnelle ou en charpente industrialisée, voire en lamellé-collé. Grâce à son bon comportement à l'usinage, à la finition et à la tenue des assemblages, il est aussi employé en menuiserie et en ébénisterie.

Enfin, ce bois peut aussi être déroulé pour la fabrication de contreplaqués, ou tranché pour la production de placages.

Les usages nobles tels que l'ébénisterie ou le tranchage sont les plus exigeants au niveau de la qualité. Pour ces utilisations, seul l'aubier au bois clair est utilisé ; le duramen est exclu, surtout en raison de sa couleur rougeâtre mais aussi de sa plus forte teneur en résine.

Pour notre part, nous abordons dans cet article le déterminisme et les conséquences de la progression du duramen, uniquement sur le plan transversal de la tige situé à 1,30 m de hauteur.

Trois échantillons pour trois questions

Nous avons utilisé dans notre approche trois échantillons de carottes de sondage, stratifiés de façon à prendre en compte les principaux facteurs de variation. Ces carottes de sondage ont toutes été prélevées sur les arbres, avec la tarière de Pressler, à une hauteur de 1,30 m du sol. Les deux premiers échantillons proviennent de l'étude d'autécologie¹ du Pin laricio de Corse réalisée par le Cemagref dans les régions Pays de la Loire et Centre (Gilbert, Chevalier et Dumas, 1995). Le troisième échantillon est issu de peuplements de références sylvicoles de Pin laricio de Calabre, gérés par le Cemagref sur le domaine des Barres dans le Loiret.

■ Echantillon Pays de la Loire : influence de l'âge ?

Cet échantillon comprend les carottes de 50 placettes sélectionnées parmi un total de 255, de façon à couvrir la gamme des âges depuis la graine des peuplements qui varie entre 20 et 160 ans. Pour chaque classe d'âge, on a aussi cherché à couvrir la gamme des classes de fertilité qui varie entre 7 et 20 m³/ha/an d'accroissement moyen maximum, en référence aux tables de production britanniques. Les carottes ont été prélevées sur le premier, le troisième et le cinquième plus gros arbre de chaque placette de six ares.

Couvrant une large gamme d'âge et équilibré sur le plan des fertilités, cet échantillon permet d'étudier la progression du duramen en fonction du temps, pour un ensemble d'arbres représentatif de la population des dominants².

■ Echantillon région Centre : influence du milieu ?

Cet échantillon comprend les carottes prélevées sur 142 placettes de 6 ares installées dans des peuplements de la région Centre. Les carottes ont aussi été prélevées sur le premier, le troisième et le cinquième plus gros arbre de chaque placette. Pour ces 142 placettes, on dispose des données écologiques de description du milieu : topographie, sol, végétation.

Dans cet échantillon, la gamme des âges est restreinte au créneau 15 à 60 ans. Les arbres sont représentatifs de la population des dominants. Par contre, la variété des milieux prospectés devrait faciliter la mise en évidence des relations entre le développement du duramen et les paramètres stationnels influents.

■ Echantillon Calabre Les Barres : influence du statut social ?

Les carottes ont été prélevées dans trois peuplements de Pin laricio de Calabre correspondant à trois générations successives.

Ces peuplements sont situés sur le même type de milieu caractérisé par un sol légèrement acide sur sable limoneux et argiles à silex.

Dans le premier peuplement âgé de 109 ans fin 1995, 20 arbres ont été sondés, 4 pour chacune des classes³ de diamètre à 1,30 m suivantes : 34, 40, 46, 52, 58 cm. Dans le second peuplement âgé de 69 ans fin 1995, 28 arbres ont été sondés, 4 pour chacune des classes de diamètre à 1,30 m suivantes : 22, 28, 34, 40, 46, 52, 58 cm. Dans le troisième peuplement âgé de 48 ans fin 1995, 16 arbres ont été sondés, quatre pour chacune des classes³ de diamètre à 1,30 m suivantes : 28, 34, 40, 46 cm.

Cet échantillon, contrairement aux deux précédents, est caractérisé par une relative unicité de l'origine génétique des arbres et par l'homogénéité du milieu. Les facteurs principaux de variation sont ici l'âge et, pour chaque peuplement, la vitesse de croissance radiale, identifiée par la catégorie de diamètre à laquelle chaque arbre appartient et qui représente son statut social dans le peuplement.

■ Données prélevées sur les carottes

Nous considérons, pour la suite, que la section de la tige au niveau du sondage est circulaire. Nous acceptons aussi l'hypothèse, validée par Mirlyaz et Riou-Nivert (1995), que la section du duramen au niveau du sondage est aussi circulaire.

Sur chaque carotte de sondage, après séchage et planage pour faciliter la lecture, les mesures suivantes ont été systématiquement effectuées :

- nombre de cernes total (NCT),
- nombre de cernes duraminisés (NCD),
- rayon total sous écorce (RT),
- rayon du duramen (RD).

Signalons qu'au moment où la carotte est prélevée sur l'arbre, la coloration rouge du duramen est en général peu ou pas visible. La couleur apparaît plus ou moins nettement après séchage.

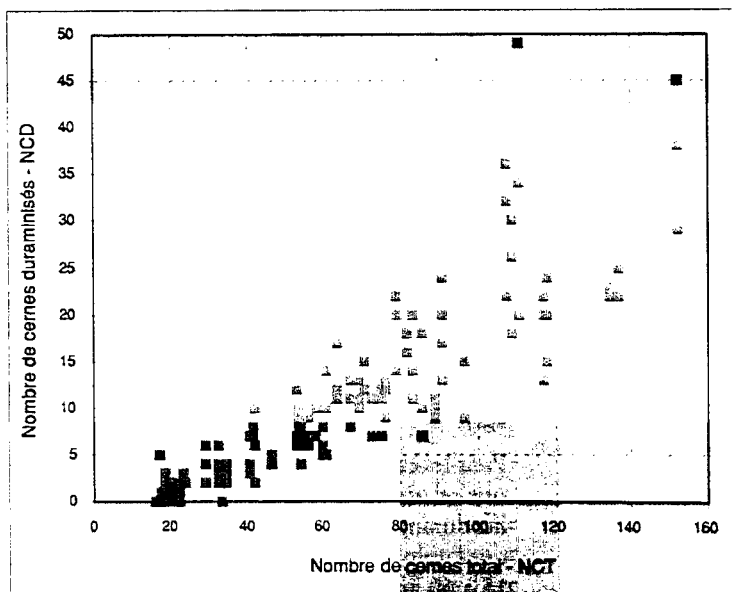
Par contre, en regardant la carotte fraîche à contre-jour, on peut remarquer, vers le centre, une zone opaque et, vers la périphérie, une zone translucide riche en sève. La transition entre ces deux zones est repérée par un trait sur la carotte. Ce repère facilite ultérieurement, sur les carottes sèches, la délimitation du duramen lorsque sa couleur est peu prononcée ; la partie rouge se situe en effet vers le cœur, en léger retrait de la marque d'opacité.

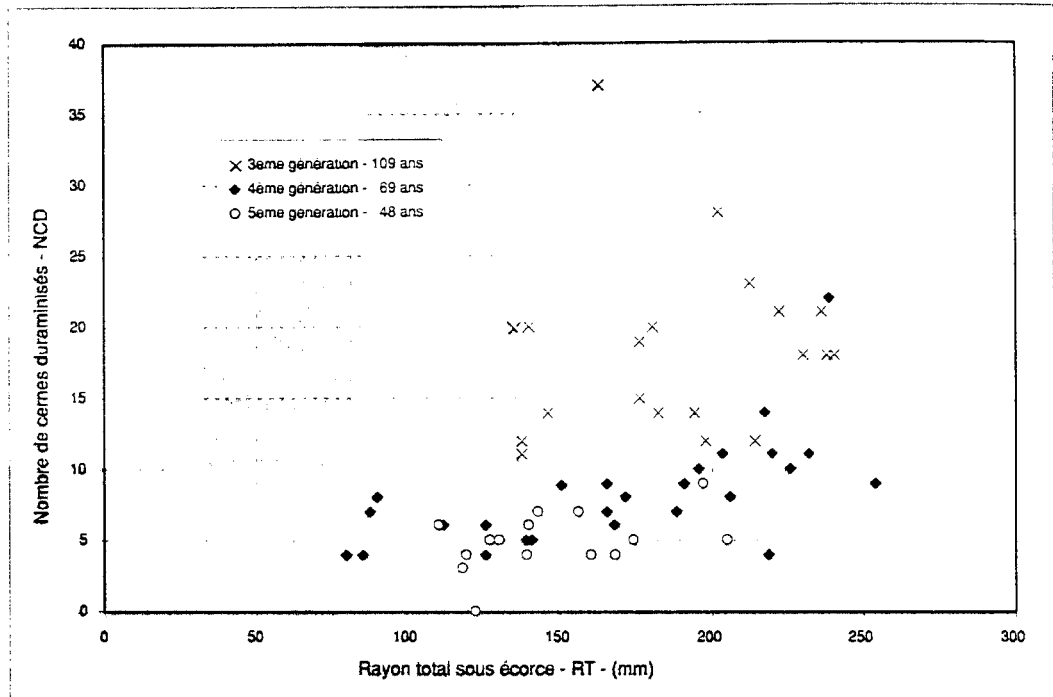
Quelques difficultés de mesure, résolues au cas par cas, ont été rencontrées. Citons la mesure du rayon total sur les carottes n'atteignant pas la moelle, la délimitation du duramen sur les carottes riches en résine et donc très colorées sur toute leur longueur, le comptage des cernes vers le cœur où des alternances de coloration plus ou moins marquées créent de faux cernes et le comptage des cernes vers la périphérie lorsque ceux-ci sont très fins.

Les mesures effectuées ont permis de calculer le nombre de cernes d'aubier (NCA), la largeur de l'aubier (LA), la surface de la section totale sous écorce, la surface de la section du duramen et la surface de la section d'aubier (respectivement ST, SD, SA).

3. Chaque classe de diamètre a une amplitude de 3 cm de part et d'autre de la valeur moyenne indiquée.

Figure 1. - Nombre de cernes duraminisés en fonction du nombre de cernes total, pour les carottes des Pays de la Loire. ▼





▲ Figure 2. - Nombre de cernes duraminisés en fonction du rayon total sous écorce, pour trois peuplements de Pin laricio de Calabre du domaine des Barres.

Progression du duramen en nombre de cernes

Le duramen peut apparaître sur une carotte dès qu'elle comporte 15 cernes pour l'échantillon région Centre ou 17 cernes pour l'échantillon Pays de la Loire. Ceci correspond respectivement, pour l'arbre, à un âge depuis la graine d'environ 22 et 24 ans. Pour les carottes des Pays de la Loire, on observe (figure 1) une relation croissante du nombre de cernes duraminisés en fonction du nombre de cernes total. La progression peut être considérée comme linéaire jusqu'à 100 ans, puis elle semble s'accélérer. Des réserves sont cependant à émettre sur ce qui se passe au delà de 100 ans, car les arbres correspondants sont peu nombreux et ont une croissance atypique : il s'agit souvent d'arbres de parc ou d'alignement, ayant parfois subi une forte concurrence dans leur jeune âge.

Pour les carottes de la région Centre, on observe une relation semblable entre le nombre de cernes duraminisés et le nombre de cernes total, bien que l'amplitude des âges soit réduite au créneau 15 à 60 ans.

Sur les carottes de l'échantillon Calabre les Barres (figure 2), il semble exister pour chaque peuplement, et plus particulièrement celui de 69 ans, une légère augmentation du nombre de cernes duraminisés en fonction du rayon total sous écorce. Seule la régression linéaire du nombre de cernes duraminisés en fonction du rayon total, pour le peuplement de 69 ans, est significative au seuil de 5 %, avec un pourcentage de variance expliquée de 38 %. Une analyse de variance à deux facteurs hiérarchisés du nombre de cernes duraminisés des carottes en fonction du peuplement, donc de l'âge, et de la classe de diamètre nous informe que l'influence de ce dernier facteur n'est pas significative au seuil de 5 %.

La progression du duramen en nombre de cernes s'avère donc très liée au nombre de cernes total de la carotte qui représente aussi l'âge de l'arbre au niveau du sondage. Il en résulte que, si on cherche à établir un lien entre le nombre de cernes duraminisés et les paramètres stationnels, il est nécessaire de neutraliser cet effet âge, en se plaçant dans le créneau d'âge le plus étroit possible pour un maximum de relevés.

On est ainsi amené à travailler sur l'échantillon région Centre, sur le créneau d'âge à 1,30 m allant de 20 à 24 ans. La taille de ce sous-échantillon, regroupant 49 relevés et 147 arbres, devient alors trop restreinte pour une exploitation au niveau des paramètres stationnels, d'autant plus que la quantité de duramen, très faible en raison du jeune âge des arbres, ne favorise pas les discriminations. Il existe cependant dans ce cas une légère tendance à l'augmentation du nombre de cernes duraminisés en fonction de l'indice de fertilité des 49 placettes (figure 3). La régression linéaire du nombre de cernes duraminisés en fonction de l'indice de fertilité est significative au seuil de 5 %, avec un faible pourcentage de variance expliquée, égal à 10 %. Il est bien sûr vérifié, pour les placettes utilisées, que la répartition de l'âge à 1,30 m en fonction de l'indice de fertilité est bien équilibrée.

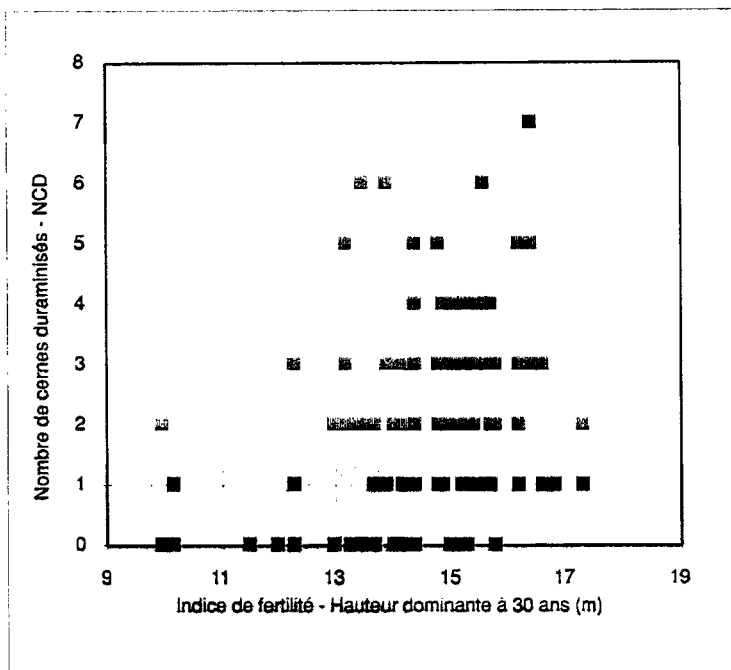
On peut donc conclure en disant que le nombre de cernes duraminisés est essentiellement une fonction linéaire croissante de l'âge de l'arbre au niveau du sondage.

L'influence de la vitesse de croissance, que cette dernière soit due à l'effet du statut social de l'arbre dans le peuplement, finalement donc à la sylviculture, ou à l'effet de la fertilité du milieu, n'a pu être mise en évidence de façon nette à partir des données dont nous disposons.

Progression du duramen et de l'aubier en rayon et en surface

Si la progression du duramen en nombre de cernes est uniquement une fonction de l'âge, le rayon et la surface du duramen et de l'aubier sont fonction de l'âge, mais aussi de la largeur des cernes et, donc, de la vitesse de croissance radiale. Il résulte de ce raisonnement que, pour évaluer l'effet de la vitesse de croissance radiale, il est préférable de travailler sur des arbres pour lesquels ce paramètre est connu précisément.

Or, les données prélevées sur les carottes échantillonnées permettent seulement de connaître des moyennes de largeur des cernes pour le duramen et pour l'aubier. De plus, l'échantillon des carottes dont nous disposons est déséquilibré puisque les arbres jeunes ont des cernes plutôt larges, alors que les arbres âgés ont, même lorsqu'ils étaient jeunes, des cernes plutôt fins. En



d'autres termes, les arbres jeunes sont moins concurrencés que ne l'ont été les arbres âgés.

La fertilité du milieu intervient aussi pour moduler la vitesse de croissance radiale des arbres. Ces effets conjugués rendent hasardeuses les conclusions que l'on peut tirer d'une étude du duramen et de l'aubier en rayon et en surface à partir des données expérimentales disponibles.

Vers une modélisation de la répartition du duramen et de l'aubier dans la tige

La progression radiale du duramen en nombre de cernes dans la tige à 1,30 m du sol, pour des arbres d'âge inférieur à 100 ans, peut être décrite par l'équation suivante :

$$NCD = - 3 + 0,2 NCT$$

avec :

NCD = nombre de cernes duraminisés,
NCT = nombre de cernes total ou âge à 1,30 m.

Cette équation est obtenue à partir de régressions linéaires sur les jeux de données des trois échantillons étudiés. Pour l'échantillon Pays de la Loire, le pourcentage de variance expliquée par le modèle est de 74 %. La progression est linéaire ; le premier cerne duraminisé apparaît entre 15 et 20 ans d'âge

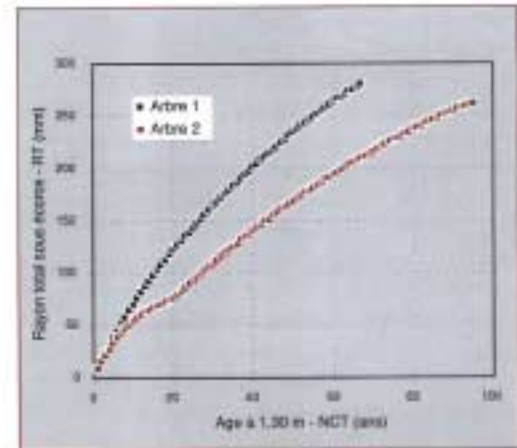
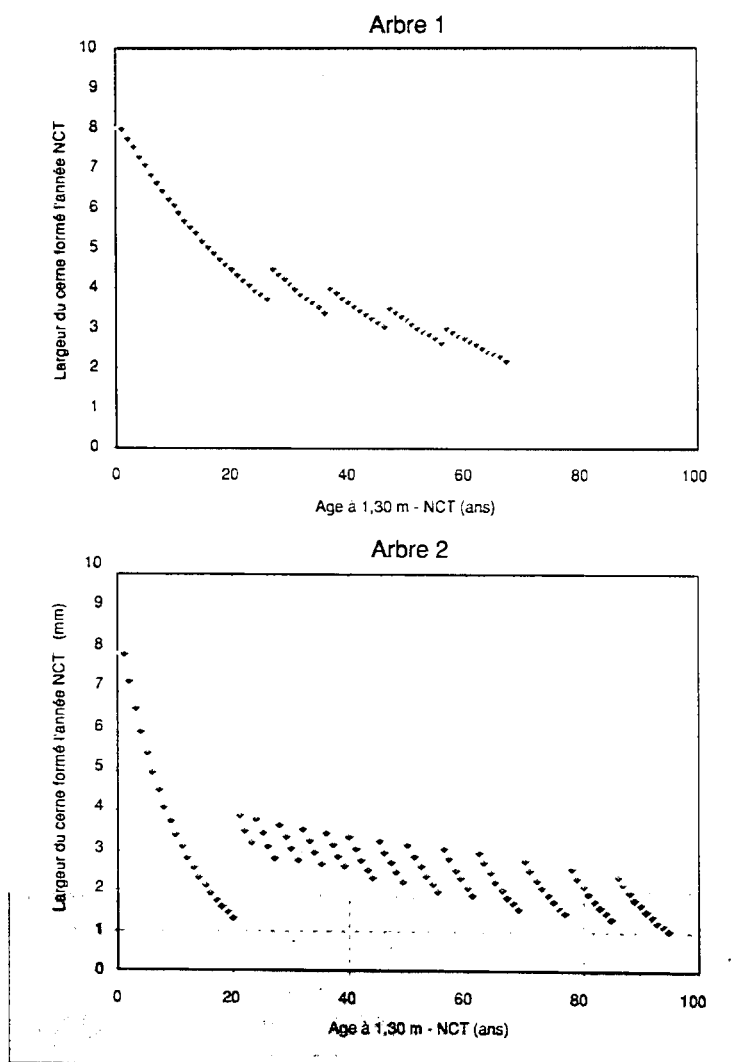
▲ Figure 3. - Nombre de cernes duraminisés en fonction d'un indice de fertilité, pour 147 carottes de Pin laricio de Corse de la région Centre, âgés de 20 à 24 ans.

à 1,30 m ; à compter du premier cerne duraminisé, l'arbre produit en moyenne un cerne de duramen pour quatre cernes d'aubier.

Voyons l'incidence du phénomène tel qu'il est simplement décrit par cette équation, pour deux arbres moyens de peuplements ayant subi des sylvicultures différentes mais connues. A partir des scénarios sylvicoles mis au point au Cemagref (Chevalier, 1990), les caractéristiques de tels arbres ont pu être établies :

Arbre 1 - sylviculture dynamique - après quatre éclaircies, on obtient un diamètre de 50 cm sous écorce à 1,30 m, à 56 ans (âge à 1,30 m) ;

Figure 4 - Evolution de la largeur de cerne à 1,30 m, pour les arbres 1 (sylviculture dynamique) et 2 (sylviculture classique). ▼



▲ Figure 5 - Rayon total sous écorce en fonction de l'âge à 1,30 m, pour les arbres 1 (sylviculture dynamique) et 2 (sylviculture classique).

Arbre 2 - sylviculture classique - treize après éclaircies, on obtient un diamètre de 50 cm sous écorce à 1,30 m, à 89 ans (âge à 1,30 m).

La figure 4 représente, pour chaque arbre, l'évolution de la largeur du cerne à 1,30 m en fonction du temps.

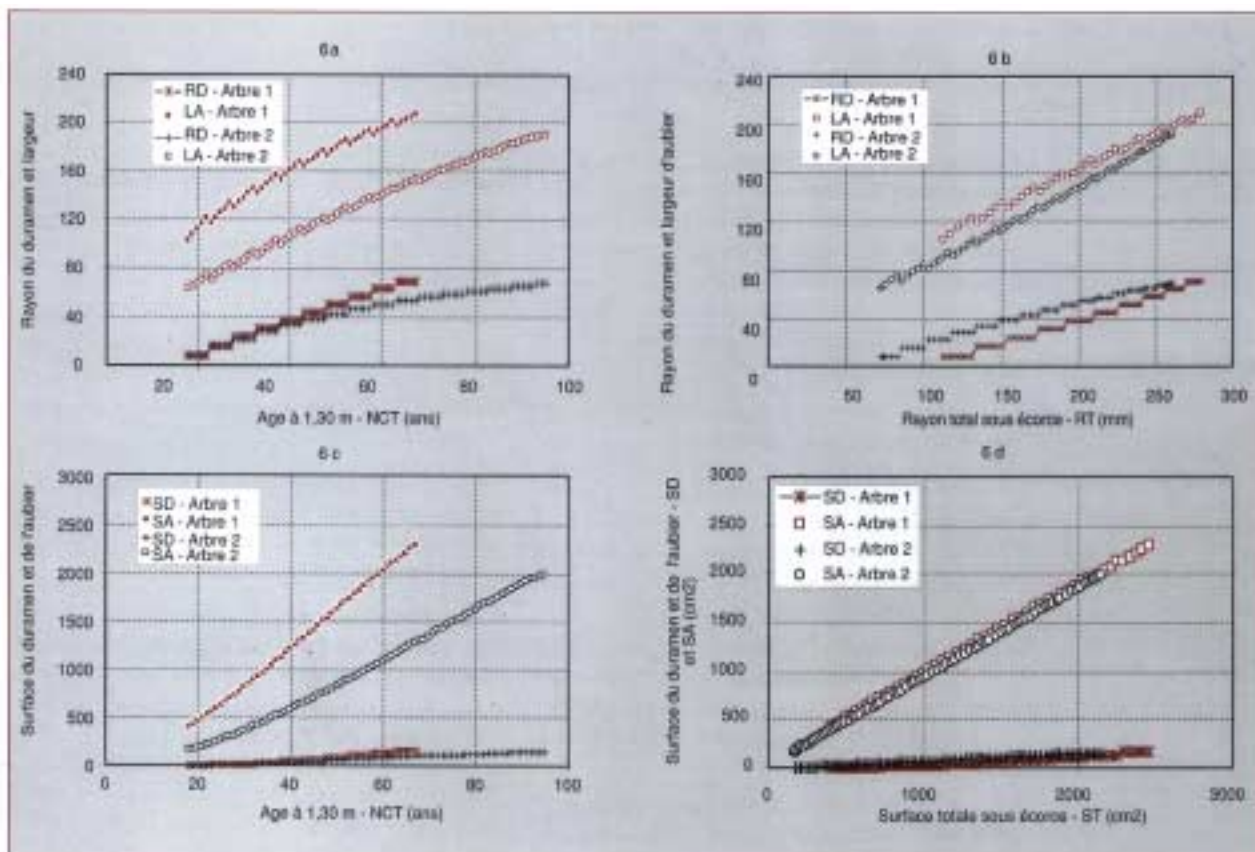
Sur la figure 5, on peut apprécier, pour chaque arbre, l'évolution du rayon total sous écorce en fonction de l'âge à 1,30 m.

Comment évoluent en rayon et en surface le duramen et l'aubier de ces deux arbres ?

A un âge donné, le rayon du duramen de l'arbre 1 est légèrement supérieur à celui de l'arbre 2 (fig 6a) ; il en est de même pour les surfaces duraminisées (figure 6c). Par contre dans les mêmes conditions, la largeur d'aubier de l'arbre 1 reste nettement supérieure à celle de l'arbre 2 (figure 6a), de même pour la surface d'aubier correspondante (figure 6c).

A 60 ans, le gain en largeur d'aubier de l'arbre 1 par rapport à l'arbre 2 est de l'ordre de 40 %. En surface de section, ce gain est de l'ordre de 80 % !

Pour un rayon total sous écorce donné, le rayon du duramen et la largeur d'aubier, restent comparables entre les deux arbres (figure 6b), bien que le rayon du duramen de l'arbre 1 soit inférieur à celui de l'arbre 2, et que la largeur d'aubier de l'arbre 1 soit supérieure à celle de l'arbre 2. Dans les mêmes conditions, les surfaces des sections d'aubier et de



▲ Figure 6. - Simulation de la répartition du duramen et de l'aubier pour l'arbre 1 (sylviculture dynamique) et pour l'arbre 2 (sylviculture classique).

duramen sont respectivement très voisines d'un arbre à l'autre (figure 6d).

Il découle de tout ceci que la règle de sylviculture la plus évidente à adopter pour qu'un arbre produise un maximum d'aubier dans un intervalle de temps donné est de faire en sorte qu'il pousse le plus vite possible. Cette règle va dans le sens d'une production soutenue en quantité ainsi qu'en qualité, dans la mesure où l'augmentation de la largeur des cernes ne porte pas préjudice à la qualité, ce qui ne semble pas être le cas pour le Pin laricio en dessous de 6 mm⁴ d'accroissement radial moyen annuel (El Quadrani et Riou-Nivert, 1993).

Quelles conséquences à l'échelle du peuplement ?

En se plaçant en futaie régulière, pour une même classe de fertilité, un raisonnement schématique

permet de comparer, au niveau du peuplement, les effets d'une sylviculture dynamique par rapport à une sylviculture classique.

Considérons pour simplifier que :

- seul le peuplement final fournit des grumes utilisables en ébénisterie ou en tranchage ;
- tous les arbres du peuplement final sont identiques à l'arbre moyen ;
- le seul défaut des grumes est la présence d'un duramen rouge.

D'après les scénarios sylvicoles déjà cités (Chevalier, 1990), on peut obtenir :

- en sylviculture dynamique à 56 ans (âge à 1,30 m), un peuplement final de 180 tiges de 50 cm de diamètre sous écorce à 1,30 m, sur 1 ha ;
- en sylviculture classique à 89 ans (âge à 1,30 m), un peuplement final de 150 tiges de 50 cm de diamètre sous écorce à 1,30 m, sur 1 ha.

4. Accroissement du reste exceptionnel, atteint sur des milieux fertiles, avec une sylviculture très dynamique.

La largeur et la surface d'aubier de l'arbre moyen à 1,30 m sont du même ordre pour les deux sylvicultures, avec un certain avantage lorsque la croissance est plus rapide.

Le gain obtenu par la sylviculture dynamique se situe au niveau du nombre de tiges du peuplement final, plus élevé que celui obtenu par la sylviculture classique, mais aussi, et surtout, au niveau de l'âge d'exploitabilité beaucoup plus faible et donc, finalement, au niveau de la rentabilité de l'investissement qui est considérablement améliorée par une vitesse de croissance rapide.

Conclusion et perspectives

L'étude de la progression du duramen du Pin laricio et de la part prise par l'aubier, qui semble à première vue un problème simple lorsqu'on raisonne en nombre de cernes, se complexifie dès que l'on raisonne en rayon ou en surface de section.

A ce niveau, il devient nécessaire de tenir compte de la vitesse de croissance, reflet conjugué de la compétition entre arbres réglée par la sylviculture, et de la fertilité du milieu, avec une modulation en fonction de l'âge.

Le recours à des modèles de croissance radiale permet d'explorer les conséquences du phénomène au niveau de l'arbre.

Cette approche pourra être poursuivie et affinée dans un travail de thèse en cours sur la modélisation de la croissance du Pin laricio, co-encadré par le Cemagref, l'INRA et l'IDF.

L'équation présentée ci-dessus, pourra être intégrée à un modèle de croissance de peuplement plus complet, afin de simuler et de choisir la sylviculture la plus intéressante pour optimiser la production de bois de grande qualité.

L'étude de la variabilité intra-arbre, liée à la forme du duramen le long de la tige, qui n'a pas été abordée ici, mériterait d'être développée à la suite des travaux d'approches menés par Myrliaz et Riou-Nivert (1995).

La variabilité inter-arbre, liée à la génétique, reste forte et mériterait aussi d'être étudiée si on souhaite un jour disposer de matériel végétal sélectionné encore plus performant.

Il reste enfin à conseiller d'ores et déjà au sylviculteur, désireux de produire du bois apte au tranchage et à l'ébénisterie, d'adopter une sylviculture dynamique. Cette sylviculture lui permettra d'obtenir en un temps donné un maximum d'aubier au bois clair, à haute valeur technologique, s'il n'oublie, pas bien sûr, l'élagage des arbres d'avenir pour garantir du bois sans nœuds. □



Jeune peuplement de Pins laricio de Corse de la forêt domaniale d'Orléans, mené en sylviculture dynamique - 800 tiges/ha à 18 ans (photo R. Chevalier)

Résumé

Le Pin laricio est très apprécié pour sa productivité et la qualité de son bois. Cependant, la coloration rouge du duramen induit, pour les billes les plus atteintes, le déclassement ou des pertes de rendement importantes.

La progression du duramen en nombre de cerne, étudiée sur différents échantillons de carottes de sondage prélevées à 1,30 m de hauteur, est surtout liée à l'âge. La progression du duramen et de l'aubier en rayon ou en surface de section dépend de l'âge et de la vitesse de croissance liée à la sylviculture et à la fertilité du milieu.

Une sylviculture dynamique par rapport à une sylviculture classique apporte un gain considérable sur la largeur et la surface d'aubier.

L'introduction, dans les modèles de croissance, de paramètres liés à la progression du duramen devrait permettre de mieux comprendre le phénomène et d'optimiser la sylviculture pour obtenir du bois de qualité.

Abstract

Pinus nigra subsp. laricio is greatly valued as a highly productive source of good quality wood. However, the red coloration of the heartwood causes downgrading or considerable output losses from trunks with a large amount of red heartwood.

A study of cores taken at a height of 1.30 m showed that the growth of the heartwood in terms of number of rings is primarily determined by age.

The growth of the heartwood and the sapwood measured linearly or by cross-sectional area depends on the age and the speed of growth which in turn depends on the silviculture and the fertility of the land. Active silviculture rather than conventional forestry provided a major increase in the depth and the cross-sectional area of the sapwood.

Introducing heartwood development parameters into growth models should enable the phenomenon to be better understood and should enable the silviculture to be optimised to obtain high quality wood.

Bibliographie

CHEVALIER, R., 1990. Pour « des sylvicultures » du Pin laricio en région Centre, CNPR Marmilhar - Cemagref Nogent-sur-Vernisson, 38 p. + annexes.

EL OUADRANI, A., RIOU-NIVERT P., 1993. Qualité du bois de Pin laricio. *Forêt Entreprise* ; n° 94, IDF, p. 44-48.

GILBERT, J.M., CHEVALIER R., et DUMAS Y., 1995. Autécologie du Pin laricio de Corse dans le secteur ligérien, Cemagref Nogent/Vernisson, 148 p.

HILLIS, W.E., 1987. Heartwood and tree exudates, Springer Series in Wood Science, Springer-Verlag, 268 p.

MIRLYAZ, W., et RIOU-NIVERT P., 1995. Le cœur rouge du Pin laricio - Etude exploratoire, IDF, 24 p. + annexes.

RIOU-NIVERT, P., 1990. Pin laricio : quelle qualité de bois pour quelles utilisations ? *Forêt Entreprise*, n° 70, p. 20-26.