



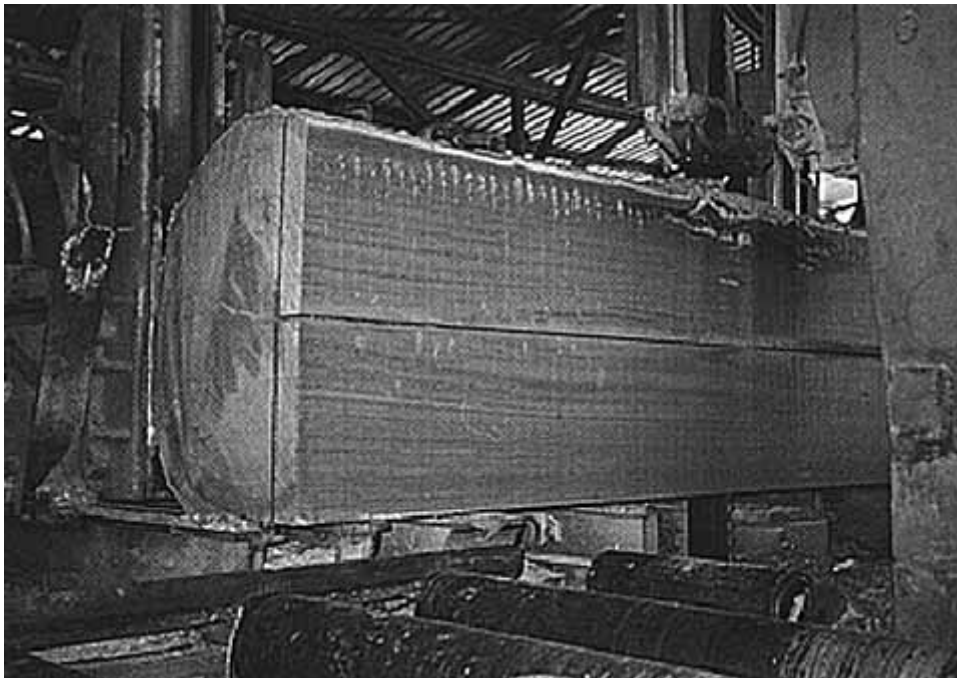
L'innovation technologique dans la filière bois

C. Sales

Christian Sales est Chef du Programme Bois du Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad-Forêt) et membre de l'Académie internationale des sciences du bois (IAWS).

Comment la filière bois répondra-t-elle à la concurrence exercée par d'autres matériaux? Évolutions récentes et perspectives concernant le traitement des bois.

Sciage d'une bille de bois tropical - CIRAD-FORÊT/B. PARANT



Les innovations technologiques de la seconde moitié du XX^e siècle dans le domaine du traitement des bois ont eu pour objectif principal l'utilisation optimale des bois des forêts tempérées et boréales, correspondant à des segments de marché plus sophistiqués. Il s'agissait notamment de relever le défi de la compétitivité croissante d'autres matériaux, comme le plastique, les métaux et le béton. C'est ainsi que l'industrie forestière est aujourd'hui en mesure de fournir des produits de qualité, tels que sciages normalisés de qualité constante et garantie, panneaux composites, lamellé-collé et bois de haute technologie. Dans certains secteurs d'application particulièrement significatifs comme la construction, le bois, grâce aux progrès accomplis dans les techniques de collage structurel, a pu améliorer son image de marque et concurrencer le béton ou l'acier.

Le développement de nouvelles technologies s'est souvent traduit par une redistribution des parts de marché à l'intérieur même de la filière. Par exemple, les composites plans à base de particules ou de fibres de bois ont investi les marchés traditionnels du contreplaqué et supplanté le bois massif dans certains secteurs de

l'ameublement. Puis, le panneau de fibres à densité moyenne a remplacé le panneau de particules traditionnel, voire le bois massif, dans de nombreuses applications en ameublement. Le panneau de particules orientées s'est positionné sur une partie du marché du contreplaqué dans le domaine des emplois structuraux dans la construction. Bien qu'il s'agisse en grande partie d'une redistribution intramatériaux de segments de marché, on peut toutefois penser que ces innovations ont permis au bois de conserver des parts de marché qu'il aurait probablement perdu au profit de matériaux concurrents.

Cet article examine les récentes innovations qui ont permis à la filière bois de conserver jusqu'à présent ses parts de marché, puis il établit des prévisions concernant les évolutions technologiques qui permettront à l'avenir de conserver au bois sa compétitivité vis-à-vis d'autres matériaux.

À cet égard, il convient de souligner que la compétitivité du bois est liée à son acceptation par le grand public comme matériau renouvelable et écologique. Il est donc essentiel de faire connaître les résultats des recherches démontrant que l'exploitation forestière, à des fins de production de bois d'œuvre, n'est pas, si les opérations sont bien conduites, un facteur de déforestation. Ces recherches comprennent notamment des études sur la régénération après l'exploitation, les techniques d'exploitation à faible impact, l'importance de la dynamique de croissance d'un peuplement dans le stockage du carbone et le rôle de l'exploitation forestière dans cette dynamique, le cycle de vie des produits et l'impact de leur durée de vie sur le cycle du carbone.

INNOVATIONS RÉCENTES ET ÉVOLUTIONS FUTURES

Sciage et usinage divers

Les améliorations récentes et attendues les plus notables en matière de sciage et d'usinage concernent les gains de productivité obtenus par la mécanisation, relayés par l'introduction de procédures de fabrication assistées par ordinateur.

Dans les opérations de sciage traditionnelles, le jugement humain ne pouvait prendre en compte qu'une optimisation la plus judicieuse possible du rendement matière. Grâce aux techniques modernes, les opérations d'abattage sont optimisées sur la base d'une prise d'information qualitative et quantitative des intrants rendue possible par la mise au point de capteurs de forme, défauts, et singularités de plus en plus performants. L'information est ensuite analysée en fonction des commandes à satisfaire, de l'état des stocks en amont et en aval du poste de travail, et des priorités à donner en prenant en compte la rentabilité du produit. Les produits seront réalisés en fonction des commandes spécifiques des clients, avec des délais de livraison relativement courts et des stocks de niveau limité. L'évolution de ces technologies permet, tout en améliorant la compétitivité des entreprises, de faire nettement progresser la qualité des produits. Le contrôle on-line des opérations de sciage est une réalité récente, qui utilise souvent des techniques de traitement d'images dans le visible, l'infrarouge, ou issues d'imagerie à rayons X. Les dispositifs de sciage sont de plus en plus équipés de capteurs, tels que les rayons laser, rendant compte du comportement de l'outil ou matérialisant le passage de la lame à travers le bois afin d'aider et d'optimiser le pilotage manuel. Avec l'arrivée de nouveaux outils issus de la mécanique vibratoire et des techniques de contrôle acoustique, la production de capteurs très économiques pour le classement structurel des bois, voire la détection et la localisation de certains défauts ou singularités, peut être envisagée. Il est ainsi possible de prévoir un contrôle de qualité basé sur un classement selon différents critères tels que taille et nombre de défauts acceptables, couleur, esthétique, siccité, etc. La prise en compte de ces différents critères variera selon la taille de l'entreprise, la nature de la matière première et le secteur de marché. Les bois à taux élevé de singularités (par exemple de nœuds chez les conifères) sont déjà concernés par l'application de cette technologie qui se répand dans les pays où l'industrie du sciage

des résineux est prédominante. En revanche, la transformation des feuillus tropicaux traditionnels n'en bénéficiera que marginalement, car ces bois ne présentent pas de défauts majeurs, tels que les nœuds. Ces technologies pourraient toutefois revêtir un grand intérêt dans les régions tropicales pour le traitement, le classement et le contrôle de qualité des bois de plantation tels que les eucalyptus ou les pins tropicaux.

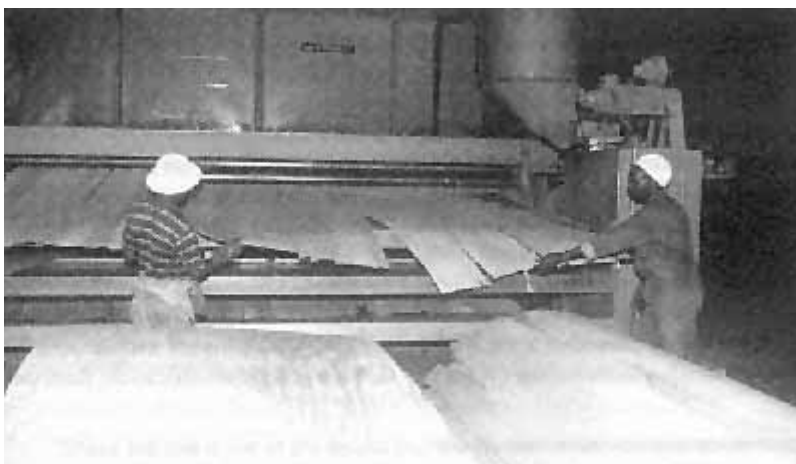
Les évolutions devraient se situer principalement au niveau de la prise d'information et des données sur le produit usiné, en première comme en deuxième transformation, et du contrôle interactif de qualité du processus à partir de l'analyse des principaux paramètres, comme l'état de surface ou la précision du sciage. Il sera également possible de réduire de façon significative les nuisances sonores induites par les outils de coupe, tandis que l'utilisation de l'évolution de ces mêmes émissions sonores permettra de déterminer l'état d'usure des outils et de piloter éventuellement les paramètres de coupe tels que la vitesse d'aménagement.

En usinage de surface (rabotage, toupillage, etc.), la tendance est à l'usinage à très grande vitesse, qui permet d'obtenir une qualité de surface comparable au ponçage, tout en améliorant les cadences de travail. Il n'y a pas si longtemps, la vitesse critique de rotation, relative au premier mode de vibration des lames, semblait être un obstacle infranchissable pour les outils tournants, mais il est maintenant possible d'envisager des vitesses de rotation se situant entre les première et deuxième vitesses critiques, notamment grâce au progrès effectués en matière de tension ou de guide-lames assistés par ordinateur.

Les systèmes complexes d'usinage multi-axial réalisant des opérations multiples et simultanées, comme les «ateliers» que l'on retrouve dans l'industrie de l'ameublement, prennent de plus en plus d'importance, grâce à l'évolution des matériaux de coupe, à l'utilisation fréquente du diamant et à la montée en puissance des céramiques. Ces nouveaux matériaux permettent d'adapter la résistance à l'usure des outils aux grandes vitesses de coupe de ces systèmes et d'espacer les opérations d'affûtage.

En déroulage, les dispositifs de centrage automatique des grumes permettent des gains de temps et donc de matière. Comme pour le sciage, des capteurs de vibrations ou de sons permettront un pilotage inter-actif des dérouleuses à partir de l'analyse de leur fonctionnement en travail. De plus, l'entraînement périphérique a rendu possible l'emploi de bois de très petits diamètres et permis de réduire à quelques centimètres les noyaux de déroulage. Les systèmes de contrôle on-line, détecteurs de défauts, etc., permettent simultanément d'optimiser certaines étapes, telles que le massicotage, tout en contrôlant le produit et ses différentes composantes en cours de fabrication.

Placages secs sortant d'un séchoir à rouleaux au Zimbabwe; à l'avenir, des capteurs de vibrations ou de sons permettront un pilotage interactif des dérouleuses - FAO/20282/G. DIANA



La résistance à l'usure des aciers utilisés pour les couteaux et barres de pression sera améliorée par la nitruration (le dépôt de couches minces, à très haute dureté, utilisant éventuellement les torches à plasma) et les technologies associées.

La recherche sur les technologies de découpe au jet (laser, jet d'eau, etc.) restera très probablement marginale dans les industries du bois. Seuls les usinages de formes complexes (de type découpe et non surfaçage) ou les usinages à traits non débouchant dans des épaisseurs inférieures à 40 mm auront sans doute intérêt à utiliser le laser. Les systèmes d'usinage conventionnel par enlèvement de copeau sont encore de loin, et le resteront probablement, les plus performants pour tous les usinages par trait droit débouchant.

Séchage

La technique la plus répandue actuellement est celle du séchage à température et humidité contrôlées et ventilation forcée. La chambre chaude, qui a connu son heure de gloire dans les années 70, est pratiquement abandonnée car trop lente et présentant des risques élevés de détérioration pour les bois fragiles. Le séchage à haute température (au-dessus de 100 °C), principalement développé pour les résineux et certains feuillus légers, reste mal adapté aux feuillus denses.

Pour les essences feuillues à séchage lent et difficile, les technologies émergentes sont les suivantes:

- le séchage par le vide en vapeur surchauffée, la plus performante des technologies sous vide;
- le chauffage par haute fréquence suivi d'un cycle de vide, particulièrement recommandé pour les fortes épaisseurs.

Les progrès de la modélisation permettront la mise au point de régulations plus performantes et surtout plus fiables. La mesure en continu de l'évolution de l'humidité du bois au cours du processus de séchage, au-dessus du point de saturation des fibres, reste un problème technique difficile à résoudre. L'absence d'une méthode fiable pour la mesure des teneurs élevées en eau en conditions industrielles, à l'exception de la pesée de la pile ou d'échantillons témoins, limite considérablement l'efficacité des régulations de la dernière génération, notamment dans les premières étapes du processus de séchage. Les ultrasons et la haute fréquence sont parmi les pistes actuellement explorées.

Traitement des bois et préservation

Le poids de l'impact environnemental des procédés de préservation actuels a pesé très lourdement sur le développement des nouveaux procédés chimiques. La directive européenne sur l'emploi des biocides va encore restreindre le nombre et le champ d'application des substances actives utilisées en préservation. La dernière décennie a vu la disparition du marché de nombreux pesticides et l'interdiction par les pays industrialisés de certaines familles de produits très connus, tels que les créosotes ou les pentachlorophénols.

Les produits en phase aqueuse à base de métaux lourds chrome ou cuivre associés à l'arsenic ou au bore, utilisés pour améliorer la durabilité, sont également très discutés. Il n'existe pas vraiment de substituts à ces produits, ce qui, en cas d'interdiction définitive, pourrait mettre fin à l'emploi en extérieur des essences les plus couramment utilisées aujourd'hui.

Les solvants servant de support aux matières actives ont considérablement évolué et, pour les substances non solubles dans l'eau, des systèmes en émulsion ont été mis au point.

Outre la mise au point de produits de traitement à faible impact environnemental, les

axes de recherche en marge de la chimie de la préservation sont nombreux et destinés à trouver des solutions de rechange:

- développement de systèmes constructifs favorisant la préservation «passive» (c'est-à-dire de systèmes qui empêchent le contact permanent entre l'eau et les structures en bois) et/ou utilisant des essences naturellement durables dont la majorité sont tropicales;
- utilisation des substances naturelles répulsives ou non appétissantes des essences qui présentent une résistance naturelle à certains insectes, notamment aux termites;
- association de bois durables et non durables dans des matériaux ou produits nouveaux;
- traitement thermique à très haute température à l'air chaud ou par fluide caloporteur suivi ou non d'une trempe de traitement;
- procédés chimiques tels que l'acétylation pour rendre le bois hydrophobe, les traitements au polyéthylène glycol et le greffage de molécules inertes sur les liaisons hydroxydes de la cellulose;
- procédés par imprégnation de résine suivis d'une polymérisation accélérée et éventuellement précédés de cycles de déformation par thermo-plastification.

Les recherches les plus pointues et probablement les plus innovantes concernent l'utilisation:

- de bactéries susceptibles de détruire certains insectes ou champignons;
- d'hormones perturbant les facteurs de croissance des ravageurs, notamment la mue des insectes.

Enfin, l'identification de gènes responsables de la durabilité naturelle de certaines essences pourrait, dans un avenir plus lointain, permettre de modifier la durabilité intrinsèque de certaines essences par le biais de la modification génétique. Ces évolutions seront étroitement dépendantes du débat international sur les organismes génétiquement modifiés.

Colles et produits de revêtement

L'évolution des produits chimiques a été marquée par la prise en compte des effets des composés organiques volatils sur la santé humaine et sur l'environnement. Dans le secteur des colles, les principales innovations ont concerné le développement de produits à faible taux de formol, conformément à l'évolution des réglementations. Les professionnels disposent maintenant d'une très large gamme de produits spécifiques, destinés à satisfaire à la fois les exigences techniques liées aux conditions d'emploi et celles résultant des problématiques industrielles de mise en œuvre. Le domaine couvert s'étend des colles thermofusibles aux colles thermo-durcissables avec toute une gamme de produits intermédiaires. De nouvelles formulations permettent le collage de bois verts, de pièces brutes de sciage en collage en joints épais, la mise en œuvre de technologies de polymérisation accélérées par ondes électromagnétiques (haute fréquence, micro-ondes, etc.).

En matière de finition, les problèmes liés à l'utilisation de solvants organiques ont été partiellement résolus par le développement de produits à fort taux d'extraits secs ou par la mise au point de systèmes en phase aqueuse dans le secteur des peintures et lasures. Des produits ne mettant pas en œuvre de solvants font également l'objet de recherches: produits polymérisables par radiation et produits en poudre. La durée de vie des revêtements extérieurs a été améliorée par l'adjonction de composants anti-ultraviolets, l'amélioration du comportement viscoélastique des films et le ralentissement de la dégradation physicochimique des produits existants.

Le principal handicap dans l'emploi des bois en extérieur reste, toutefois, la pérennité encore insuffisante de l'aspect esthétique. Les recherches ont montré le rôle

prépondérant du type d'essence dans la durée de vie d'un système de finition; elle peut varier du simple au double en fonction de l'essence. Les recherches abordent de plus en plus cette thématique en considérant la performance du couple essence-produit. D'autres travaux indiquent qu'à terme le revêtement des matériaux à base de bois par des produits métalliques tels que cuivre, aluminium, zinc, ou leur revêtement «diamanté» à base de carbone, sera possible.

Les principales évolutions à venir pourraient concerner l'amélioration de la productivité des chaînes de finition par la mise au point de produits mono-couche remplaçant en une seule opération les systèmes classiques à trois applications successives. En ce qui concerne les technologies associées, on pourrait assister à l'émergence des systèmes d'application par brouillards permettant d'obtenir des revêtements fins et très homogènes. Dans le domaine des composites plans, des techniques de finition par poudre pourraient être mises au point. L'emploi de dispositifs à base d'ondes électromagnétiques pourrait se généraliser pour accélérer le séchage des finitions dans les industries de deuxième transformation et, plus particulièrement, dans le secteur de l'ameublement.

Composites et bois reconstitués

Les 30 dernières années ont été marquées par la mise au point de nombreux types de panneaux, en réponse à deux exigences principales des secteurs de l'ameublement et de la construction - pour des matériaux plans minces et de grande surface. Le contreplaqué avait été la première réponse à ces exigences, mais sa fabrication nécessitait l'emploi de bois de qualité élevée (bonne conformation des grumes, cylindricité, rectitude du tronc, etc.). Les panneaux de fibres ou de particules réalisés à partir de bois défibré ou fragmenté ne présentent pas les mêmes exigences et permettent la valorisation de sous-produits forestiers tels que les bois de taillis, les bois d'éclaircie ou les déchets résultant de la transformation du bois massif. La nature de la colle, la taille et la forme des particules et leur orientation permettent de varier la qualité des produits et d'obtenir des matériaux adaptés aux exigences technico-économiques de chaque application.

Il faut s'attendre à un développement des recherches dans deux directions principales:

- le traitement physicochimique préalable des particules afin de leur conférer des propriétés intéressantes telles qu'une stabilité dimensionnelle ou une durabilité naturelle;
- le traitement chimique des particules facilitant leur auto-adhésion et permettant la fabrication de panneaux sans adjonction de colle.

Les composites plastiques-bois devraient également faire l'objet de développements intéressants. Ils permettent la récupération de déchets fins tels que les sciures. Celles-ci, mélangées à des plastiques jusqu'à des taux de 50 pour cent, aboutissent à l'élaboration de matériaux mécaniquement plus résistants que les plastiques de base et partiellement biodégradables.

Une forte demande de bois comme matériau de construction de la part de certaines régions tropicales va contribuer à l'apparition de besoins spécifiques en matière d'innovation technologique - ici, une maison en bardeaux de bois aux Îles du Salut, en Guyane française - CIRAD-FORÊT/E. LOFFEIER



Les techniques habituelles de fabrication d'éléments reconstitués à partir de chutes ou de pièces de dimensions réduites continuent à se développer, notamment dans les pays peu industrialisés, et représentent une alternative à la valorisation des déchets dans des situations de filière pour lesquelles la voie des composites de fibres ou de particules n'est pas envisageable.

L'ÉCART TECHNOLOGIQUE ENTRE LE NORD ET LE SUD: QUEL AVENIR?

Pendant une très grande partie du XX^e siècle, la recherche, et l'innovation technologique en résultant, ont été essentiellement maîtrisées et organisées par les pays industrialisés tempérés. Rares sont les innovations qui ont été d'abord développées spécifiquement pour les bois tropicaux, puis transférées aux bois des forêts tempérées ou boréales. L'exemple le plus frappant est celui du stellite, technique développée pour l'usinage des métaux et adaptée par le Centre technique forestier tropical, devenu aujourd'hui Cirad-Forêt, organisme français de recherche et développement pour les régions chaudes. La technique est maintenant généralisée à l'ensemble des opérations de sciage et utilisée autant pour les essences tempérées que pour les essences tropicales.

Les pays tropicaux ont une grande possibilité de tirer avantage des évolutions technologiques déjà introduites dans le Nord, en les adaptant, si besoin est, à leurs propres exigences. L'émergence d'une forte demande de la part de certaines régions tropicales à filières bois fortement industrialisées, telles que l'Asie du Sud-Est, bouleversera totalement les circuits commerciaux hérités du XX^e siècle et contribuera à l'apparition de besoins spécifiques en matière d'innovation technologique. Le rôle des pays émergents du Sud sera essentiel si l'on veut éviter une aggravation du fossé technologique qui sépare les filières bois du Sud et du Nord.

CONCLUSIONS

Les industries de la filière bois ont connu, comme toutes les autres industries de transformation, des bouleversements technologiques de grande ampleur au cours des dernières décennies. On peut estimer que les innovations ont été très insuffisantes dans certains domaines où le bois a perdu des parts de marché considérables (menuiserie industrielle, manches d'outils, objets usuels de bureautique, etc.). Par

exemple, en menuiserie d'agencement (fenêtres), il y a une vingtaine d'années le bois représentait plus de 80 pour cent du marché européen. Aujourd'hui cette proportion est tombée à 30 pour cent, le plastique et l'aluminium s'étant substitués au bois. Parallèlement, le bois se repositionne dans certains usages traditionnels grâce à une bonne industrialisation des produits, à une adaptation des techniques de pose visant à accélérer les processus de construction, à un bon rapport qualité-prix et à des performances reconnues (parquet et revêtements de sol divers, lambris, ameublement extérieur, etc.). Enfin, le bois entre de plus en plus dans la fabrication de nouveaux composites offerts sur le marché depuis deux décennies: les panneaux de fibres à densité moyenne, les panneaux de particules orientées, le placage lamellé, ainsi que leurs différents dérivés. Dans ces produits, le bois est moins apparent et sa présence est plus difficilement identifiable. La plupart des automobilistes ignorent que les habillages intérieurs d'un certain nombre de voitures sont réalisés à partir de panneaux composites à base de bois.

Les évolutions technologiques doivent être adaptées et développées pour satisfaire à la demande croissante des secteurs consommateurs que sont la construction, l'ameublement et l'emballage. L'industrialisation des procédés de fabrication exige une matière première homogène, de qualité (pas nécessairement de très haute qualité) constante, contrôlée, certifiée, sous forme d'approvisionnements réguliers. Le clonage et la sélection génétique permettront de répondre en partie à ces exigences. La demande en bois de plantation devrait fortement augmenter. Les recherches sur le déterminisme génétique et les propriétés des bois ne font que commencer, mais elles constitueront un axe fort de recherche pour la décennie à venir. Après identification des gènes responsables de certaines caractéristiques essentielles comme la résistance mécanique ou la durabilité naturelle, les sciences forestières pourront être confrontées elles aussi aux questions d'éthique liées à l'introduction de plants génétiquement modifiés dans les plantations et les plans de reboisement du futur.

À plus court terme, les professionnels devront être plus en mesure de livrer aux utilisateurs des produits adaptés, performants, fiables et économiquement très compétitifs. Il n'existe pas de segment de marché privilégié où le bois pourrait ne pas être substitué par des matériaux concurrents issus, qui plus est, de filières industrielles plus puissantes ou mieux organisées. Les chercheurs se doivent d'être de plus en plus attentifs à la demande du secteur et à l'évolution des marchés, et d'accompagner les professionnels jusqu'au bout de la démarche d'innovation en s'impliquant dans le transfert de technologie, l'appui technique et la formation.

