

Fibres de bois et chimie du bois : les nouvelles utilisations du matériau bois

Résumé du rapport du Pipame sur les marchés actuels des nouveaux produits issus du bois

par Nathalie JAUPART-CHOURROUT

La forêt française se caractérise par une ressource forestière grandissante, mais aussi, tout particulièrement en région méditerranéenne, par une sous-exploitation de cette ressource et une filière forêt-bois en fort déficit.

C'est dans ce cadre que le Pipame¹ a lancé une étude qui examine comment le développement de « nouveaux » produits (bois massif, bois fibre, bois chimie et bois énergie) peut stimuler le marché des produits issus du bois.

La synthèse² que nous propose ici l'auteur, concerne les nouveaux produits à base de bois fibre et bois chimie, produits innovants qui devraient être de nature à favoriser une dynamique de croissance, en apportant des réponses à des besoins identifiés et à l'émergence de nouveaux usages.

1 - Pôle interministériel de prospective et d'anticipation des mutations économiques. On peut se procurer le rapport complet sur internet à l'adresse :

www.industrie.gouv.fr/p3e/etudes-prospectives/bois/

2 - Cet article est publié ici avec l'aimable autorisation de la revue *La Forêt Privée*, dans lequel il est paru en octobre 2012 (n°327).

La Forêt Privée, 61 Av. de la Grande Armée 75116 Paris www.laforetprivee.com

Parmi les innovations récentes qui changent les perspectives pour les débouchés du bois, beaucoup concernent l'utilisation des fibres de bois ou, encore à plus petite échelle, des molécules de bois, grâce à ce que l'on appelle la xylochimie (chimie du bois).

Le bois fibre

Le bois fibre est utilisé depuis longtemps par les papeteries. Les débouchés classiques sont les papiers à usage graphique, les papiers d'emballage et de conditionnement, les papiers à usage domestique et sanitaire, ainsi que les papiers à usage industriel et papiers spéciaux. L'industrie papetière représente en 2010 une production de 718 M euros (valeur HT) pour un effectif de 1 637 personnes pour l'industrie des pâtes et 5 950 M euros (valeur HT) pour un effectif de 13 633 personnes pour l'industrie du papier-carton. Entre 2000 et 2010, les indicateurs économiques de ce secteur sont en baisse (la France a perdu 600 000 tonnes de capacité de production de papier et carton en 2011), et, pour renouer avec la croissance, l'industrie papetière doit se renouveler et se diversifier en saisissant l'opportunité de la croissance verte et des technologies de la communication.

Les papetiers ont donc investi depuis quelques années dans plusieurs secteurs : l'électronique imprimée, la cogénération (les papeteries sont parmi les entreprises qui répondent le plus aux appels d'offre dits CRE) ou encore les matériaux composites à destination du secteur de la construction, les isolants en fibres de bois ou le bois plastique qui intègre en majorité de la farine de bois.

Le développement de ces filières bois fibre se heurte au problème de leur compétitivité face à la concurrence étrangère, en particulier de celle des usines de pâtes d'Amérique du Sud. Afin de répondre à cette concurrence, certains pays, tels que le Canada, ont pris rapidement le parti de se concentrer sur le bois fibre afin d'en comprendre les caractéristiques et de valoriser son utilisation. En France, la plate-forme de recherche et d'innovation Xyloforest lancée en juillet 2011, travaille sur ces aspects. Il s'agit de l'un des projets d'Equipements d'Excellence retenus dans le cadre des Investissements d'Avenir. Son champ d'application couvre l'adaptation des ressources forestières aux changements climatiques, l'ingénierie du bois-construction, la valorisation énergétique et chimique des fibres et de la biomasse forestière. Xyloforest vise à doter les laboratoires de recherche d'équipements de haut niveau afin d'accroître les connaissances des systèmes forêt-bois et développer des solutions innovantes et durables capables d'ajouter de la valeur aux forêts.

Grâce à la dotation de 10,2 M d'euros, six plateaux techniques vont progressivement être installés d'ici 2013 : trois sont consacrés à la production forestière ; trois autres sont consacrés à la valorisation industrielle.

- Xylosylve : systèmes sylvicoles innovants
- Xylobiotech : biotechnologies forestières
- Xylomic : génomique et phénotypage des arbres
- Xyloplate : ingénierie avancée du bois
- Xylomat : produits composites à base de bois
- Xylochem : chimie et bio-raffinerie du bois

désormais des secteurs traditionnellement non utilisateurs de ces composants (santé, édition, éclairage, emballage, etc.) et, plus largement, l'ensemble des secteurs où l'électronique conventionnelle ne peut s'appliquer, pour des raisons de coût ou de recherche de flexibilité des substrats, de faible épaisseur ou de transparence.

Le développement de ces nouveaux procédés sur support cellulosique se heurte pour le moment au manque de réactivité des imprimeurs, due à la complexité des process mis en jeu, qui demandent de posséder des compétences à l'interface de l'industrie papetière, de la chimie et de l'électronique et, pour le moment, ce sont les supports plastique et verre qui dominent ce marché. L'acquisition des techniques d'électronique imprimée et le développement d'applications sur supports cellulosiques est donc un réel enjeu pour l'industrie papetière.

Les recherches dans le secteur de l'électronique imprimée demandent des investissements importants, et l'Asie et l'Amérique du Nord concentrent pour le moment 56 % des investissements mondiaux. L'Europe contribue pour sa part à cette recherche par le biais du PCRD (Programme cadre de recherche et développement) dont les deux derniers appels d'offre ont retenu 34 projets pour un montant de 140 M d'euros. La France porte seule un projet dans le cadre du CTP (Centre technique du papier) et participe à un tiers des projets, l'Allemagne porte six projets européens et participe à la quasi-totalité des projets et la Finlande, l'un des leaders mondiaux de l'électronique imprimée, domine largement les autres.

Électronique imprimée

L'électronique imprimée permet de substituer d'autres supports (verre, plastique et cellulose) au support en cuivre d'un circuit imprimé, notamment pour la réalisation d'étiquettes informatives et antivol dans de nombreux produits ou emballages. Il est possible aujourd'hui d'imprimer directement sur papier des composants électroniques, tels que des capteurs, des mémoires, des afficheurs, mais également des éléments fondamentaux comme les transistors ou des résistances.

Le champ des applications de l'électronique imprimée est considérable et touche

1 - Les partenaires de Xyloforest sont : l'INRA, l'école des Arts et Métiers ParisTech, l'Ecole Supérieure du Bois, le FCBA, l'Université de Pau et des Pays de l'Adour et l'Université de Bordeaux

Matériaux barrière et fonctionnels

L'industrie papetière s'intéresse aussi aux matériaux barrière et fonctionnels. Les matériaux barrière peuvent empêcher le transfert des gaz (O₂, CO₂, etc.) et de vapeur d'eau, prévenir l'invasion de micro-organismes, préserver certaines propriétés telles que la qualité, la saveur, la couleur, ainsi qu'augmenter la durée de vie des produits emballés. Les emballages haute performance offrent, quant à eux, une résistance et une durabilité améliorées par rapport à des emballages traditionnels. Bien que la majorité des produits finaux soit utilisée par le

secteur de l'emballage, principalement pour l'industrie agroalimentaire, les applications des matériaux barrière et fonctionnels sont nombreuses et incluent également, par exemple, la pharmaceutique et la cosmétique.

Ces secteurs devraient se développer du fait de la croissance globale de la demande en emballages, et des préoccupations écologiques et de sécurité alimentaire, sans compter la lutte contre les contre-façons.

La France s'est positionnée sur ces marchés au travers de deux technologies : la chromatogénie et les NFC (NanoFibrilles de Cellulose).

La chromatogénie est une technologie de traitement de surface des matériaux permettant de protéger les composés sensibles à l'eau. Développée en France au niveau industriel par le CTP et la société BT3 Technologies, grâce aux travaux du CNRS, cette technologie s'étend à l'étranger, en particulier à l'Allemagne.

Les NFC sont, quant à elles, des nanoparticules² longues et flexibles composées de brins cristallins de cellulose intercalés de domaines amorphes. Possédant de bonnes propriétés de flexibilité, elles trouvent des applications dans de nombreux domaines et peuvent, par exemple, être utilisées en tant que renfort dans les matériaux nanocomposites. Les possibilités d'utilisation des NFC sont très étendues et restent encore à préciser mais, du fait de leurs capacités fonctionnelles, elles devraient s'ouvrir à un vaste domaine d'application, de la technique à la médecine. Il s'agit par ailleurs d'un des axes de recherche de la plate-forme Xyloforest et plus spécifiquement du plateau Xylochem.

L'isolation fibre de bois

Les préoccupations d'économie d'énergie dans les bâtiments soutiennent le développement de l'isolation, en particulier à base de matériaux naturels, en substitution des isolants traditionnels à base minérale ou de la pétrochimie. Les fibres de bois, qui ont également des propriétés d'isolation phonique, sont actuellement majoritaires parmi les fibres végétales ou animales utilisées.

Le développement des isolants à base de fibre de bois est pour le moment limité du fait de leur coût de fabrication élevé et de leur inflammabilité pas encore bien maîtrisée.

sée, mais leur marché dynamique et en plein essor attire quelques grandes entreprises. Les PME ont du mal à suivre du fait de l'importance des investissements nécessaires.

On note actuellement une forte présence des fabricants allemands au travers des entreprises Gutex, Homatherm, Knauf Insulation ou Steico. Pavatex (Suisse), Hofatex (Slovaquie) ainsi que Isoroy (filiale française de la société Sonae Industria, Portugal) sont également des acteurs actifs en Europe. En France, les intervenants sont principalement étrangers (Allemagne, Pologne, Suisse), mais quelques acteurs français sont présents, parmi lesquels : Actis, Domus Matériaux, Isonat, Isover, et Sotextho.

La croissance de ce marché nécessitera de toute façon d'augmenter les capacités de production sur notre territoire et cinq sites devraient bientôt s'implanter en France, dont une usine construite par le groupe suisse Pavatex.

Bois et chimie

La raréfaction des ressources pétrochimiques favorise l'essor de la chimie du végétal et la recherche de matières premières de substitution d'origine renouvelable, telles que la biomasse. C'est la raison pour laquelle la chimie du végétal a bénéficié depuis une quinzaine d'années d'efforts sans précédents, tant au niveau financier pour des avancées techniques conséquentes, que de politiques de soutien nationales et internationales.

La chimie du bois ou xylochimie s'inscrit potentiellement dans la chimie du végétal. Elle est encore émergente (bien que ce soit une pratique ancienne par ailleurs ! mais qui avait été supplantée par la pétrochimie dans bien des domaines), au niveau national comme mondial, le bois n'ayant pas encore trouvé sa place par rapport aux matières premières agricoles, privilégiées par les grands groupes agro-industriels. Cette situation devrait évoluer du fait de la remise en cause de la valorisation non alimentaire des ressources agricoles dans un contexte mondial de pénurie alimentaire.

La chimie du bois ouvre de nombreuses opportunités, tant en termes de croissance que de marché potentiel, dans plusieurs secteurs : les produits chimiques « verts », les alcools, les résines et plastiques biosourcés,

2 - Nanomolécules : très petites molécules

les plates-formes de produits chimiques, les composites à base de bois, etc. Chacun de ces usages connaît des taux annuels de croissance forts, de 5% pour les produits chimiques « verts », et allant jusqu'à près de 24% annuels pour les résines et plastiques biosourcés. La chimie du bois valorise de nombreuses molécules constitutives du bois : la cellulose (les fibres qui donnent leur rigidité et leur texture aux plantes, dont les arbres), les hémicelluloses et la lignine (favorisant l'adhésion des fibres entre elles), présentes dans la proportion approximative de 50/25/25, auxquelles se rajoutent les matières extractibles et minérales (molécules de petite taille plus ou moins concentrées dans certaines parties des plantes).

La **cellulose** est aujourd'hui essentiellement valorisée à travers les usages papier-carton, une minorité étant consacrée à des usages chimiques/textiles, où elle peut être utilisée en tant que composant, adhésif, dans la cosmétique (par exemple au sein de vernis à ongle), mais également dans la conception de textiles, tels la viscose.

La **lignine** est, quant à elle, extraite du bois pour former la liqueur noire, principalement brûlée pour fournir de l'énergie nécessaire à la confection du papier. Mais elle peut ainsi rentrer dans la composition d'arômes, notamment l'arôme de vanille (ou vanilline), de résines, en servant d'agents de charge et de liants, ou d'adhésifs, notamment dans les colles à froid à base d'aminoacide et de phénoplastes. Ses propriétés peuvent également servir pour l'émulsification des ciments ou comme base pour la production de charbon actif (à l'image des pro-

ducts que peut concevoir Tembec Tartas). L'utilisation pour les biocarburants est également étudiée et de récents travaux de R&D ont abouti à la production de méthanol à partir de liqueur noire, étape cruciale dans le domaine de la production de biocarburants de deuxième génération.

Les **hémicelluloses** peuvent être utilisés dans des domaines aussi variés que l'industrie papetière ou l'industrie pharmaceutique. À titre d'exemple, la gomme arabique peut être utilisée dans le collage dans l'industrie papetière (étiquettes, etc.) mais a également des usages dans les liants de gouaches et aquarelles. D'autres hémicelluloses trouvent des applications dans des usages thérapeutiques ou cosmétiques et peuvent également rentrer en tant qu'additifs.

Les **matières extractibles**, nombreuses et variées, ont des usages dans plusieurs secteurs, dont les industries pharmaceutique et chimique, et constituent un champ nouveau en plein essor :

– les **terpènes** sont des molécules variées et complexes qui confèrent leur odeur au bois et possèdent également des propriétés valorisables dans des applications antiseptique, bactéricide et fongicide. La présence de ces composés dans le bois diffère d'une essence à l'autre (les résineux possédant par exemple davantage de terpènes) ;

– les **tanins, la gemme ou l'isoprène** sont également des molécules à potentiel. La gemme est utilisée par exemple dans la production d'essence de térébenthine et de colophane, l'isoprène dans la constitution de caoutchouc de synthèse ou naturel ; les tanins sont utilisés dans la maturation du vin, la coloration de peaux, la préservation ou l'industrie pharmaceutique. Les tanins permettent également de valoriser les écorces et peuvent se substituer pour la préparation de résines et d'adhésifs. Leur polymérisation permet d'obtenir des mousses rigides ou des gels solides aux propriétés remarquables : légèreté, résistance mécanique élevée, coût de revient bas, infusibilité, complète ininflammabilité et conductivité thermique basse pour les premières, légèreté, coût de revient bas, absence d'irritation, opacité, conductivité électrique et capacités d'isolation pour les seconds. Les applications de ces dérivés sont donc nombreuses : les mousses rigides peuvent être utilisées dans le transport, l'emballage, la marine, l'aéronautique, l'automobile, l'électronique, la construction, l'isolation, etc. quand les gels

Photo 1 :
Culture médicinal d'if
(un peu délaissée
aujourd'hui) dans une
abbaye en Bourgogne.
L'if (*Taxus baccata*), utilisé
au moyen âge comme
poison, est reconnu
aujourd'hui pour ses pro-
priétés anticancéreuses.



solides peuvent être utilisés pour la catalyse, l'isolation thermique, le stockage électrochimique par absorption d'ions, etc.

D'autres extractibles peuvent également trouver des applications dans les secteurs agroalimentaire, cosmétique et pharmaceutique, en tant que compléments alimentaires dans la prévention des maladies. Les **polyphénols** issus du bois ont par exemple une forte capacité antioxydante et peuvent aider en prévention de plusieurs maladies dégénératives liées au stress oxydatif, telles qu'Alzheimer ou certains cancers. Autres exemples, les **phytostanols**, qui empêchent l'absorption du cholestérol. Les voies de recherche pour les alicaments sont donc nombreuses et, bien qu'ayant déjà quelques applications, ne sont pas encore explorées dans leur ensemble.

Citons à titre d'exemple le projet BIOEX-TRA, porté par Biolandes et le CTP, et ayant pour objectif de développer les utilisations industrielles de substances polyphénoliques bio-actives extraites de résidus industriels de bois, en remplacement des molécules de synthèse. Ou encore le pôle de compétitivité « Cosmetic Valley » en Eure-et-Loir, développé autour d'un pôle existant d'industries cosmétiques. Le pôle rapproche industries et centres de recherche autour des molécules actives du bois, en consacrant une part importante de ses recherches à l'inventaire et l'exploration des usages traditionnels dans le monde entier. Les plus prestigieuses industries de parfum et plus généralement de cosmétiques recourent à ces molécules pour leurs produits, d'autant que de nombreuses molécules issues du monde animal préalablement utilisées ont été interdites par les associations de défense des animaux. Au-delà des usages cosmétiques, les propriétés de ces molécules intéressent l'industrie pharmaceutique sont nombreuses.

La gazéification

La gazéification représente une autre valorisation possible du bois, sur le plan énergétique cette fois.

Elle consiste à transformer le bois en gaz — après avoir subi des traitements de combustion, synthèse ou méthanolisation — utilisable pour générer d'autres formes d'énergie. Le bois gazéifié génère un gaz combustible possédant un rendement pouvant atteindre

La Cosmetic Valley

La Cosmetic Valley a été fondée en 1994 par Jean-Luc Ansel, en regroupant des industries cosmétiques, des laboratoires de recherche, et des centres de formation dans le Sud-Ouest de la région parisienne. En 2005 la Cosmetic Valley a été labellisée pôle de compétitivité.

Aujourd'hui, seul pôle mondial de cosmétologie et leader dans ce secteur, elle regroupe 500 entreprises de produits cosmétiques, dont tous les plus grands noms de la parfumerie (Guerlain, Paco Rabanne, Nina Ricci, Clarins, L'Oréal, Sisley, Estée Lauder, Chanel, Dior, etc.) et 250 laboratoires de recherche.

Avec une croissance annuelle de 10 %, le pôle se développe et représente 50 % de l'activité de parfumerie/cosmétique française, secteur florissant de notre économie, qui génère un excédent commercial de 11 milliards euros, le deuxième excédent de la France et emploie 63 000 personnes.

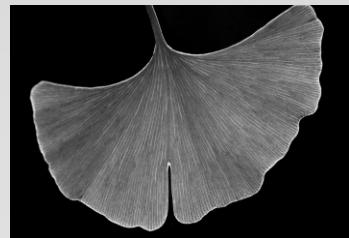
Créée il y a quatre ans, la cosmétopée est une science en plein développement qui représente 60 M d'euros de projets de recherche. Les recherches portent sur le recensement et la valorisation des pratiques cosmétiques traditionnelles du monde entier, dont beaucoup sont en voie de disparition et demandent à être recueillies au plus vite. La plupart de ces pratiques utilisent les propriétés des plantes ou des animaux. Si l'utilisation de substances produites par des animaux est désormais proscrite par les ligues de défense des droits des animaux, celle des molécules produites par les plantes, parmi lesquelles de nombreux arbres, est en plein développement, que ce soit en pharmacopée ou en cosmétique.

Pour recenser les précieuses propriétés cosmétologiques des plantes, le pôle développe des partenariats avec des Universités des pays du monde entier, en Afrique, en Polynésie, en Océanie, Amérique du Sud, etc., et participe ainsi à la protection des plantes identifiées.

Les arbres sont particulièrement concernés par ces recherches, car, placés en haut de l'échelle de l'évolution des plantes, ils sont très riches en molécules actives complexes, qu'ils produisent pour se défendre contre les insectes ou les divers agents pathogènes environnants, molécules que l'on retrouve dans l'écorce, les feuilles ou les fruits des arbres et que l'on peut extraire.

Les industries de la parfumerie utilisaient des extraits de plantes depuis longtemps et sont particulièrement intéressées par les innovations dans ce domaine. La parfumerie et la cosmétique sont portées par un marché en pleine expansion dans le monde, où la France se place en leader par son savoir-faire historique qui reste inégalé.

Les grandes innovations sont la lutte contre le vieillissement de la peau, son blanchiment (un marché très important chez les populations des pays africains et asiatiques), la mise au point de parfums sans alcool ou de conservateurs sans parabène, ou encore la microencapsulation dans les tissus de molécules actives (comme les produits amincissants intégrés dans les tissus des jeans...).



Le Gingko Biloba, un des premiers gymnospermes, a des propriétés antioxydantes : il est utilisé comme anti-vieillissement et favorise la circulation veineuse. Il a aussi des propriétés anticancéreuses recherchées par les laboratoires pharmaceutiques, notamment pour la lutte contre le cancer du sein.



Plantation de oud, connu aussi sous le nom de bois d'agar ou bois d'aloès. C'est le bois le plus cher du monde. L'arbre n'a de valeur que s'il est infecté par un champignon, il produit alors une résine très recherchée.

les 85%. Ce procédé possède l'avantage de produire à la fois de la chaleur et de l'électricité (cogénération), d'exploiter les déchets de bois inutilisés, ainsi que d'être potentiellement valorisé en carburant (grâce au procédé BtL *Biomass-to-Liquid*). À titre d'exemple, une centrale de gazéification qui consomme 65 000 m³ de bois chaque année est capable de générer 20 GWh d'électricité couvrant les besoins de près de 6 700 ménages et 100 GWh de chaleur couvrant les besoins de 5 500 ménages. Des recherches sont lancées sur l'extraction du méthane pur issu de la gazéification du bois en vue de produire du gaz naturel de synthèse (GNS), substitut du gaz d'origine fossile. Procédé ancien, la gazéification se présente aujourd'hui comme une solution contemporaine pour les problématiques liées à l'énergie et à la préservation de l'environnement.

Les bioraffineries se développent de plus en plus à travers le monde, et sont souvent initiées par des papetiers. En France, une première initiative a été lancée par le canadien Tembec. Citons également le projet Gaya, coordonné par GDF Suez et qui a pour objectif de développer une filière décentralisée de production de biométhane à partir de la gazéification de biomasse selon un procédé thermochimique de deuxième génération.

Ces voies de valorisation font partie du programme stratégique de recherche de la plateforme technologique FTP (*Forest Technology Platform*). Cette plate-forme européenne, déclinée également au niveau français, couvre l'ensemble de la filière, y compris l'amont forestier. L'entité nationale de FTP, le NSG-France, s'attache par ailleurs à faire valoir les particularités françaises au sein de la plate-forme.

L'avenir de la chimie du bois en France dont l'enjeu majeur est la maîtrise de la décomposition moléculaire du bois, passe par la capacité à mobiliser un ensemble d'acteurs, industriels issus du bois mais également de la chimie et académiques, autour de projets d'envergure dans une approche intégrée de fabriques ligno-cellulosiques ou bioraffineries.

Dans un premier temps, il sera important de s'appuyer sur des initiatives de regroupements ou de projets existants. En particulier, il est à noter que plusieurs pôles de compétitivité sont positionnés en tout ou partie sur la chimie du bois : Xylofutur en Aquitaine, Industries et agro-ressources (IAR) en

Champagne-Ardenne, Axelera en Rhône-Alpes, Agrimip innovation en Midi-Pyrénées et Fibres dans le Grand Est. Le positionnement de ces cinq principaux pôles s'est récemment renforcé par la création de l'Union des pôles de la chimie verte du végétal (UPC2V). Ses actions regrouperont, d'une part, la réalisation, à l'échelle nationale, d'une cartographie des différents projets sur la chimie du végétal actuellement portés par les pôles de compétitivité impliqués et d'un annuaire des compétences, afin de faciliter l'accès aux gisements de recherche et d'innovation et, d'autre part, la mise en valeur, à l'international, des compétences françaises dans le domaine.

De même, la recherche en chimie du végétal est de plus en plus soutenue en France, notamment au travers des Investissements d'Avenir, et en particulier par le biais des Instituts d'excellence en énergies décarbonées (IEED) ou des Instituts Carnots, des synergies étant à trouver avec certains projets retenus pour développer la chimie du bois.

Deux projets d'IEED ont notamment été labellisés dans le domaine de la chimie du végétal : Pivert (Picardie innovations végétales, enseignements et recherches technologiques à Venette dans l'Oise) et INDEED (Institut national pour le développement des écotechnologies et des énergies décarbonées, à Lyon).

Conclusion

On le voit, les applications possibles pour les fibres et les molécules de bois sont nombreuses mais, si elles représentent des débouchés potentiels intéressants pour les bois de qualité secondaire, il serait dommage d'y consacrer nos plus belles grumes. Le problème de la ressource disponible risque de se poser ainsi que celui de la rémunération des producteurs, dans des secteurs où il n'y aura peut-être pas de place pour une valorisation fine et détaillée du matériau bois. Enfin, la concurrence avec les autres utilisations des bois de qualité secondaire, panneaux et bois énergie, déjà problématique, risque d'obliger à des choix entre utilisations.

N.J.C.

Nathalie JAUPART-
CHOURROUT
La Forêt Privée
61 Av. de la Grande
Armée 75116 Paris
Tél. : 01 45 00 46 61
Fax : 01 40 67 16 62
Mél:
njc@laforetprivee.com
www.laforetprivee.com