

ORGANISATION INTERNATIONALE DU BOIS TROPICAL

**LE BAMBOU, UN SUBSTITUT AU BOIS
EN CHINE**

Rapport final du projet PD 124-91 REV. 1 (M)

**publié par le Centre d'Informations concernant le bambou
de l'Académie Forestière de Chine**

**Beijing, Chine
Mars 1994**

SOMMAIRE

PARTIE I. LES RESSOURCES EN BAMBOU ET LEUR

Introduction	(1)
1. Caractéristiques biologiques du bambou	(3)
2. La répartition des ressources en bambou	(5)
3. Les ressources chinoises en bambou et leur caractéristiques	(7)
4. La situation actuelle des ressources en bambou de chine	(13)
5. Idées d'amélioration des ressources en bambous	(19)

PARTIE II. PANNEAUX DE BAMBU

1. Le bambou contre plaqué	(23)
2. Le bambou lamifié	(31)
3. Produits en bambou moulé	(32)
4. Panneaux de particules	(33)
5. Panneaux lamifiés de bambou	(33)
6. Panneaux de fibres de bambou	(33)
7. Panneaux de laine de bambou et de	(34)
8. Parquet en bambou	(34)
9. Considérations	(34)
10. Exemples d'utilisation des panneaux de bambou	(35)

PARTIE: III. FABRICATION DU PAPIER DE BAMBOU

1. Situation générale de la fabrication du papier de bambou	(58)
2. Techniques de production mécanique du papier	(67)
3. Situation de la fabrication du paper à base de bambou	(11)

INTRODUCTION

Les forêts tropicales des deux hémisphères diminuent de volume à raison de 17 millions d'ha par an. Des forêts tropicales entières sont détruites par les industriels pour leur bois, par les autorités locales pour augmenter leurs fonds, et par les autochtones pour leurs besoins quotidiens. La plupart des problèmes auxquels les êtres humains font face actuellement, tels que la perte de la Bio-diversité, le réchauffement de la température du globe, le trou dans la couche d'ozone, sont les résultats directs et indirects de la disparition des forêts. Il est d'utilité mondiale d'arrêter ce fléau. Selon certains experts, l'une des possibilités pour sauver les forêts tropicales est de trouver des substituts à leur bois.

Le bambou pousse vite, il se cultive facilement et son utilisation est multiple. Le système extensif de son rhizome et son feuillage épais sont d'une grande importance pour la conservation du sol et de l'eau. Des opérations massives d'utilisation du bambou assurent l'emploi de la main-d'oe uvre locale. Son chaume peut remplacer le bois lors de certains processus de transformation. C'est pourquoi, les experts pensent que le développement de l'industrie du bambou permettra un allègement de la pression sur les forêts, facilitera la croissance des communautés locales, et améliorera l'environnement naturel. Les forêts tropicales seront ainsi protégées des destruction futures.

La protection de l'environnement et le développement économique sont les deux problèmes majeurs du monde actuel. L'exploitation des plantations de bambou et l'utilisation de ce dernier aideront, dans certaines mesures, l'humanité à résoudre ces problèmes.

La Chine est riche en bambous et l'histoire de leur culture et utilisation y est fort ancienne. On en a retrouvé des traces datant d'il y a plusieurs millénaires. L'industrie du bambou, dont celle des produits traditionnels, des panneaux, du papier, de la nourriture et du combustible à base de cet arbre se développe rapidement dans certaines provinces depuis peu. Plus d'une centaine de millions de personnes vivent partiellement ou totalement du bambou. Des recherches sont menées activement dans ce domaine. Plus d'une centaine de communications concernant l'espèce sont publiées chaque année dans le pays.

Depuis que les pays tropicaux d'Asie, d'Afrique et d'Amérique du Sud souffrent des terribles conséquences de la destruction de leurs forêts, l'étude sur les pratiques d'exploitation chinoises sera probablement une aide aux autorités et aux savants de ses

pays, qui cherchent des moyens de réfréner la disparition des forêts, de maintenir la balance écologique et d'assurer une stabilité rurale.

Ce rapport de recherche a été réalisé par le Centre d'informations sur le bambou, l'Académie Forestière de Chine, avec le soutien financier de l'Organisation Internationale du Bois Tropical.

PARTTE I . LES RESSOURCES EN BAMBOU ET LEUR GESTION

1. Caractéristiques biologiques du bambou

Les bambous sont classifiés selon qu'ils poussent en massif ou en tige. Généralement, ils se propagent par reproduction végétative. Le rhizome situé dans le sol s'étend horizontalement avec des bourgeons aux nuds de la partie que se trouve à l'extérieur. Ceux-ci deviendront des bambous en tige à pied unique, le tout formant un tout. Parfois, l'expansion horizontale du rhizome possède des nuds rapprochés et de nombreuses racines qui forment une large boule de laquelle les bourgeons poussent hors du sol. Ceux-ci deviennent les multiples pieds du bambou et s'étendront dans toutes les directions sur de longues distances. Le nouveau chaume pousse toujours près de l'ancien. Quelques fois, les racines continuent à croître et deviennent de faux rhizomes qui se développent en bambou en tige à pieds multiple, formant un ensemble. Certaines espèces possèdent à la fois des rhizomes à pied unique et à pieds multiples. De toutes façons dans un endroit où il y a beaucoup de chaume au sol, le bambou unique et le massif de bambous ont les parties souterraines étroitement connectées, formant une entité qui peut être qualifiée de bambou. Le rhizome, le tronc et les chaumes en sont les ramifications. Le chaume est relié au rhizome, les pousses sont reliées au chaume et les chaumes contribuent à la croissance des rhizomes. La reproduction des bambous est un cercle vicieux. Rhizome, chaume et pousse sont interdépendants. Ils interagissent et s'influencent mutuellement. La plupart des espèces de bambous ne s'épanouissent qu'une seule fois. Avant la floraison, souvent des phénomènes anormaux apparaissent. Par exemple, il y a moins de pousses, les feuilles jaunissent ou blanchissent. Les glucides de la plante augmentent tandis que sa teneur en N diminue. Le bambou peut fleurir en toute saison. Dans la plupart des cas, cela commence au printemps, au moment où le feuillage change. Au début, une seule plante fleurit, puis progressivement d'autres jusqu'à l'ensemble tout entier. Après avoir fleuri et que les graines soient tombées, le bambou meurt.

Les bambous possèdent de grandes facultés d'adaptation. On les retrouve dans les vallées, les plaines, les régions accidentées et montagneuses. Exceptés dans les déserts, les sols très alcalino-salins, et les marais longtemps dépourvus d'eau, ils poussent presque partout. Mais la grande majorité préfèrent les climats chauds et humides, et les sols très fertiles. Cependant, les capacités diffèrent suivant les circonstances. Les terrains et reliefs variés forment différents environnements économiques. Leur répartition reflète leur adaptation aux conditions environnementales. En règle

générale, les bambous en tige se retrouvent dans les altitudes élevées, à basse température et ont de grandes facultés d'adaptation. Les bambous en massif poussent surtout en basse altitude, dans un climat chaud et humide, et leur capacité à s'adapter est faible. La température, les précipitations et le taux d'humidité, le type de sol et son drainage sont les principaux facteurs qui influencent la croissance et la répartition des bambous. Par exemple, le Moso tolère le froid, mais préfère les climats chauds et humide. Les caractéristiques climatiques des zones où on le trouve sont les températures élevées, une pluviosité abondante avec un haut taux d'humidité, surtout au printemps. La température annuelle moyenne est de 17 à 18°C, avec une période de gel allant de la mi-décembre au début du mois de mars. Les précipitation uniformément réparties sont de 1500 mm. Le taux d'humidité moyen est de 75 à 83%. Il n'a pas de véritable saison sèche. Le sol est presque entièrement de couleur pourpre à cause des sables schisteux datant de la période du Jurassique Moyen. Il est profond, humide, relativement argileux, avec une haute teneur en matières organiques, et un pH de 5.0-5.8. Le bambou Moso pousse surtout dans les provinces des moyens et bas biefs du fleuve Yantze et dans les régions du sud-ouest de la Chine. Le Bambou Jaune est un type de bambou thermique. Le climat qu'il affectionne est caractérisé par une température moyenne annuelle de 19.8-21.5°C, un ensoleillement annuel de 1860-2150 heures, et une moyenne annuelle des précipitations de 1200-1530 mm. Il ne fait ni chaud en été, ni froid en hiver. C'est un été long sans hiver, un printemps qui se prolonge jusqu'à l'automne avec de nombreuses précipitations. Le temps est humide, chaud et brumeux. La saison sèche est bien distincte de la saison humide. Le type de sol qui convient est formé de latérite ou d'argile rouge latéritique. En Chine, le Bambou Jaune se retrouve en basse altitude sur la frontière nord de la zone tropicale. Le Bambou Fontaine est un bambou des températures froides, qui pousse généralement dans les régions montagneuses à hautes altitudes où l'été est court, l'hiver apporte neige et brouillard, et le taux d'humidité est élevé. Il pousse à 2000-3000 m au-dessus du niveau de la mer. Les caractéristiques climatiques de la plupart des régions où on le rencontre sont celles de la zone sub-alpine. En effet, le climat et le sol sont identiques à ceux des régions sub-alpines des forêts de conifères. D'autres bambous, tels que le Bambou Affinité, possèdent de larges facultés d'adaptation. Ce dernier préfère les temps froids et humides. De plus, il tolère les grands froids et la sécheresse. Il pousse mieux dans l'ombre et en milieu humide et peut aussi se développer dans les régions où il y a une saison sèche distincte et un sol dur et sec. Suivant les sites, le bambou peut être catalogué selon qu'il préfère les températures froides, chaudes, ou qu'il ait des caractéristiques thermiques.

Les bambous possèdent les mêmes caractéristiques que les plantes graminées. A la différence près qu'ils ont leur propre particularité en ce qui concerne la morphologie

extérieure des organes végétatifs, la structure des organes reproducteurs tels que la fleur et le fruit, la croissance régulière, la morphologie extérieure de l'ensemble, l'habitus écologique, la composition de l'entité et la distribution géographique. De plus, ils font partie de la famille des plantes vivaces, toujours vertes. Les traits distinctifs de cette espèce sont les suivants :

1) Toujours vert : la plupart des espèces de bambous ne perdent pas leurs feuilles et sont vertes toute l'année.

2) Population : un bambou sur pied ou un massif de bambous forme une entité. Différents arbres peuvent donner naissance ensemble à un pied.

3) Facultés d'adaptation : les bambous ont de grandes facultés d'adaptation. Ils se retrouvent depuis la zone tropicale jusqu'à la zone tempérée, des plaines jusqu'aux sommets montagneux. Certaines espèces croissent dans la zone tempérée froide et dans les montagnes, à une altitude de 4500 m, mais pouvant tout aussi bien pousser dans tous les climats.

4) Croissance rapide : le bambou atteint son stade adulte en 3 à 5 ans. C'est pour cette raison que, dans la classification des végétaux, on considère le bambou comme une espèce particulière, et qu'il se retrouve dans le groupe des forêts à bois dur. Selon le site, l'humidité et les conditions thermiques, il est classé en trois sous-parties : forêts de bambous tempérées froides, forêts de bambous tempérées chaudes, et forêts de bambous thermiques.

Indépendamment de ceux qui poussent naturellement, les bambous peuvent être cultivés, gérés et devenir un produit artificiel, à cause de leur forte valeur économique, de leurs multiples usages, de leur croissance rapide et de leur reproduction aisée. Les plantations de Moso sont les plus larges étendues artificielles de Chine. Dans la plupart des cas, elles sont pures. Dans des conditions naturelles, les bambous croissent au milieu de forêts d'arbres à bois dur, principalement parmi les forêts tropicales et subtropicales où ils sont partie dominante et où ils jouent un rôle décisif dans la dynamique de l'ensemble, appelé forêt mixte. Actuellement des recherches sont menées dans le domaine de la mixité de bambous avec d'autres espèces. En se basant sur l'interactivité, la complémentarité des caractéristiques biologiques et écologiques, et les conditions favorisant l'immunité et la croissance de l'arbre, des espèces de bambous sont sélectionnées pour la mixité. Cependant, la priorité est donnée actuellement aux recherches sur les relations entre les espèces d'une forêt naturellement mixte et sur la croissance pour pouvoir fournir des données scientifiques à l'établissement de plantations mixtes de bambous.

2. La répartition des ressources en bambou

Le Bambusoideae est divisé en plantes graminées (les bambous herbacés) et en bambous (ceux à bois). La première catégorie comprend 180 espèces de 28 genres, poussant surtout en Amérique. En Chine, il n'y a qu'une seule espèce, nommée *Lepidaspis Formosana* (originnaire de Taiwan, ou peut-être une espèce introduite). Il pousse en Amérique, en Afrique et en Océanie. On ne le retrouve pas à l'état sauvage en Europe.

Comme les bambous sont caractérisés par une croissance rapide, une large faculté d'adaptation, une grande valeur économique et une capacité de reproduction élevée avec des rhizomes qui s'étendent constamment dans toutes les directions, les plantations de bambous sont régulièrement créées. Ces 20 dernières années, bien que les surfaces forestières ont diminué chaque année, les forêts de bambous se sont étendues de manière constante. Des statistiques incomplètes démontrent que la superficie totale des forêts de bambous sur la planète s'élève à plus de 14 millions d'hectares, dont la majorité poussent dans les zones tropicale et subtropicale avec une faible proportion dans les régions tempérées et froides. Parmi les forêts de bambous du monde, celles qui croissent en Asie sont les plus larges. En Asie du sud-est, on en compte plus de 10 millions d'ha. Ensuite, viennent par ordre décroissant l'Amérique, l'Afrique et l'Océanie. En Europe, il n'existe pas de forêts de bambous naturelles, mais quelques espèces importées et cultivées.

Les bambous se répartissent à travers 3 régions importantes du monde : l'Asie et la région de l'Océan Pacifique, l'Amérique, l'Afrique.

La région asiatique et de l'Océan Pacifique est la plus large, s'étendant au sud jusqu'à Singapour (42xS), au nord jusqu'au milieu des Iles Kurile (51xN), à l'est jusqu'aux archipels de l'Océan pacifique, et à l'ouest jusqu'en l'Inde. Dans cette vaste région, on recense plus de 900 espèces de bambous de 50 types différents. Il y a des bambous en massif et en tige. Plus de 100 espèces possèdent un chaume élevé et épais, de bonne qualité, offrant un rendement économique intéressant. L'Asie du sud-est est le lieu d'origine des bambous ainsi qu'un centre de distribution moderne de l'espèce. Dans cette partie du monde, les plus riches ressources se trouvent en Chine puis en Inde. La région américaine comprend l'Amérique du Nord et l'Amérique du Sud, s'étendant jusqu'au sud de l'Argentine (47xS) et à l'est de l'Amérique (40'N). Nous y recensons plus de 270 espèces de bambous de 18 types différents, et plus de 100 espèces de 24 genres de bambous herbacés. Mis à part certaines espèces, leur rendement économique est peu élevé. Bien que le *Bambusa Tuldoidea* sp. soit un bambou en tige, les 17 autres genres du bambou américain poussent en massif. En Amérique du Nord, il n'existe aucune sorte de bambou locale exceptés l'*Arundinaria* et ses 2 sous-espèces. Le Mexique, le Guatemala, l'Honduras, la Colombie, le

Venezuela, et la Vallée de l'Amazone, pays et régions qui s'étendent entre les tropiques du Cancer et du Capricorne, sont tous des centres de distribution de bambous à espèces nombreuses et terrains larges. Les bambous se raréfient au fur et à mesure que l'on avance dans les régions situées au sud de l'Argentine. Ils poussent surtout à l'est de l'Amérique et y jouent un rôle moins important qu'en Asie dans le développement des cultures, de la production et de la vie humaine. La répartition des bambous en Afrique est assez limitée. Elle s'étend du sud du Mozambique (22xS) à l'est du Soudan (16xN) et est composée d'une forêt aux pluies tropicales et d'une ceinture forestière mi-sempervivens, mi-caducue, qui s'étirent du nord-ouest au sud-est, principalement du sud du Sénégal, de la Guinée, du Liberia, du sud de la Côte d'Ivoire, du Sud du Ghana, du Sud du Nigéria, du Cameroun, du Gabon, du Congo, pays situés sur la côte ouest de l'Afrique, au Zaïre, à l'Ouganda, au Kenya, à la Tanzanie, au Mozambique, situés sur la côte est du continent, et à Madagascar. voilà le centre de distribution africain des bambous. Cependant, ils y sont peu abondants. On n'y trouve que quelques espèces, comme le *Garcinia*, *Oxytenanthera* sp., et le *Bambusaldoides* sp., formant de larges forêts pures ou mixtes, de moyenne et basse hauteur. A Madagascar, on compte approximativement 40 espèces de 11 genres, bien plus que sur le continent. En Afrique, on totalise 43 espèces de 14 genres, réparties sur 15 millions d'ha. Actuellement, la plupart des forêts de bambous de la planète sont laissées à l'abandon. Les arbres étant abusivement abattus et les forêts étant mal gérées, ces dernières ne procurent qu'un faible rendement économique. En Chine et au Japon, elles sont gérées au plus haut niveau.

3. Les ressources chinoises en bambou et leur caractéristiques

3.1. Les ressources chinoises en bambou

La Chine possède les plus riches ressources en bambous de monde et en est un important centre de distribution. Elle abrite de vastes étendues de terre, traversant les zones tropicales, subtropicales, tempérées et froides. On rencontre dans la zone tropicale des bambous en massif à pied multiple, dans la zone subtropicale des bambous en tige à pied unique, et dans les hautes altitudes des bambous en massif à pied multiple ainsi que des bambous à pied mixte ayant une grande tolérance au froid.

La Relation entre le genre et l'espèce des *Bambusoideae* relève de la taxinomie. Les problèmes proviennent du fait de la longueur du cycle de floraison et de l'incomplétude de la collection des spécimens d'organes reproducteurs recoltés à des moments différents. De nos jours, des études satisfaisantes sont menées sur les *Bambusoideae* et pas mal de progrès ont été réalisés dans ce domaine. Depuis 1788, lorsqu'un savant suédois du nom de A. J. Retzius publia son rapport dans lequel il

mentionnait pour la première fois le bambou, les scientifiques du monde entier l'ont classifié en 2 siècles, en plus de 1400 espèces de 120 genres. Mais de grandes divergences de vue existent à propos de certaines classifications. Des bambous sont mal classés ou confondus en une seule catégorie. D'autres classifications ne correspondent en rien aux lois du Code International de la Nomenclature Botanique. 1000 espèces de 70-80 genres sont reconnues par la majorité des scientifiques. La Chine abrite 400 à 500 espèces de 40 genres. Jusqu'à présent, il n'existe pas de système général de taxinomie botannique. Les principaux genres en Chine sont; Le *Melocanna Trin.*, le *Lepidocaulon Chia* et *H. L. Fung*, le *Schizostachyum Nees.*, le *Pseudostachyum Munro*, le *Cephalostachyum Munro*, le *Thyrsostachys Gamble*, le *Melocalamus Benth.*, le *Dinocaulon Buse.*, le *Teinostachyum Munro*, le *Bambusa Ritz.*, le *Dendrocalamopsis* (*Chia* et *Fung*) *Keng f.*, le *Neosinocalamus Keng f.*, le *Dendrocalamus Nees.*, le *Gigantochloa Kurz*, l'*Indosasa McClure*, le *Sinobambusa Makino*, le *Brachystachyum Keng*, le *Semiarundinaria Makino*, le *Qiongzhueta Hsueh* et *Yi.*, le *Chimonobambusa Makino*, le *Shibataea Makino*, le *Phyllostachys Sieb* et *Zucc.*, le *Chimonocalamus Hsueh* et *Yi*, le *Drepanostachyum Kieng f.*, le *Fargesia Franchet*, le *Yushania Keng f.*, le *Thamnocalamus Munro*, le *Monocladus Chia* et al, l'*ampelocalamus Chen* et al, le *Racemobambos Holttum*, l'*Acidosasa Chu* et *Chao*, le *Logostachyum Wang* et *Ye*, le *Pleioblastus Nakai*, le *Bashania Keng g.* et *Yi*, le *Gelidocalamus Wen*, le *Pseudocalamus Makino*, le *Sasa Makino* et *Shibata*, l'*Indocalamus Nakai*, le *Ferocalamus Hsueh* et *Keng f.* Il existe aussi différents points de vue en Chine à propos de la taxinomie des bambous. Par exemple, dans l'*Encyclopedie Agricole; La Sylviculture*, 32 genres sont répertoriés. Grâce aux progrès scientifiques et techniques et aux recherches plus abondantes, la taxinomie du bambou se rationalisera et se perfectionnera.

3.2. La répartition géographique des bambous en Chine

La plupart d'entre-eux se concentrent dans les régions du centre, du sud, et du sud-est de la Chine. Les régions du sud-ouest sont remarquables pour la distribution naturelle du bambou, surtout dans la province du Yunnan. D'une manière générale, les bambous en tige croissent dans la vallée du Yangtze, et les bambous en massif de haute taille dans les régions du sud et du sud-ouest de la Chine. En raison des conditions géographiques, climatiques et historiques, les espèces du Yunnan sont non-seulement nombreuses, mais aussi d'une origine ancienne et d'une flore très complexe. Jusqu'à présent, les bambous recensés dans le Yunnan font partie de 200 espèces de 30 genres. Le Sichuan avec ses 200 espèces de 24 genres se positionne dans les premiers rangs des centres de distribution de Chine. Le Fujian étant riche en bambous, est également une des régions les plus productives. Il y a plus de 140 espèces de 16 genres. Le Zhejiang se situe au milieu de la ceinture forestière semper-

viréens tropicale de bois dur, riche en bambous. On y recense 99 espèces de 19 genres, 14 variétés de 13 types. Avec l'introduction de 59 espèces de bambous de 5 genres, de 8 variétés et de 13 types, le Zhejiang possède 158 espèces de 24 genres, 22 variétés de 26 types. De plus, dans la province du Hunan, on répertorie 200 espèces de 16 genres. Dans les Jiangxi, les bambous naturellement présents sont de 70-80 espèces de 18 genres, et on a introduit 12 espèces de 4 genres. Dans le Jiangsu, il y a 56 espèces de 9 genres, dans le Henan, 23 espèces de 6 genres, dans le Guizhou, 54 espèces de 15 genres, dans le Gansu, 16 espèces de 7 genres et une variété, à Taiwan, 56 espèces de 18 genres (y compris les espèces introduites), dans l'Anhui 39 espèces de 9 genres, et dans le Guangxi, 92 espèces de 19 genres (les variétés et types inclus).

Des 400 espèces de bambous de Chine, la plupart sont d'une grande importance économique et ont été développées et utilisées par les hommes. Par exemple: le bambou Moso est une espèce très répandue et qui tient la plus grande place dans les ressources en bambous. Tout est important, son bois comme ses branches. En Chine, on compte 50 espèces de bambous à feuillage de bonne qualité. En plus du Moso, ceux qui couvrent une large superficie, qui possèdent un haut rendement et une meilleure qualité sont: le bambou feuillu du début du printemps, le bambou à gaine douce, le bambou feuillu sucré, le bambou à gaine rouge, le bambou glaucue du Jiangsu, le bambou de pierre, le bambou carré Jinfushan, le bambou carré, le *Dendrocalamus* à larges fleurs, le bambou large, et le bambou géant. Ceux qui sont utilisés pour faire du papier sont le *Phyllostachys* sp., le *Pleiolobastus* sp., le *Bambusa* sp., le *Dendrocalamus* sp., le *Neosinocalamus* sp., et le *Chimonobambusa* sp. En plus de tous ceux-ci, il y a encore beaucoup d'autres bambous de qualité qui sont utilisés dans la vannerie et l'horticulture. Des ressources abondantes créent des conditions favorables pour la culture, le développement et l'utilisation de bambous.

Sauf dans les provinces du Heilongjiang et de Jilin, en Mongolie Intérieure et dans le Xinjiang, les bambous poussent dans 27 provinces (municipalités et régions) de Chine, mais ils se répartissent surtout au-delà de la vaste plaine au sud du 40°N. Dans les régions qui s'étendent à l'ouest et au nord, on rencontre de moins en moins d'espèces. Dû à la différence de climat, de sol et de relief, et aux caractéristiques biologiques, la répartition des bambous a incontestablement des traits régionaux. On peut établir une classification en 5 régions comme suit: la région nord aux bambous en tige. Celle-ci inclut le sud-est du Gansu, le nord du Sichuan, le sud du Shaanxi, le Henan, le Jiangsu, le sud du Shandong et le sud-ouest du Hebei. Dans cette région, il y a 29 espèces de 10 genres, 10 variétés et types. Les espèces principales sont le bambou en tige, tel que le *bashania* sp. et le *Phyllostachys* sp. Selon une distribution horizontale, la région est subdivisée en 3 zones de distribution naturelle: la zone au climat humide subtropical nord dans la vallée de la Huai et dans les hauts biefs de la

vallée du Yangtze, la zone au climat semi-humide tempéré chaud, dans les moyens et bas biefs de la vallée du Fleuve Jaune, et la zone au climat semi-aride tempéré chaud dans les provinces du Gansu et Shaanxi.

La région forestière mixte du Jiangnan; elle comprend la sud-est du Sichuan, le Hunan, le Jiangxi, le Zhejiang et le nord-ouest du Fujian aux 25-30°N. Les forêts de bambou en tige s'y mélangent à celles de bambous en massif. Les espèces en tige sont le *Phyllostachys* sp., l'*Indocalamus* sp., le *Pleioblastus*; tandis que les espèces en massif sont le *Neosinocalamus* sp. et le *Bambus* sp.. C'est dans cette région que l'on trouve les plus larges plantations de bambous qui fournissent le plus haut rendement. Surtout pour celles de Moso. En d'autres mots, c'est là que se trouve le centre de distribution de bambous Moso, exemple de la prospérité de l'industrie du bambou.

La région alpine du sud-ouest; elle comprend le sud-est du Tibet, le nord-est et le nord-ouest du Yunnan et l'ouest et l'est du Sichuan dans la chaîne des Montagnes Transversales. Dans cette région, les espèces de bambous les plus importantes sont le *sinarundinaria* sp. et le *Yushania* sp. qui sont des bambous alpines à pied multiple. Généralement, on les trouve entre 1500 et 3800 m, même plus.

Région sud du bambou en massif; selon la composition du pied et de la qualité du site, cette zone se subdivise en 2 autres régions: la région de la Chine du sud et celle de la Chine du sud-ouest. La première inclut Taiwan, les régions côtières du Fujian, le sud de la montagne naning dans la province du Guangdong et la sud-est du Guanxi où l'on trouve au sud une ceinture forestière de bois dur toujours vert dans un climat subtropical de mousson, ainsi qu'une forêt de mousson tropicale et une ceinture forestière pluvieuse. Les principales espèces de bambou en massif sont le *bambusa* sp., le *Schizostachyu*, sp., et le *Monocladus* sp., parmi lequel d'autres espèces de bambus Genu font partie, tout ceci formant un riche centre de distribution. De plus, il existe des bambous à pied mixte tels que le *Sinobambusa* sp. La région du sud-est de la Chine comprend l'ouest du Guangxi, le sud du Guizhou et la majeure partie du Yunnan. Les principales espèces que l'on y trouve sont le *Dendrocalamus* sp., le *Gigantochloa* sp., le *Cephalostachyum* et le *Thyrsostachys* sp., parmi lesquels il y a des espèces de *Dendrocalamus* Genus, formant un centre de distribution de ce genre.

La région Jiondian du bambou Scandent; celle-ci inclut le centre sud de l'île de Hainan, le sud du Yunnan, les régions frontalières du Yunnan, et les régions situées au Sud du Tibet. Cette région est principalement caractérisée par une abondance d'espèces de bambous Scandent en massif, tels que le *Melocalamus* sp., le *Dinocloa* sp., le *Schizostachyum* sp., et le *Monocladus* sp.

Bien que la ceinture forestière de bois dur caduque de température chaude s'étendant des régions nord du Fleuve Jaune, en Chine du nord, à la province du Shandong, ne soit pas la région où l'on trouve le plus de bambous, dans certaines zones, on le cultive et il y a des espèces de bambous sauvages qui poussent dans les collines, de façon dispersée. Simplement, les espèces de bambous sont moins nombreuses. Il n'y a pas d'espèces endémiques, nous ne parlons pas de genre endémique. Le *Pleioblastus Chino Makino*, une espèce sauvage qui pousse dans les collines de l'est du Liaoning est le seul bambou que l'on trouve dans l'extrême nord de la Chine.

En Chine, il existe non seulement une différence significative de distribution horizontale du bambou, du nord au sud, mais aussi une différence verticale. En général, dans les régions à basse altitude, la majorité des espèces sont le *Bambusa sp.*, le *Dendrocalamus sp.*, le *Schizostachyum sp.*, et quelques bambous en lianes. Dans les régions de haute altitude, se sont le *Fargesia sp.*, le *Yushania sp.*, et le *Thamnocalamus sp.*, tandis que le *Chimonobambusa sp.* et le *qiongzhuena sp.* se trouvent plutôt dans les régions de moyenne altitude de Chine.

3.3. La superficie de forêts de bambous en Chine

La Chine possède de riches ressources en bambous ainsi qu'une longue histoire de la culture, de la transformation et de l'utilisation de ces dernières. Elle se place aux premiers rangs parmi les pays qui possèdent des ressources en bambous, de forêts de bambous et de troncs grandissants, ou qui produisent du bois ou des pousses de bambous. Le bambou, on peut le dire, joue un rôle dominant dans la sylviculture de Chine.

Les statistiques du 4e inventaire des forêts les plus larges (1984-1988) montrent que la superficie totale des régions forestières de Chine atteint 3.6602 millions d'ha, dont 113900 ha sont situés dans la province de Taiwan. Les forêts de bambous représentent 2.94% des forêts de Chine. Il est donc évident que l'industrie du bambou de Chine joue un rôle important.

Dû aux caractéristiques écologiques et biologiques des bambous et à celles du terrain, du relief, et du climat, les forêts de bambous de Chine sont principalement situées dans le sud du pays, couvrant les provinces du Fujian, Jiangxi, Hunan et Zhejiang. La superficie totale des forêts en question dans ces quatre provinces est de 2.1514 millions d'ha, soit 60% de la superficie totale au niveau national qui est de 3.

5463 millions d'ha (non-compris Taiwan). Parmi celle-ci, la surface forestière de bambous dans le Fujian est de 609200 ha, soit 16.7% du total national, se plaçant ainsi au premier rang du pays. Juste après vient la province du Jianxi avec 534 000 ha, soit 15.1% du total national. Celle dans la province du Hunan est de 522 000 ha, soit 14.7% du total national, et dans le Zhejiang, on en trouve 486 200 ha, soit 13.7% du total national. De plus, il y a plus de 100 000 ha de forêts de bambous dans le Sichuan, le Guangdong, l'Anhui, le Guangxi, le Yunnan et le Hubei. Dans chacune de ces 7 provinces, on compte 6.7; 5.9; 7.4; 2.5; 1.0 et 1.0% de surface forestière. Dans d'autres provinces et municipalités du sud de la Chine telles que le Guizhou, le Jiangsu et Shanghai, il y a aussi des forêts de bambous. Dans la Chine du nord, on en trouve moins et elles sont surtout situées dans la provinces du Shaanxi, avec une superficie de 38 400 ha. En plus de ceci, il y a encore quelques forêts de bambous dans le Henan, le Shanxi et le Shandong.

Parmi les ressources en bambou de Chine, c'est le bambou Moso qui prédomine. En effet, il couvre 74.2% de la superficie totale des forêts de bambous de Chine. Dans les provinces du Fujian, Jiangxi, Hunan et Zhejiang qui produisent du bambou, les forêts de bambous Moso sont les principales, et la proportion de telles forêts dans chaque province est d'environ 90%. La superficie totale des forêts de bambous dans ces quatre provinces représente 31.2% du total national.

L'industrie du bambou diverge suivant la propriété. La plupart des forêts appartiennent à l'Etat tandis que les forêts et les industries de bambous sont surtout de propriétés collectives ou individuelles. La superficie de ces dernières est de 32 744 millions d'ha, soit 92.3% du total national.

Dans les années 80, grâce aux progrès technologiques et à la demande croissante de bambou, de nouvelles plantations ont été établies chaque année, tandis que la superficie a diminué annuellement. En 1981, la superficie des plantations de bambous nouvellement installées fut de 18267 ha, en 1986, elle fut de 7 200 ha, et à la fin des années 80, elle avait encore baissé par rapport à ces chiffres. Au début de ces années, les plantations avaient été établies dans les provinces du Hunan, Hubei, Sichuan, et Zhejiang. Tandis que vers la fin des années 80, le Guangdong, le Guangxi et Zhejiang devinrent les principales provinces où les plantations étaient installées.

En 1989, le bambou croissant en tronc de Chine totalisa 38.639 milliards de chaumes. Faisant partie de ce groupe, le bambou Moso chiffrà 7.96 milliards de chaumes, soit 20.6% du total. Les bambous variés en tige représentent 79.4%. Bien que dû à leur petite taille et leur poids léger, le nombre de bambous variés est plus

élevé que celui du bambou Moso, leur rendement est encore loin de rattraper celui de ce dernier. Donc, les bambous Moso croissant en tronc occupent toujours une position dominante.

4. La situation actuelle des ressources en bambou de Chine

4.1. L'expansion continue des régions à bambous

La superficie des plantations de bambous sur le territoire chinois est de 3. 55 millions d'ha, avec des réserves de plus de 80 millions de tonnes, la superficie totale des régions à bambous étant de plus de 7 millions d'ha, incluant celles à bosquets naturels de bambous (Zhou Fangchun, 1991)

Au début des années 50, la superficie des plantations de bambous était de 2. 6 millions d'ha. En 40 ans, de 1950-1990, l'augmentation annuelle de cette superficie fut de quelques 40 mille ha par an. Lors des 7 dernières années, cette augmentation s'éleva à 49 mille ha par an.

Les raisons d'une telle augmentation sont : 1) Les autorités de tous les niveaux ont toujours favorisés les plantations de bambous. Il y a 141 cantons pourvus de conditions naturelles favorables à la croissance des bambous, répartis dans 12 provinces et régions autonomes. Les autorités accordèrent des investissements importants à 70 cantons, considérés comme des bases de production de bambous. 2) Les bambous ont toujours été mélangés à d'autres espèces d'arbres, formant des forêts mixtes. Après a-battage, la seconde repousse s'effectue avec dominance de bambous. C'est pourquoi les surfaces forestières de Chine diminuent tandis que celle en bambous augmentent de 2% par an (Lou Chong, 1991).

La province du Sichuan possède 739, 000 ha de plantations de bambous et de bosquets naturels. Selon les statistiques des ressources de 1984-1988, la superficie des plantations fut de 342, 000 ha, 1. 4 fois plus que celle entre 1977 et 1981 (144, 000 ha). La rapide augmentation des plantations de bambous du Sichuan est due à la volonté d'établir des manufactures produisant du papier à base de bambou. Une raison secondaire est que les forêts ont été endommagées, les forêts mixtes avec une croissance insuffisante des bambous se transformèrent en forêts pures de bambous et ont été considérées comme des plantations de bambous devant être gérées (Liu Yun, 1991).

Deux inventaires des ressources forestières nationales indiquent que la surface des

plantations de bambous s'est étendue de 346 700 ha. Mais selon les statistiques de secteur de la sylviculture, il y eut 83 000 ha de nouvelles forêts de bambous, ce qui montrent que trois quart d'entre-elles furent des bois de bambous secondaires formés après abattage.

Changements dans les plantations de bambous situées dans les principales provinces de Chine produisant du bambou (basés sur 2 inventaires réalisés entre 1977 et 1988)
(Unité: 1000 ha)

Tableau 1. 1

Province	2e Inventaire (1984-1988)	1er Inventaire (1977-1981)	Pourcentage (%)	
			1er - 2e	2e - 1er
Fujian	609	580		105
Jiangxi	534	456		117
Hunan	522	493		106
Zhejiang	486	486		100
Sichuan	342	144		237
Guangdong	317	341		93
Anhui	176	143		123
Guangxi	163	173		94
Yunnan	144	158		91
Hubei	124	83		149
Guizhou	50	51		98
Shaanxi	38	38		100
Jiangsu	23	41		56
Total	3546.3	3199.6		111

4. 2. Le déclin de la qualité des ressources en bambou

Selon les données des inventaires des ressources forestières nationales réalisés en 1977-1981 et en 1984-1988; la qualité es ressources a décliné. La proportion des bambous en tige *Phyllostachys Pubescens* (Bambou à large diamètre) est passée de 78% à 71%, tandis que celle des régions à bambous mixtes est passée de 22% à 29%. Le volume total du *Phyllostachys Pubescens* qui est de 3,579.57 millions de chaumes, a diminué pour atteindre 3,383.56 millions de chaumes. Le montant de bambous en tige est passé en moyenne de 1,434 chaume par ha à 1,339 chaumes par ha.

Tableau 1. 2 Le déclin de la qualité des ressources en bambou

Année	superf. des plant. de bambous (1000 ha)		Ph. Pubescens superf. chaumes (1000 ha)		Autres espèces superficie (1000 ha)	
1977-	3196. 6		2496. 8		357. 957	703. 0
1981	(100%)		(78. 8%)		(1434/ha)	(22%)
1984-	3546. 3		2526. 4		338. 356	101. 99
1988	(100%)		(71%)		(1339/ha)	(29%)

La surface nationale de forêts de bambous s'est étendue de 49% tandis que leur volume a seulement augmenté de 29% entre 1957 et 1980. L'ouvrage "Points Princi-paux du Plan de Développement de l'Industrie du Bambou de Chine entre 1992 et l'an 2000" admettait qu'au cours de ces 40 dernières années, la surface des régions à bambous et leur volume ont augmenté de 50%.

4. 3. Le bas niveau de production de bambous

Le livre "La situation forestière actuelle de Chine" publié en 1985 insiste sur la rapide croissance du bambou et sur sa forte rentabilité. Il ne faut que 5-6 ans au bambou Moso pour atteindre l'âge de pouvoir être abattu et d'être utilisé, ce qui est de 10 à 20 ans plus rapide qu'en ce qui concerne d'autres espèces d'arbres à croissance rapide. Le taux annuel de rendement/ha des forêts de bambous est beaucoup plus im-portant que celui des forêts de conifères ou d'arbres de feuillus. Dans de bonnes condi-tions de croissance, les forêts de bambous permettent un rendement de 22. 5-30t/ha, soit 2 ou 3 fois plus que les forêts de pins chinois.

D'après l'inventaire, les régions de bambous placées sous gestion intensive ne représentent seulement que 3-5% du total des régions de forêts de bambous de Chine, avec un rendement annuel de 7. 5-30t/ha. Les régions de bambous placées sous ges-tion normale ou extensive représentent 25-30% et 65-70% du total, et les rendements furent respectivement de 1. 5-7. 5t/ha et de moins de 1. 5t/ha. Depuis qu'une grande partie des forêts de bambous sont sous gestion extensive, le bambou de Chine rap-porte un profit peu élevé par unité territoriale. Le rendement annuel moyen n'est que de 1. 5t/ha. Dans les régions éloignées, les bois de bambous sont laissés à l'abandon, rarement cultivés et utilisés. Tandis que dans les régions accessibles, les bambous sont surexploités et le chaume des bambous est plutôt fin. La gestion de la plupart des bois de bambous est loin d'être au stade d'une croissance graduelle des rendements

et d'être soutenue.

4. 4. La production de chaumes de bambous subit de sérieuses fluctuations

Dans les années 60, on comptait 60 à 70 millions de chaumes par an, 90-100 millions des années 70 à 1984, puis la production a connu une forte baisse entre 1985 et 1986, pour atteindre le niveau précédent en 1987. En 1991, la production a fortement augmenté et atteint 292 millions de chaumes. Le rapide développement de l'industrie de transformation de ces dernières années a stimulé leur abattage. Le marché du bambou a fort changé, et le surplus d'offres s'est transformé en un surplus de demandes. Un tel marché est favorable au développement des plantations de bambous. Mais une crise latente est possible dans le sens où les ressources en bambous peuvent être à nouveau endommagées si le précédent système de gestion n'est pas revu une fois pour toutes.

4. 5. La situation actuelle des ressources en bambous est plus satisfaisante qu'inquiétante

Tableau 1. 3 Rendement du bambou en Chine de 1949 à 1990
(unité: million de chaumes)

Année	rendement	Année	rendement	Année	rendement
1949-1952	27. 10	1965	70. 31	1979	105. 07
1953	26. 43	1966	69. 91	1980	96. 21
1954	50. 21	1967	72. 23	1981	86. 56
1955	59. 02	1968	66. 03	1982	101. 83
1956	124. 9	1969	66. 19	1982	96. 01
1957	93. 48	1970	69. 58	1983	96. 01
1958	148. 73	1971	75. 42	1984	91. 17
1959	155. 47	1972	76. 29	1985	56. 41
1960	88. 69	1973	144. 93	1986	77. 16
1961	49. 93	1974	99. 54	1987	118. 55
1962	60. 76	1975	90. 73	1988	262. 11
1963	68. 53	1976	104. 39	1989	152. 38
1964	67. 26	1977	107. 99	1990	187. 14
		1978	111. 81		

La production de bambous dans la province du Zhejiang a atteint 70, 570, 000 chaumes en 1991, ce qui équivaut au rendement annuel moyen de tout le pays dans les années 60 et 70. La qualité des ressources en bambous dans cette province s'est améliorée en tant que résultat de cette rapide augmentation de rendement. Tandis que la surface en bambous s'étend, la densité de bambous par unité territoriale est passée de 1, 725 chaumes/ha à 1, 980 chaumes/ha.

" Une revue sur le développement de l'industrie du bambou en Chine" (1990)

écrite par le Centre de Recherches et de Développement du Bambou, placée sous la direction du Ministère des Forêts indiquait : " La situation actuelle du bambou en Chine est plutôt préoccupante. La gestion est extensive et moins efficace, le volume des Forêts diminue, le rendement par unité territoriale décline, le taux d'utilisation est bas, les produits en bambous sont de mauvaise qualité, les bénéfices économiques sont faibles et il y a régression de la structure industrielle, etc. " Ces dernières années, le gouvernement a investi seulement quelques centaines de milliers de RMB Yuan par an dans la recherche technologique et scientifique, ce qui signifie moins que 0.15 Yuan/ha en moyenne. Il semble que la situation générale du bambou sur le territoire chinois cause plus de soucis que de satisfaction. Les exemples suivants en témoignent :

Tableau 1. 4 Rapport du rendement en bambou entre 1987 et 1991 par province
(Unité : million de chaumes)

Province	1991	1987	Ration (91/87)
Zhejiang	70.571	8.66	815
Guangdong	54.0769	21.39	253
Fujian	49.1669	12.67	388
Hunan	32.7475	20.88	157
Jiangxi	29.1120	12.36	236
Yunnan	15.4071	8.49	181
Guangxi	11.6781	6.67	175
Hubei	7.3669	17.76	41
Shaanxi	6.1082	2.13	287
Anhui	5.9503	4.41	135
Jiangsu	4.6195	0.39	1184
Guizhou	2.3439	0.83	282
Sichuan	2.2471	1.82	123
Henan	0.3324	0.09	369
Total	91.7328	11.855	246

4.5.1. Le canton Chongyi de la province du Jiangxi

La superficie de régions à bambous dans ce canton a été réduite d'un quart (de 35,100 ha à 26,600 ha) en 11 ans (de 1975 à 1986). Leur volume a baissé de 41%. Leur densité se réduisit de 1,927 chaumes/ha à 1,425 chaumes/ha. Sur un rayon de 1.5 km de chaque côté des autoroutes, des forêts de bambous résiduelles s'étendent. Les chaumes s'amincissent. Des *Phyllostachys Pubescens* ayant un diamètre de plus de 33 cm à la hauteur des yeux sont rares. Dans cette zone difficilement accessible, les bois de bambous sont livrés à eux-même (Shen Shixiang, 1989).

Tableau 1.5 Le déclin de la zone de bambous dans le canton de Chongyi
(Inventaire 1975-1986)

Année	Superficie (ha)	Volume (chaumes)	Densité (Chaumes/ha)
1975	35,100 (100%)	64,132,101 (100%)	1,827 (100%)
1980	29,085 (82.9%)	49,495,464 (77.2%)	1,701 (93.1%)
1986	26,600 (75.8%)	37,908,162 (59.1%)	1,425 (78%)

4.5.2. Le canton de Jian'ou, province du Fujian

Ce canton possède 62,000 ha de *Phyllostachys Pubescens*. En prenant le canton comme unité, la zone de bambous de Jian'ou est la première de Chine. Le nombre de bambou est proche des 100 millions de chaumes/ha. Mais leur rendement est plutôt bas. Selon les statistiques, les forêts de bambous du canton rapportent par an moins de 30 chaumes/ha de bambous commerciaux et 37.5kg/ha de pousses séchées. La valeur de production moyenne par ha est de 450 Yuan (Zheng Jinyan, 1992)

4.5.3. Le canton de Yihuang, province du Jiangxi

En 1987, ce canton possédait 12,800 ha de *Phyllostachys Pubescens* et le nombre de bambous s'élevait à 11.38 millions de chaumes. Le canton de Yihuang fait partie des 70 cantons où l'on a replanté 1 million de chaumes de *Phyllostachys Pubescens* commercial, entre 1977 et 1985, et c'est l'une des quatre réserves de matériel brut choisies par la Compagnie de Papier de Fuzhou, de la province du Jiangxi. En 1989, Rao Junda, un officiel des autorités du canton de Yihuang, a déclaré ceci: "La culture du bambou n'intéresse pas les paysans. Au début des années 50, le canton de Yihuang était riche en ressources en *Phyllostachys Pubescens*. La forme des bois était compacte, le diamètre des chaumes large. Bien que les forêts de bambous aient été endommagées pendant le Grand Bon En Avant et la Révolution Culturelle, leur volume, selon les statistiques, atteignait en 1981 21.22 millions. La situation des ressources en *Phyllostachys Pubescens* s'est aggravée ces dernières années. Selon les statistiques de 1985, ces bambous connaissent une croissance intensive dans cinq parties du canton, soit sur 8,300 ha de terrains. On y récoltait seulement 882 chaumes/ha, quelque 99% des bambous souffrent de surexploitation et de mauvais traitement.

4.5.4. Le canton de Tongren, province du Guizhou

La montagne Linlong à Tongren abritait en 1982 5412.9 ha de *Phyllostachys Nidularia* cv. à gaine douce, et en 1989, 6,218.7 ha, tandis que leur volume diminuait de 59.91% (de 3243,199 tonnes à 129,584 tonnes), soit de 59,709 kg/ha à 27,585 kg/ha. Le diamètre à hauteur des yeux et la taille d'un bambou se réduisent d'année en année. Le poids de chaque chaume diminue avec un taux de 66.27%. Les résultats inévitables seront que les ressources en *Phyllostachys Nidularia* à gaine douce disparaîtront sans une gestion efficace et une prévention à la déforestation (Wang Jianping, 1993).

4.5.5. Province du Fujian

Selon le rapport du Journal du Fujian, publié le 20 septembre 1986, le Fujian possède les plus larges zones en *Phyllostachys Pubescens* de Chine. quelque 572,00 ha de pieds de bambou ont été plantés jusqu'en 1984, ce qui représente quatre fois plus qu'au début des années 50. Mais le nombre de bambous n'était seulement que de 1,170 chaumes/ha, tandis qu'entre 1953 et 1957, en 1963, et en 1978, il fut respectivement de 4,035, 1,731 et 1,335. Le gouvernement lance un appel pour une gestion des bambous identique à celle des arbres. les ressources en bambous devraient être plus riches et le bambous de meilleure qualité après une culture rationnelle et le rendement devrait être soutenu. La Chine a une énorme population et donc moins de terres disponibles pour les ressources qu'avant. Uniquement par augmentation de la productivité des forêts de bambous de manière continue, il sera possible de réaliser un rendement soutenu.

5. Idées d'amélioration des ressources en bambous

La transformation des bois à faible rendement est la solution au développement des ressources en bambous. On estimait (1993, Xiao Jianghua) que la zone de forêts de bambous gérées s'étendait sur 4 millions d'hectares sur le territoire chinois, soit 0.4 million d'ha de plus qu'en 1988. Le programme national de développement de l'industrie du bambou de 1992 à l'an 2000 appelle à la transformation et à l'établissement de 1,733 million d'ha de forêts de bambous pour l'an 2000, soit 1.6 million d'ha transformés et 0.133 million d'ha nouvellement créés. Ces chiffres représentent respectivement 92.3% et 7.7% du total.

5.1. Transformation des forêts de bambous à faible rendement

Les régions forestières de bambous Moso représentent 3/4 des régions à bambous. Le rendement annuel par unité territoriale n'est que de 1.5t/ha. "Les

techniques d'exploitation pour haute rentabilité du *Phyllostachys Pubescens*" publié par l'Institut du Bambou de l'université de sylviculture de Nanjing, l'Institut des forêts subtropicales de l'Académie des Forêts de Chine, l'Institut de sylviculture du Jiangxi, l'Institut de sylviculture du Sichuan, Institut de sylviculture du Guangxi et l'Institut Liuzhou de sylviculture du Guangxi, est d'application à travers toute la Chine. Le rendement par unité territoriale des forêts de bambous Moso placées sous ces techniques dépasse les 15t/ha, soit 10 fois plus que les forêts gérées de façon ordinaire. Le professeur Chen Rong considère d'après ses expériences que la meilleure densité de bambous oscille entre 3000 et 4500 chaumes/ha. La densité des bambous Moso produits à haut rendement dans le canton de Shimen, province du Zhejiang, se situe dans ces zones là.

Parmi les forêts de bambous de Chine, celles gérées de manière intensive (de première classe), celles gérées de manière normale (2^{ème} classe) et celles qui sont mal-gérées représentent respectivement 7%, 30% et 67%, avec des densités de plus de 3000 chaumes/ha, de 1500 à 3000 chaumes/ha, et de moins de 1500 chaumes/ha. Le Programme de Développement appelle à la transformation de 666,700 ha de forêts de bambous de 3^{ème} catégorie en forêts de 2^{ème} classe. La zone devant être modifiée représente 1/4 du total de la superficie des forêts de bambous Moso de Chine. Le but est d'augmenter le volume de ces dernières, d'élever le rendement par unité territoriale et de fonder des lignes directrices pour la culture des bambous à haut rendement.

5.2. Création de zones pouvant produire du bois de bambou à haut rendement

Le but principal du programme est de fournir des matières premières de qualité à l'industrie du bois de bambou contre-plaqué, et d'exploiter les Mosos sur les 166 600 ha de forêts déjà existantes.

5.3. Création de zones de culture à haut rendement de pousses et de chaumes

Il s'agit d'établir 400,000 ha de culture à haute rentabilité de pousses et de chaumes pour l'an 2000, et de fournir des matières premières de qualité à l'industrie de transformation des chaumes et transformation de 666,700 ha de forêts de bambous de 3^{ème} catégorie en forêts de 2^{ème} classe. La zone devant être modifiée représente 1/4 du total de la superficie des forêts de bambous Moso de Chine. Le but est d'augmenter le volume de ces dernières, d'élever le rendement par unité territoriale et de fonder des lignes directrices pour la culture des bambous à haut rendement, de qualité à l'industrie du papier. Parmi les 246,700 ha de terrains que l'on exploitera, 133,300 ha seront alloués aux forêts de bambous Moso, 66,700 ha aux forêts de bambous en mas-

sif, et les 446, 700 ha restants qui abritent déjà des forêts de bambous en massif, seront placés sous meilleure gestion. 50% de ces terrains se situent dans le Sichuan, 30% dans le Guangxi, et 20% dans les Guizhou.

L'usine changjiang de papier du Sichuan exploite 3300 ha de forêts de bambous à Yibin depuis 1983 et fournit des copeaux de bambous destinés à la fabrication du papier depuis 1989. Chaque année, elle produit en moyenne 20,000 tonnes (6t/ha) de copeaux. (He Tianjian, 1992). L'usine projette d'étendre ses plantations dans les dix ans à venir et a sélectionné une série d'excellentes espèces de bambous à pulpe abondante comme le *Sinobambusa* sp., le *Dendrocalamus Latiflorus* Munro, le *Bambusa Distegia* (Keng et Keng f.) Chia et H. L. Fung, le *Bambus Intermedia* Hsuhet Yi, et le *Bambusa Prominens*.

5. 5. Création de zones de production à haut rendement de pousses

On prévoit pour l'an 2000 d'exploiter 253, 300 ha de pousses de bambou à haut rendement, parmi lesquels, 186, 700 ha abriteront des forêts de bambous transformées et 66, 700 ha, des plantations nouvellement établies. Les rendements prévus des chaumes et des pousses passeront de 8 millions et 1. 25 million de tonnes à 160 millions et 2 millions de tonnes. Suivant la tendance à l'expansion de ces dernières décennies, la superficie des forêts de bambous continuera d'augmenter. Selon une estimation conservatrice, en l'an 2000, elle atteindrait 4 millions d'ha, ce qui est déjà le cas, d'après certains spécialistes. A ce moment là, même si le but (16 million de tonnes de chaumes et 2 millions de tonnes de pousses) est atteint, le rendement moyen des forêts de bambous se chiffrera à 4, 5t/ha (poids des produits frais), c'est-à-dire 3t/ha (poids des produits secs) et la valeur de production de la biomasse par unité territoriale n'équivaudra qu'au niveau de production réalisé, depuis longtemps, par les pays européens et le Japon. Nous serons encore loin du rendement annuel standard qui est d'au-moins 14m³/ha pour les bambous à croissance rapide et produits à haut rendement.

En se penchant sur l'histoire du développement des ressources en bambous en Chine de ces 40 dernières années, on peut considérer que l'extention des forêts de bambous est le résultat d'une exploitation forestière bien gérée. Le professeur Zhou Fangchun dona une brillante explication à ce sujet en 1985: "Les bambous croissent par rhizomes. Grâce à la loi artificielle de reproduction des forêts mixtes bambous-arbres, la surface des forêts de bambous s'élargit d'année en année. Elle s'est étendue en Chine avec un taux annuel moyen de 2. 45% en 15 ans, de 1965 à 1980. Et on prévoit pour l'an 2000, quelle atteindra 82. 8 millions mu (5. 52 millions d'ha).

Tableau 1. 7 Transformation de la superficie totale des forêts de Bambous
(millions d'ha)

année	1957	1965	1967	1980	Taux annuel d'accroissement
	2	2. 3655	2. 7047	3. 4018	2. 45

PARTIE II : PANNEAUX DE BAMBOU

Grâce au rapide développement de l'industrie des panneaux de bambou en Chine et de la pénurie de bois, le bambou joue un rôle économique de plus en plus important. Avec ses excellentes propriétés physiques et mécaniques, sa faible capacité de contraction et sa densité moyenne de 74 g/cm³, le bambou convient parfaitement à la fabrication de différents types de panneaux.

L'industrie des panneaux de bambou connaît une croissance rapide en Chine. Les 200 entreprises du pays produisent annuellement 100,000 m³ de planches. Les produits principaux sont le bambou contre-plaqué, le bambou lamifié, le bambou plein, les panneaux de particules de de bambou, les lames es de bambou, les panneaux de fibres de bambou, etc... Ceux-ci sont surtout utilisés dans la construction des camions et des trains dans la fabrication des objets en bambous plein, et dans l'emballage, remplaçant annuellement 1 million de m³ de bois industriel.

Le total de la valeur de production annuelle de l'industrie du bambou atteint les 5.5 milliards de RMB, dont les produits en bambou représentent 4 milliards de RMB et les produits à base de bambou 1.5 milliards de RMB, le chiffre d'exportation étant de 150 millions de dollars américains.

En tant que matière première pour l'industrie des panneaux, le bambou possède des caractéristiques bien spécifiques, différentes de celles du bois.

- Une haute caractéristique mécanique et une forte résistance à l'usure, il est facile de le diviser finement.
- Facilité de décoloration et de teinture, il convient parfaitement comme matériau de recouvrement.
- Différence de structures et de propriétés des couches supérieures et inférieures de la tige, ce qui provoque des difficultés lors de la transformation et de l'utilisation.
- Des équipements spéciaux de transformation, différents de ceux utilisés pour le bois, sont nécessaires pour travailler le bambou.
- Facilement attaqués par les insectes à cause de sa forte contenance en amidon, protéine et sucre.

Plusieurs sortes de planches et panneaux sont fabriqués en Chine, tels qu'en bambou contre-plaqué, en bambou lamifié, en lames de bambou, panneaux de particule et de fibres de bambou.

1. Le Bambou contre-plaqué

1.1. Le Bambou contre-plaqué

Une planche en bambou contre-plaqué consiste en un assemblage de plis de feuilles de bambous, placées ensemble suivant le sens du grain, les plis alternants aux angles droits. Une colle à base de résine phénolique est utilisée. On emploie surtout comme matière première le *Phyllostachys Pubescens* dont le diamètre moyen à hauteur des yeux. est de 9 cm.

Le processus de transformation est le suivant : la tige de bambou est d'abord coupée transversalement en différentes longueurs souhaitées grâce à un équipement spécial. Les bouts coupés sont alors ouverts et divisés en 2 ou 3 morceaux. Après avoir suivi un pré-traitement de trempage dans une cuve pendant plusieurs heures, les morceaux sont plongés dans un récipient chauffé à plus de 100°C de façon à rendre le bambou plus souple. Ceci permet une thermoplastification davantage efficace. Les morceaux ainsi traités sont étalés, aplatis, séchés et stabilisés grâce à une presse chaude et un séchoir, spécialement conçu pour la transformation des feuilles de bambou. Les morceaux sont rabotés des deux côtés. Voilà qui termine la première phase de transformation du bambou contre-plaqué. Les 4 procédures suivantes sont identiques à celles de la fabrication de n'importe quel contre-plaqué. Le bambou est extrêmement souple. Son module de rupture (MDR) et d'élasticité (MDE) et se classe au premier rang parmi les meilleures planches structurelles, et est aussi bon que les plus solides bois durs à haute densité commerciale. Le bambou couplé avec du bois est un matériau hétérogénéité et anisotropique. Cette propriété comporte aussi bien des désavantages que des avantages. La plupart des désavantages réels ou supposés, comme le déperissement ou l'attaque des insectes, peuvent être résolus si l'on possède une connaissance approfondie des caractéristiques du bambou.

Le bambou est exceptionnellement anisotropique dans la nature et ce trait peut être éliminé dans une certaine mesure par croisement. Le bambou contre-plaqué sert à la résolution du problème qui apparaît lorsqu'on développe les caractéristiques résultantes comme on le fait pour les planches de fibres orientées (PFO) ainsi que pour le contre-plaqué composite de fibres orientées (CPCFO). Comme l'orientation des fibres du bambou est pratiquement parfaite le long du grain, la souplesse du produit est remarquablement supérieure à celle des PFO et CPCFO. Le bambou contre-plaqué est aussi intéressant pour sa rigidité flexible. Les autres matériaux structurels (exceptés le bois et les produits à base de bois) sont très isotropiques, il n'est pas possible d'augmenter leur souplesse. Leur durété est incontestable.

Le tableau 2. 1. nous présente un essai de comparaison des propriétés principales de quelques matériaux structurels.

La substance de la membrane cellulaire et sa composition en tant que système de fins tubes assez solides donne au bois une forte rigidité flexible. Tel est le cas pour le bambou. En comparaison avec d'autres matériaux, le rapport poids/faculté des produits en bambou est fort apprécié dans certaines applications. Le haut rapport dureté/poids nous donne un important critère d'évaluation quant aux propriétés mécaniques d'un matériau et sa forme d'organisation cellulaire est aussi un signe indicatif de l'obtenition du maximum d'inertie à partir d'un minimum de matière. Le moment d'inertie d'une partie pliée augmente grandement si le matériau est placé en structure tubulaire, plutôt qu'en baguelette solide. C'est pour cette raison que les produits en bambou ont un indice de rigidité élevé par rapport aux matériaux solides structurels et qu'ils sont appréciés dans les utilisations qui demandent une stabilité élastique. Le bambou absorbe l'énergie aussi bien que l'acier, ce qui fait de lui un excellent matériau pour les planches ou autres applications qui demandent une importante faculté d'absorption d'énergie.

Tableau 2. 1. Comparaison de 5 matériaux en bois

Matériaux	MDR (Kg/cm)	MDE (Kg/cm)
Planchettes (fortuites)	235	34,483
CPFO	740	42,200
Contre paque	1,175	211,000
Oak, espèce chinoise	1,506	149,000
Oak, espèce américaine	1,655	163,448

Similaire au bois, le bambou est une substance cellulaire et en situation de sécheresse, les carités cellulaires se nourrissent d'air qui est l'élément nutritif le plus pauvre connu. Grâce à ça et à sa structure en fibres, le bambou possède une parfaite propriété d'isolation. Les matériaux de construction usuels à l'exception du bois ne sont pas de bons isolateurs. En comparaison avec le bois, la perte de chaleur à travers les briques est 6 fois plus importante, et à travers le verre 8 fois plus forte. Le béton et l'acier sont respectivement 15 et 390 fois aussi conducteurs que le bois. D'après des expériences, le coefficient de conductivité de chaleur du bambou est un peu plus élevé que celui du bois, mais la différence est trop petite pour être prise en considération.

Le bambou contre-plaqué qui est similaire au bois ou à des matériaux à base de bois fournit une isolation thermique pendant toute l'année. On gagne de la chaleur en hiver et de la fraîcheur en été. Combiné au bois, c'est un matériau structurel remarquable pour la construction lorsque la propriété d'isolatin thermique est nécessaire.

Les structures du bois peuvent résister à un poids deux fois plus grand que celui d'un chargement statique. De même pour le bambou. Cette extraordinaire capacité de résistance lui confère un avantage mécanique et économique remarquable face aux tremblements de terre et aux situations où il faut résister à des charges considérables. Le bambou est vulnérable aux champignons et insectes. Mais les tests ont démontré qu'il n'y a aucun dégât dû à l'usure et aux insectes si de la résine phénolique a été utilisée lors de la fabrication de bambou contre-plaqué. C'est aussi le cas lors d'incendie. Si les produits en bambou sont correctement entretenus, ils ne se détérioreront pas. En raison de la diminution et de l'inégalité de la répartition des ressources forestières de Chine, l'offre en bois est de loin inférieure à la toujours croissante demande du pays. C'est pourquoi, les scientifiques chinois cherchent toutes les possibilités d'utilisations rationnelles du bois et de remplacement par un nouveau produit. Le bambou contre-plaqué pourra peut-être faire partie des solutions envisageables.

La Chine possède des ressources en bois extensives qui comprennent plus de 300 espèces. Il y a 3, 401, 800 ha de pieds de bambous, dont 2, 418, 600 ha de Ph. Pubescens. Il y a à peu près 3, 759, 890, 000 de bambous en massif qui croissent. D'après une hypothétique estimation sur 6 ans, il y aura une récolte annuelle de plus ou moins 632, 648, 300 chaumes. Les chaumes de bambou de 9 cm de diamètre nécessaires à la fabrication de 1 m³ de bambou contre-plaqué sont une priorité dans les exploitations. Il en résulte que 150 chaumes seront suffisants pour satisfaire les besoins actuels, ce qui signifie qu'on pourrait produire annuellement 4, 217, 650 m³ de bambou contre-plaqué, soit 4 fois la production actuelle de tous les matériaux à base de bois.

Les technologies et les équipements pour la fabrication du bambou contre-plaqué ont été développés en premier lieu à l'Université de Sylviculture de Nanjing en 1982.

1. 1. 1. Processus de production

L'espèce de bambou utilisée comme matière première est le *Phyllostachys Pubescens* dont le diamètre moyen à la hauteur des yeux est de 9 cm. Le chaume est coupé transversalement et les couches extérieures et intérieures sont séparées. Les bouts coupés sont alors ouverts et divisés en morceaux.

Après avoir suivi un pré-traitement de baignade dans de l'eau chauffée à 70-80°C

pendant 3 heures, les morceaux sont assouplis par vapeur à 160°C afin de thermoplastifier efficacement la lignine et les hémicelluloses.

Les morceaux traités sont alors étendus, aplatis, séchés et stabilisés grâce à une presse chaude, à une étuve et à un séchoir-presse plat bouillant, spécialement conçu pour le traitement des feuilles de bambou.

Les morceaux sont rabotés des deux côtés. Voilà qui termine la première phase de transformation des matières premières pour la transformation du bambou contre-plaqué. Les 4 procédures suivantes sont indentiques à celles de la fabrication de n'importe quel contre-plaqué.

1.1.2. Propriétés du bambou contre-plaqué

Le bambou contre-plaqué possède une grande souplesse, il est parfait du point de vue de sa stabilité dimensionnelle. De plus, il est durable, résiste à l'usure, et est aussi facile à transformer que le bois.

Propriétés principales :

- Densité inférieure à 0.9 g/cm³
- Teneur en humidité inférieure à 12 %
- Résistance à la flexion supérieure à 2.5 N/mm²
- Résistance à la flexion statique (longitudinale)
épaisseur de moins de 15mm supérieure à 98 N/mm²
de plus de 15mm supérieure à 90 N/mm²
de plus de 25mm supérieure à 80 N/mm²

1.1.3. Propriété des produits en bambou contre-plaqué

Le bambou contre-plaqué recouvert de papier traité est un exemple de produit.

Propriétés principales :

- Densité inférieure à 0.95 g/cm³
- Teneur en humidité inférieure à 10 %
- Résistance à la flexion : pas de délaminification (test d'ébullition pendant 3 hrs)
- Valeur d'abrasion inférieure à 0.08 g/100r
(Test de Taber)
- Réutilisations 200 fois pour chaque côté

Tableau 2. 2 Résistance à la flexion (MDR) et modules d'élasticité (MDE)

Épaisseur (mm)	Longitudinale		Transversale	
	(MDR)	(MDE)	(MDR)	(MDE)
12	>98	>10000	>68	>7000
18	>90	>8000	>63	>5000
20-30	>75	>7000	>52	>4900

1. 1. 4. Applications

Grâce à l'excellente performance dont nous avons parlé plus haut, le bambou contre-plaqué fut largement utilisé comme plates-formes pour les camions, les bus, les wagons de train. Il peut également être utilisé comme tremplin pour les cargos, sur les quais, et dans la construction.

Le bambou contre-plaqué a été utilisé comme plate-forme dans 100000 camions de la Compagnie Automobile de Nanjing, et 15 000 camions de la première compagnie automobile de Changchun, épargnant 52 000 m³ de bois et 16000 tonnes d'acier, et réduisant le poids de chaque plate-forme de 53 Kg.

1. 2. Bambou contre-plaqué vergé

Le bambou contre-plaqué vergé comprend le bambou contre-plaqué en natte, le bambou contre-plaqué en natte gaufré, et le bambou contre-plaqué en rideau.

1. 2. 1. Le bambou contre-plaqué en natte

Les chaumes de bambou sont découpés en longues bandes qui sont ensuite tressées en nattes. Les nattes sont séchées, encollées, assemblées et pressées pour obtenir des contreplaqués en natte de bambou. Il existe 2 sortes de produits de ce type: le standard et celui qui est décoré. Il y a 16 usines de bambou contre-plaqué en natte, et leur capacité annuelle est de 20 000 m³.

1. 2. 1. 1. Processus de production

Le chaume est découpé en fines bandes dans sa partie interne, avec une largeur de 12-15 mm et une épaisseur de 0. 6-1 mm, le taux d'humidité étant en-dessous de 20 %. Les bandes sont tressées sur 2 500×1300 mm, puis séchées pour réduire le taux

d'humidité à 8-20 %. La natte est enduite de 280-320 g/m² de colle UF. Des fluers de soja sont utilisées comme mastic dans une proportion de 5-10%, et 0.5 % de NH₄Cl comme agent vulcanisateur. Les nattes sont assemblées et pressées à chaud pour former le bambou contre-plaqué en natte.

1.2.1.2. Applications

Le bambou contre-plaqué en natte est utilisé pour l'emballage, pour faire des meubles et décorer les intérieurs.

1.2.2. Le bambou contre-plaqué en natte gaufré

Le processus de production est similaire à celui du bambou contre-plaqué en natte. Les nattes sont séchées pour réduire la teneur en humidité à 12-14 %. Une colle PF est enduite dans une proportion de 400 g/m² (une seule face). 5 couches de nattes sont pressées entre 2 plaques gaufrées. Grâce à sa grande résistance, son poids léger, et à ses bonnes propriétés d'isolation, ce produit convient en tant que matériau de recouvrement pour des bâtiments de faibles coûts, tels que des maisons pré-fabriquées, etc.

1.2.3. Le bambou contre-plaqué en rideau

Les chaumes sont coupés en longues bandes de 1 mm d'épaisseur, et de 10-20mm de largeur qui forment des rideaux. Après séchage pour réduire la teneur en humidité à moins de 12 %, les rideaux sont assemblés avec de la colle PF, séchés et pressés à chaud à 3-4 MPa. Le format de ce contre-plaqué est de 4500 x 1300 mm avec une épaisseur de 6, 12, 16, 20, 30 mm.

Tableau 2.3. Comparaisons entre les propriétés des 5 panneaux de bambou

	BCR	BC	BL	BCN	PB
Densité (g/cm ³)	0.85	0.85	1.0-1.1	---	0.83
MDR (MPa)	121.2	105.5	160	80	21.7
MDE (MPa)	11 200	9 898	---	---	---
Résistance					
d'impact (J/cm ²)	13.6	7.95	12.4	---	---

Notes: BCR-bambou contre-plaqué en rideau, BC-bambou contre-plaqué, BL-bambou lamifié, BCN-bambou contre-plaqué en natte, PB-panneau de particules de bambou

D'après le tableau ci-dessus, on peut constater que les propriétés du bambou contre-plaqué en rideau sont bien meilleures que celles des autres types de bambou contre-plaqué, sauf que le MDR est légèrement moins bon que celui de BL.

Le bambou contre-plaqué en rideau est beaucoup utilisé, les panneaux fins peuvent servir aux emballages, ceux d'épaisseur moyenne à la décoration d'intérieur, et ceux plus épais, comme matériaux structurels. De grande taille, il peut être utilisé pour certaines applications spécifiques comme la fabrication de grands objets ou de plates-formes de camions etc.

1. 2. 4. Le bambou contre plaqué en rideau lamifié avec du papier imprégné de résine

Tableau 2. 4. Propriétés des formes dures

	BCPLRIP	Formes domestiques		WISA-FORM Finlande
		lamifiées	non-lamifiées	
. Densité (g/cm ³)	0. 80	0. 78-0. 85		
. MDE (MPa)	104. 5	60	35	56
. MDR (MPa)	11. 1	10	4. 5	9. 2
. Résistance à la flexion (MPa)	2. 73	1. 4-1. 8	>1. 0	
. Résistance à l'eau	0. 05g/100r	300 fois	300 fois	
. Expansion linéaire longueur	0. 66	0. 01 pourc. par 1 pourc. d'augmentation		
en MC				
largeur	0. 136	ditto		

Notes:

- Le bambou contre plaqué en rideau lamifié avec papier imprégné de résine est une sorte de panneau à densité moyenne.
- Le standard des formes dures en contre-plaqué lamifiées produites dans le pays correspond au standard Panda réalisé par la compagnie ltd de contre-plaqué Qingdao Hualin.
- Le standard des formes dures en contre-plaqué non-lamifiées produites dans le pays correspond au standard ZB B 7006-88 des formes sures en contre-plaqué.
- Le standard du WISA-FORM de Finlande correspond au rapport de tests de la société finlandaise SCHAUMAN. Le WISA-FORM est un contre-plaqué lamifié.
- Ces trois sortes de contre-plaqués reprises en b,c,d sont faites en bois de bouleau.

La plupart des matériaux incluent le rideau de bambou, les nattes de bambou, le premier papier (80-120 g/m² de papier sans addition d'eau), de la colle PF produite à base d'eau, et une colle à la mélamine.

Le rideau de bambou est imprégné de colle PF puis séché. Le premier papier est

imprégné de colle à base de mélamine mélangée avec un peu de diluant, un agent libérateur et un catalyseur, puis est séché.

Lors de l'assemblage, la position et le nombre de rideaux de bambou longitudinaux et transversaux doivent correspondre à l'épaisseur du panneau et au rapport MDE dans les directions longitudinales et transversales. Les faces du panneau sont couvertes d'une natte en bambou et de 1 ou 2 papiers imprégnés.

Le processus de presse à chaud est en fait "froid-chaud-froid". Après pressage, l'assemblage est pré-chauffé à 50-135°C. Le temps de pressage à chaud est de 1.5-2 min/mm d'épaisseur du panneau, ce qui est nécessaire à la coagulation de la résine. De l'eau froide est alors introduite dans les platines chaudes pour abaisser la température du panneau à 50°C. Après rabotage, on assure l'étanchéité du panneau.

Le bambou contre-plaqué en rideau lamifié avec du papier imprégné de résine peut être employé en tant que forme dure pour remplacer le bois contre-plaqué, et ses qualités sont aussi bonnes que celle du WISA-FORM de Finlande.

2. Le bambou lamifié

Tableau 2.5. Propriétés du bambou lamifié

Densité	g/cm ³	0.99
Teneur en humidité	%	9.7
MDR	MPa	118.1
MDE	MPa	32.2
Force de compression	MPa	62
Résistance à la coupe	MPa	43.5
Anti-éclatement	MPa	20.8
Dureté	MPa	174.4

Fait de longues bandes de bambou, ce produit est utilisé dans la fabrication de plates-formes de camions. A présent, on en trouve de 2 formats : 4 070 × 140 × 30 mm et de 5371 × 140 × 30 mm.

Les chaumes sont découpés en longues bandes de 2200/2850 × 11-15 × 1-2mm de dimension et séchés. Les bandes sont enduites de résine PF et séchées à une température de 100°C. On les tresse pour former des nattes de grosse épaisseur et les

presse à chaud à 130-140°C. Le processus de pressage prend en tout une heure.

Grâce à ces bonnes facultés de résistance à l'eau, de dureté, de stabilité dimensionnelle, de résistance au temps, de solidité, ce produit convient parfaitement comme matériau de logistique industrielle (ex: plate-forme de camion)

3. Produits en bambou moulé

3.1. Navette moulée de bambou

La navette est l'une des plus importantes parties de machines textiles et généralement fabriqué en bois de bonne qualité. Chaque année, plus de 12 millions de navettes sont produites en Chine, usant plus de 60 000 m³ de bois de bonne qualité.

Pour les navettes moulées, les chaumes de bambou sont divisés en laines qui sont séchées, puis enduites de colle et pressées à chaud dans un moule.

Les navettes en bambou moulé possèdent les avantages suivants :

- Meilleure résistance à l'usure, sa durée de vie est 2 fois plus longue que celles faites en bois.
- Moins de frottement qu'avec le bois grâce à la dureté et à la souplesse de la surface.
- Peut être utilisé dans n'importe quelle condition environnementale sans déformation.
- Les têtes en fer sont introduites dans le moule avant les nattes de bambou et rattachées au corps du métier par pression à chaud, elles peuvent être enlevées pendant l'opération.

3.2. Le compositeur moulé en bandes de bambou lamifié

Le compositeur, généralement fait de bois lamifié, est également un appareil textile d'importance. Chaque année, produits en Chine, usant plus de 60 000 m³ de bois de bonne qualité.

Pour les métiers à tisser modelés, les chaumes de bambou sont divisés en nattes qui sont séchées, puis enduites de colle et pressées à chaud dans un moule.

Le bambou favorise cette force de choc. Le chaume est divisé en bandes qui sont séchées, collées et moulées de façon à former un compositeur. Il apparaît que la durée de vie de ce dernier est 4 fois plus longue que ceux en bois.

4. Panneaux de particules de bambou

Des particules de bambou de 20-30×1-5×0.1-0.5mm sont découpées. Leur conservation en humidité est de 25-35%. Elles sont séchées dans un séchoir à tambour rotatif à 150-180°C, réduisant le taux d'humidité à 4-6%.

Après tamisage, collage, prise de forme et pré-pressage, les panneaux de particules de bambou d'une épaisseur de 4-6 mm se forment dans une presse chauffée à 155-165°C et 1.18-1.14 MPa, pendant 0.4 min/mm d'épaisseur du morceau. La densité du panneau est d'environ 0.7 g/cm³.

Ce produit peut être utilisé pour la fabrication de meubles, pour la décoration d'intérieur, (Plafond, portes, intersection, etc.).

5. Panneaux lamifiés de bambou

Les chaumes d'une longueur de 120-150 cm sont chauffés à la vapeur à 80-100°C pendant 8 heures, puis coupés aux intersections sur une longueur de 30-60 cm. Ensuite tranchées en lames et séchées pour réduire la teneur en humidité à 8-12%.

Les lames de bambou sont bien décoratives. On les utilise pour faire des meubles ou égayer les intérieurs.

6. Panneaux de fibres de bambou

Le processus de fabrication de panneaux de fibres de bambou est le même que pour panneaux de fibres de bois.

Les copeaux sont séparés en morceaux de 20 x 5 mm et placés dans de l'eau pour augmenter leur teneur en humidité à 40-50%. Ils sont ensuite cuits à la vapeur à 170°C et pressés de 8 kg/cm² pendant 15 min. Après défibration et mélange de la pulpe avec des additifs dégraissant tels que la résine PF et la cire, le pH de la pulpe est ajusté à 5. Après prise de forme, pré-pressage, pressage à chaud des planches dures de bambou ou MDF sont réalisées. Pour fabriquer des panneaux de 4 mm d'épaisseur, d'une densité de 1.0 g/cm³, il faut 1% de résine PF et 10% de cire, ainsi qu'un temps de pression de 7 min à 210°C, 60 kg/cm². Pour fabriquer des MDF de 10 mm d'épaisseur et de 0.7 g/cm³ de densité, il faut 5% de PF, 1% de cire, un temps de pression de 16 min à 200°C, 35 kg/cm².

Les industries chinoises de panneaux de fibres de bois ne devront subir que quelques transformations pour pouvoir fabriquer des panneaux de fibres de bambou.

7. Panneaux de laine de bambou et de ciment

Pour fabriquer 1 m³ de panneaux de laine de bambou et de ciment, il faut 500 kg de bambou-laine, 220 kg de ciment et 8 kg de CaCl₂.

Le bambou-laine est placé dans de l'eau chauffée pendant 3-5 min. La teneur en humidité de la laine immergée ne peut pas dépasser 25 % pour faciliter l'assemblage entre le bambou-laine et le ciment. Le bambou-laine est traité avec 5 % de CaCl₂ puis mélangé au ciment. Le rapport entre bambou-laine et ciment au poids est de 1:1.8-2.

2. Pour faire des panneaux en bambou magnésite, le rapport entre le bambou-laine et la magnésite au poids est de 1:1.7-1.8.

Les nattes sont pressées pour obtenir leur épaisseur finale à 2-3 kg/cm² ou à 0.8-1.0 kg/cm² pour les panneaux en bambou-laine-magnésite. Le tout est séché et placé à 30-40°C pendant 24-48 heures pour former un panneau. Celui-ci est ensuite ventilé et traité pendant 1-2 semaines pour réduire sa teneur en humidité à moins de 20%, puis on lui donera sa forme définitive.

Comme les panneaux de fibres de faible densité, ceux en bambou-laine-ciment sont de très bons isolateurs, résistants à l'eau et au feu et conviennent à la construction (plafond, cloison etc).

8. Parquet en bambou

Ce produit a été développé par la corporation d'Import-Export du Hunan en 1986. Il s'agit d'une simple couche de bandes de bambou de 10 cm de largeur radialement jointes. Ce parquet est d'excellente qualité et produit en masse pour l'exportation.

9. Considérations

A cause de la diminution graduelle des ressources forestières et de la réduction de productin de bois, le bambou qui grandit vite, possède une courte rotation et se régénère vite, est un matériau idéal pour remplacer le bois. Au cours des 10 dernières années, l'industrie du bambou s'est rapidement développée et ce dernier est devenu de plus en plus important en Chine.

Pour améliorer l'expansion de l'industrie du bambou, des travaux du R and D sont nécessaires tels que :

- Développement de nouveaux produits et des produits de valeur-ajoutées.
- Développement des équipements de traitement des bambous pour améliorer la qualité des produits et l'efficacité de la production.

10. Exemples d'utilisation des panneaux de bambou

10.1. Le bambou contre-plaqué utilisé pour les plates-formes de camion

Le camion de type moyen Jiefang construit en 1956 par l'usine N°1 d'automobile de Changchun avait une plate-forme en bois. Celle-ci demandait par camion 1.258 m³ de bois. En 1981, on expérimenta un mélange de bois et d'acier. Dans cette nouvelle structure, des plaques en-dessous des rayons transversaux et longitudinaux et 10 planches de la plate-forme centrale étaient faites en bois. Tandis que les rayons longitudinaux et transversaux, le front, les planches de derrière et des côtés étaient en acier. Ainsi, deux-tiers de bois étaient épargnés. La consommation en bois par camion était de 0.523 m³, mais son poids mort augmenta de 200 kg. Si une structure totale en acier était adoptée, le poids mort augmenterait de 350 kg. Ce qui dépasse les limites de poids autorisées de tout le camion. En 1958, les Moteurs de Nanjing dessinèrent les plans d'un camion léger, le Yuejin. Les planches de la plate-forme et des côtés étaient entièrement en bois. On utilisait plus de 0.699 m³ de bois par camion. En 1980, on adopta une nouvelle conception. Les planches du front, de derrière et des côtés, les rayons longitudinaux et transversaux étaient en acier. Seules les plaques en-dessous des rayons et des planches de la plate-forme étaient faites en bois. 0.412 m³ de bois était utilisé par camion. si l'on suppose que la production annuelle de camions des Moteurs de Nanjing est de 40 000, celle des Premiers Moteurs de Changchun de 60 000, leur consommation annuelle de bois de bonne qualité serait de 60 000 m³(85 000 m³ de rondins). Afin de moins utiliser de bois ou plus du tout, les deux usines ont coopéré avec des unités concernées pour développer des planches en polyéthylène dur. De tels camions ont été expérimentés à Hainan, Beijing, et en Mongolie Intérieure, avec de bon résultat. Mais le coût élevé du plastique (60 % plus cher que le bois) restait un problème, et ne pouvait pas être adopté par toutes les usines.

10.2. Paramètres techniques des planches en bambou contre-plaqué pour plate-forme

L'utilisation de bambou contre-plaqué dans la construction de plate-forme pour

les 2 types de camions se heurte à certaines difficultés. Les camions doivent pouvoir rouler en étant chargés (voire surchargés) sur routes accidentées par temps froid et chaud, sous le soleil et sous la pluie. Les plates-formes doivent donc être résistantes et rigides tout en ayant le plus grand facteur de sécurité. Pour un coût de production peu élevé et un poids au point mort léger, les planches de plates-formes exigent une structure en bambou contre-plaqué la plus légère possible. Les paramètres techniques requis pour une structure rationnelle sont établis suivant des données scientifiques.

10. 2. 1. Choisir une sorte adéquate de bambou contre-plaqué

Les matériaux testés par l'Université de Sylviculture de Nanjing pour les plates-formes comprennent le bambou contre-plaqué. Le point technique clé du processus de contre-plaqué est la souplesse et l'aplatissement des matériaux en bambou à haute température. Le bambou contre-plaqué lamifié testé par l'usine de bois lamifié du canton de Youlong de la province du Zhejiang est fait de bandes de bambou enduites de colle, compressées unidirectionnellement et collées ensemble. Des test physico-mécaniques doivent être appliqués aux matériaux pour un meilleur choix qui s'effectue par comparaison des performances. Les propriétés physico-mécaniques sont reprises en tableau 2. 6.

Tableau 2. 6. Propriétés physico-mécaniques des matériaux testés

Matériaux	Prop.	Résistance à la flexion des matériaux (MPa)		Résistance à la flexion des joints (MPa)		RD	
		Dens.	g/cm ³ MV	SV	SV		FP (MPa)
BC 15 mm	3 couches	0.78	113.3	>98	SV	MV SV	1/cm ³
	5 couches	0.85	105.5	>98		3.68 >2.5	8.7
	5 couches	0.85	126.1	>98		3.52 >2.5	9.1
BC 22 mm	5 couches				75	3.50 >2.5	9.1
	7 couches						12.4
BC 20 mm		1.03	120	>98	41		doit être
PB (partaites) 33 mm							décrassé dans
		0.45	82.6				de l'eau bouillante
							44.4

Notes : 1. BC-Bambou contre-plaqué. BL- bambou lamifié. PB-Planches en bois. MV-Valeur mesurée. SV-Valeur standard.

2. La valeur mesurée de la résistance à la flexion du contre-plaqué est obtenue après un test de trois heures en eau bouillante.

Tableau 2. 7. Résistance à l'usure du bambou contre-plaqué

Propriétés	FP (MPa)	FSP (MPa)
Avant âge adulte	3.68	111.6
A l'âge adulte	3.03	52.8
Declin %	17.7	52.7

Tests requis : Selon le critère du test d'accélération de l'âge établi par ASTM D 1037 aux Etats-Unis, baigné dans de l'eau à 49 °C pendant une heure -- placé à la vapeur à 93°C pendant 3 heures -- gelé à - 12°C pendant 20 heures-- placé sous un soufflé chaud à 99 °C pendant 3 heures--placé à la vapeur à 93°C pendant 3 heures--placé sous un soufflé à 99°C pendant 18 heures. Voilà le cycle. Il faut 288 heures pour réaliser 6 cycles.

Tableau 2. 8. Résistance à la corrosion due à l'acide

Propriétés	FP du BC (MPa)	Plate-forme centrale acide roulé à froid)
Pré-corrosion acide	105.2	Pas de rouille en surface
avant corrosion acide	102.8	Rouille jaune épaisse
Declin (%)	2.3	

Tests requis : L'échantillon de bambou contre-plaqué 22x200x300 mm a baigné dans une solution pH 4 pendant 1 heure et a séché à l'air. 10 jours après séchage, des tests avant et après corrosion sur la résistance à la flexion ont été réalisés. La plate-forme centrale en acier a été traitée de la même façon.

Tableau 2. 9. Déformation des matériaux

Matériaux	pourcentage de déformation		
	longueur	largeur	épaisseur
BC	0.016	0.017	0.202
BL	0.015	0.181	0.127

Notes: Le pourcentage de déformation est le coefficient de changement de la teneur en humidité (1 % d'humidité en moins pour 30 %). Il y a une relation d'assemblage entre les directions des longueurs et des largeurs, tandis que celle de l'épaisseur est libre. Le pourcentage de déformation de la largeur du bambou lamifié est 12 fois celle du bambou contre-plaqué. La déformation totale du bambou lamifié d'une largeur de 1000 mm est de 18.1 mm, tandis que celle du bambou contre-plaqué est seulement de 1.7 mm.

D'après une étude des propriétés reprises dans les 5 tableaux ci-dessus, on peut dresser la conclusion suivante: le bambou contre-plaqué et le bambou contre-plaqué lamifié ont tous deux une forte solidité et sont résistants à l'acide. A cause de

l'inégalité d'assemblage de la direction similaire du grain, de la faible résistance à l'assemblage, de la faible force dans la largeur et du haut pourcentage de déformation du bambou contre-plaqué lamifié, celui-ci ne convient pas pour être transformé en planches de grande taille, et donc ne répond pas aux critères techniques requis pour la fabrication de grandes plates-formes. Le bambou contre-plaqué est fait de bandes de bambou, chacune placée perpendiculairement à l'autre de façon à augmenter sa résistance à l'assemblage, sa durée de vie, sa résistance à l'acide et son coefficient de friction et pour diminuer son pourcentage de déformation, ainsi que son rejet des différences directionnelles et transversales. Toutes ces propriétés sont bien supérieures à celles du bois. Basée sur des considérations scientifiques, économiques et de sécurité. la décision d'utiliser du bambou contre-plaqué de 15 mm d'épaisseur au lieu du bois de pin de 25 mm d'épaisseur, fut prise pour fabriquer des planches destinées à l'élaboration de la plate-forme des camions de type léger NJ. La plate-forme du camion de type médium CA 1091 est aussi faite de contre-plaqué de 22 mm d'épaisseur plutôt qu'en planches de pin de 33 mm d'épaisseur. A chaque rayons de l'armature est fixée une traverse de contre-plaqué de 11 mm d'épaisseur de sorte que les plates-formes en contre-plaqué, installées sur l'armature, atteignent une hauteur de 33 mm égal à celle des plates-formes en bois ou en fer.

Tableau 2. 10. Coefficient de friction de 4 types de matériaux

Coéf.	P-F en	P-F en	P-F en	P-F en	P-F avec
	bois	bois et acier	acier	BC	résine
0.52	0.31	0.28	0.42	0.47	

Notes: P-F = Plate-forme

10. 2. 2. Structure des plates-formes en bambou contre-plaqué

Les Moteurs de Nanjing et les Premiers Moteurs de Changchun proposent des plates-formes adaptées aux châssis de leurs camions.

10. 2. 2. 1. Structure des plates-formes du camion de type léger NJ

Mode de fixation: des clous en acier spécial à la surface carburée et durcie, et aux fins grains longitudinal et transversal sont utilisés pour fixer les planches de bambou contre-plaqué formant la plate-forme sur les rayons d'acier de 2 mm d'épaisseur de l'armature. La force de maintien de ces clous d'acier est 5 fois plus forte que celle des simples clous en fer.

10. 2. 2. 2. Structure des plates-formes du camion de type médium CA 1091

Mode de fixation : Les planches formant la plate-forme en contre-plaqué sont fixées aux rayons d'acier de l'armature à l'aide de 38 vis, de façon à éviter toute déformation de la boîte par torsion, et des déplacements que la plate-forme pourrait subir par fissure des clous. Les essais ont prouvé qu'une fixation de la plate-forme en bambou contre-plaqué par boulons est plus solide que par clous en acier, le taux de solidité est augmenté de 6-10 % .

Jusqu'à présent, 3 structures de plates-formes ont été adoptées. Après examen des plates-formes installées sur armature et essais de conduite de camion en 3 sites différents, la conclusion est la suivante : 1) L'adoption d'une structure 3 planches exige des rainures des 2 côtés des planches. Pour cela, il faut un processus technique avancé. De plus, les résultats ne sont pas convaincants. 2) La puissance d'une structure 2 planches est meilleure que la première. 3) Dans la structure 3 planches, la plus étroite d'entre-elles subit pas mal de dégâts. 4) L'adoption d'une structure de 2 longues planches en contre-plaqué avec une planche centrale en fer entre elles augmente la rigidité de toute l'armature. D'autre part, la plate-forme en bambou contre-plaqué peut être aussi étroite que de 1062 mm et produite par toute usine possédant l'équipement adéquat. Dans une telle structure, il n'est pas nécessaire de faire des rainures des 2 côtés des planches. Vu ces avantages, cette structure a été élue comme standard de production.

10. 2. 2. 3. Types de bambous contre-plaqués assemblés pour augmenter la longueur

Afin de satisfaire à la longueur requise des planches de plate-forme, les planches de bambou contre-plaqué doivent être assemblées. Les expérimentations ont montré que les 2 bouts des planches en bambou contre-plaqué devaient être biseautés avec un angle de 1:5. Les angles obliques étant enduits de colle phénolique, les planches en bambou contre-plaqué sont assemblées par pression à chaud, avec une force de 70 % supérieure à celle de la planche elle-même. Pour des raisons de sécurité, les joints des planches sont toujours en contact avec les rayons. Les planches sont fixées aux rayons avec des clous en acier ou des vis. Pour garantir la force des joints, ceux-ci doivent être précis pour résister aux chargements et déchargements.

10. 3. Développement et utilisation du coffrage de bambou-béton

L'industrie de construction a fait de rapides progrès grâce au développement

économique continu. Les pièces de béton armé y jouent un rôle important. A Beijing, 90% des bâtiments sont en béton armé. Les coûts de cette technique représentent un tiers des dépenses totales de la logistique industrielle, et le travail demandé s'élève à plus d'un tiers. Tout ceci montre l'importance de la technique de moulage du béton armé. Les ingénieurs de tous les pays tentent de trouver un nouveau matériau de remplacement afin d'épargner temps et énergie.

10. 3. 1. Statut du développement du coffrage

Le développement de la structure du coffrage entraîne la création d'une série de différents produits, chacun ayant ses propres caractéristiques, et étant produits spécifiquement. Les ingénieurs recherchent des matériaux permettant la production de techniques plus économiques. Des coffrages en acier composite sont plutôt adoptés par les pays en voie de développement, car elles n'ont pas les inconvénients des coffrages en acier et en bois. Leur poids est un tiers plus léger que ceux en acier, et le montant d'acier utilisé représente la moitié de ces dernières. 1 m² de contre-plaqué a la même fonction que 5 m² de bûches. Le squelette de ce genre de contre-plaqué est en acier, recouvert de contre-plaqué. Cela permet d'épargner de l'acier et du bois. C'est léger, pas cher, durable et peut être utilisé dans de nombreux domaines.

Dans les années 50 et 60, des coffrages en bois étaient utilisées en logistique industrielle. Après que le gouvernement ait encouragé l'emploi des coffrages en acier dans les années 70. selon les données statistiques de 1987, la Chine possédait 2500000 m² de coffrages en acier. Mais il y a pas mal d'inconvénients à les utiliser en logistique industrielle (leur surface est délimitée et il faut beaucoup d'énergie pour l'assemblage). Dans ce genre de structure, l'acier est le matériau principal, et son poids cause problème au transport. Le prix des fines plaques en acier est fort élevé dans notre pays (160 RMB/m²). Il est difficile pour les entreprises de les utiliser.

Après enquête à propos de la troisième génération des technologies du contre-plaqué dans les pays étrangers, le Centre de Développement des Technologies de Construction de Chine et la Compagnie Ltd du contre-plaqué de Qingdao Hualin ont importé en 1987 des technologies avancées pour produire du contre-plaqué phénolique composé. Sa valeur de production annuelle est de 1,760,000 m². Le contre-plaqué est doux d'apparence, durable, et résistant à l'eau. Chaque coffrage peut être utilisée plus de 50 fois et il a servi dans les grands travaux de construction effectués dans 20 provinces de Chine.

En Chine, les ressources en bois et en acier sont peu abondantes, donc, nous de-

vous développer de nouvelles sortes de coffrage. Comme chaque région possède ses propres ressources, après avoir effectué des recherches pendant plusieurs années, nous avons développé 8 sortes de coffrages :

- en Plastique
- en alliage d'aluminium
- en plastique renforcé de fibres de verre cylindriques
- en fibres de bois d'une densité moyenne
- en alliage de sable et de bois
- en chanvre composé
- en contre-plaqué
- en bambou contre-plaqué

Chacun de ces coffrages possède ses propres avantages. Mais je voudrais ne parler que de ceux en bambou contre-plaqué car ce sont ceux-là qui conviennent le mieux à la Chine. Les avantages qu'ils requièrent sont les suivants :

D'abord, il y a plus de 3400000 ha de bambous en Chine qui est l'un des plus riches pays du monde en terme de ressources en bambous. La Chine a une production annuelle en bambous de 60000000 à 70000000 tonnes. Grâce à leur croissance rapide, les ressources en bambous sont continues.

Deuxièmement, comme le coffrage en bambou contre-plaqué est fait de bandes de bambou pressées à chaud, ses propriétés sont meilleures que ceux faits avec d'autres matériaux. Il a un module d'élasticité élevé. Sa contraction et son taux d'absorption d'eau sont plus bas que ceux en bois. Il résiste bien à l'eau. Son intensité et sa dureté sont plus forte que chez les coffrage en bois. Il est léger et peut être aisément produit.

Troisièmement, le coffrage en contre-plaqué est bon-marché, Il n'est que de 40 à 50 % du prix de celui en bois contre-plaqué. Bien qu'il possède beaucoup d'avantages, nous ne sommes qu'au premier stade de production. Il reste encore quelques problèmes à résoudre avant un rapide développement.

10.3.2.2. Le coffrage en bambou contre-plaqué et celui en bambou contre-plaqué avec cadre en acier

10.3.2.1. Le coffrage en bambou contre-plaqué

Après avoir tressé les bandes de l'intérieur du bambou en natte ou en rideau (des

déchets de bambou peuvent être utilisés), séchage, collage, assemblage de la base et pressage à chaud, nous obtenons du bambou contre-plaqué. Cette sorte de contre-plaqué est tressée des deux côtes, enduite de peinture ou de produit résistant au feu.

Processus de fabrication du bambou contreplaqué: abattage -- tressage en nattes ou en rideau -- séchage -- collage -- assemblage de la base -- pressage à chaud -- découpage externe -- examen -- prêt pour être transformé.

Le format maximum de cette sorte de contre-plaqué est de 1200x2400 mm.

L'adhésif est fait de résine phénolique. Le mélange est vital pour la colle, la température, le temps, et la pression sont aussi très importants.

10. 3. 2. 2. Le coffrage en bambou contre-plaqué avec cadre en acier

Cette sorte de coffrage a été développée à la suite de recherches menées d'après les technologies avancées étrangères. Cela convient à la Chine car combine les avantages des coffrages en acier et en contre-plaqué. Il y a suffisamment de bambous pour les réaliser, donc les investissements ne sont pas élevés. De plus, l'équipement est pratiquement le même que pour produire des coffrages en acier. Donc, les entreprises chinoises pourront facilement en fabriquer. Actuellement, nous en avons créé de différents formats, allant de 1200 mm de large et 3000 mm de long, avec un poids de 70. 6 kg. Un coffrage de 0. 72 m² pèse 18 kg. Ce coffrage peut être utilisé dans des projets de construction à large échelle. Il possède les nombreux avantages suivants :

- sa surface est large. L'efficacité du travail d'assemblage est 3-5 fois supérieure. Cela convient parfaitement à la construction de hauts bâtiments.

- son poids est plus léger, avec 19. 61 kg/m², soit 40 % de moins qu'en celui en acier.

- comparé à ce dernier, on épargne 15. 4 kg d'acier par m², et son épaisseur est un tiers de celle du bois.

- son coût est peu élevé. Par rapport au coffrage en acier, on épargne 6. 18 RMB/m². Et on utilise 60 % du temps mis pour les fabriquer. Chaque coffrage peut être utilisé 50 fois, et en cas de dégât, il est facilement réparable.

- il peut être utilisée dans de nombreux domaines. Il convient à différentes formes de bâtiments : ronde, en arc, en cône, ou des formes en échelle.

- on épargne de l'énergie à l'assemblage.

- il ne faut pas plus d'investissements qu'avant.

- il possède de bonnes propriétés de résistance à la température.

En prenant tout ceci en considération, en Chine, le coffrage en bambou contre-plaqué avec cadre en acier semble être l'idéal. Peut-être deviendra-t-il la troisième génération de coffrage en Chine?

Tableau 2. 11. Différents formats de coffrage en Chine et ailleurs

Manufacture	long. grade cm	larg. grade cm	poids max. kg	surf. min m ²	poids kg/m ²
Symons (USA)	90	120	30	60	34.8
	150	210			1.44
	240				24
Univers (USA)	60	90	30	30	15
	120	150	45		1.44
	180	210	60		
Bur (USA)	60	120	60	30	30
	150	180		45	45
	240			90	90
Mull (UK)	90	120	30	30	15
	150	180		45	36
	240			60	1.44
Uni-form (France)	90	120	30	30	15
	150	180		65	45
					33
Passchai (GER)	62.5	75	25	10-100	5
	100	125			110
	150	250			2.75
Sanlian * (China)	122	183	61	30.5	30.5
	244			61	3.0
				91.5	
Wugong ** (China)	120	150	30	60	30
	180	240		90	70.6
	300		120		3.6
					19.6

Notes : * Corporation Sanlian de béton armé de Chine

** Usine de logistique industrielle de Construction de Wuhan, placée sous la direction du ministère des Chemins de fer.

10.3.2.3. Tests sur la résistance de structure des plates-formes en bambou

— Tests sur la résistance à la flexion

Des tests sur la résistance à la flexion des planches de plate-forme de 5 couches de

bambou contre-plaqué (22x100x1200 mm) et de planches en bois pour plate-forme soumis à un chargement uniformément réparti, puis concentré par simulation transversale ont été menés par l'Institut de Recherches Automobiles de Changchun. Les résultats sont repris dans le tableau 2. 12.

Tableau 2. 12. Résistance à la flexion des planches des plates-formes en bambou et en bois

Résistance à la flexion	Déflexion max. / fixées avec des vis de 4 M10	capacité de port avant cassure max. avec des vis de 10 M10
CC	PB 44 mm / 27.5 KN PBs 35 mm / 7.5 KN	42 mm / 30 KN
CU	PB 51 mm / 30 KN PBs	57 mm / 30 KN 29 mm / 28 KN

Notes: CC - Chargement Concentré. CU - Chargement Uniforme. PB - Planches en bambou. PBs - Planches en bois.

Tableau 2. 13. Tests de résistance des planches en bambou et en bois

FT	FT	jusqu'à dégâts des rayons trans.	Inspections après 500,000 torsions	tests non-effectués par standard
Struc. en camion léger type NJ	PB	pas de dégâts des rayons trans. parés 100,000 torsions	120,000	
Struc. en camion médium type CA 1091	PB	136,000	PB restent intactes	120,000
Struc. en bois- acier camion médium type CA 1091		83,000	disjonction aux points les plus extrêmes des planches et rayons	120,000

Note: FT - Fréquence de tension

Conclusion : 1) La nature de la cassure des planches en bois est la fracture. Leur capacité de port après cassure est un cinquième ou un quart de celle des planches étroites. 2) La nature de la cassure des planches en bambou contre-plaqué est la fêlure par tension. La capacité de port après casure est un tiers ou deux tiers de celle

d'une planche supportant un chargement normal. 3) Soumis à un chargement uniformément réparti, la capacité d'une planche en bambou contre-plaqué est supérieure à celle d'une planche en bois. 4) Soumis à un chargement concentré, la capacité d'une planche en bambou contre-plaqué est deux fois plus élevée que celle d'une planche en bois.

-- Test de résistance à la torsion

Ce test de résistance a été mené par l'Institut de Recherches des Moteurs de Changchun et par les Moteurs de Nanjing. Les résultats sont repris dans le tableau 2. 12.

Tests requis 1) Fréquence des torsions = 7 par minute. 2) Avec une torsion maximale de l'armature, la différence de hauteur entre roues arrière et avant était de 312 mm, tandis que le camion avait un angle axial de 3. 65°. 3) Un chargement uniforme de 5 tonnes de sacs de sable sur la plate-forme, un chargement uniforme de 51 Kg de sacs de sable dans la cabine et un chargement uniforme de 144 Kg de sacs de sable sur les sièges.

-- Test de résistance aux coups de marteau

Des test de résistance aux coups de parteau sur les 2 types de planches ont été menés par l'Institut de Recherche des Moteurs de Nanjing. Les résultats appa-
raissent en tableau 2. 14.

Tableau 2. 14. Test de coups de marteau sur planches de plate-forme

Conditions	coups de marteau de 40 Kg de 1. 8 m de haut	coups de marteau de 40 Kg de 1. 5 m de haut
PB camion Léger type NJ		La profondeur de cassure est d'un tiers d'épaisseur de la plate-forme, mais la struc. peut encore être utilisée peut encore être utilisée
PBs camion médium de type NJ		cassure complète

On peut en conclure que la résistance aux coups des planches des plates-formes en bambou est supérieure à celle des plates-formes en bois.

Les trois tests ci-dessus nous montrent que la résistance à la flexion, la résistance aux coups des planches en bambou contre-plaqué sont supérieures à celles en bois ou en fer. Le contre-plaqué est en effet un matériau structurel idéal pour une boîte de camion. Des camions de type 11 CA 1091 construits par la Corporation des Moteurs de transport de Hainan, la Corporation des Moteurs de transport de Huadian dans la province de Jilin et la Corporation des Transports de Xingan Men, située en Mongolie Intérieure, ont été testés pour leur capacité de port et de fonctionnement dans 3 sites expérimentaux. Le camion de la Corporatin des Moteurs de transport de Hainan a roulé pendant 3 ans, sur plus de 80,000 Km. Au cours de cette période, les planches en bois et en fer de la plate-forme du camion, se sont sérieusement rouillées, incapables de servir plus longtemps, tandis que les planches en contre-plaqué de la plate-forme sont restées intactes et peuvent toujours être utilisées. Les autres boîtes de camions à plate-forme expérimentale en bambou contre-plaqué qui ont servi pendant 2 ans, roulant sur plus de 40,000 Km, sont toutes restées intactes. D'avis général, les utilisateurs décrètent que ces plates-formes sont résistantes à la friction, que la boîte a une durée de vie plus longue, et qu'elle est facilement nettoyée. Lorsque les planches sont abîmées, réparation et remplacement sont nettement plus aisés qu'avec celles en bois ou en fer.

En juillet 1987, le projet "Recherche sur l'utilisation du contre-plaqué dans les planches de plate-forme de la boîte du camion léger de type NJ fut approuvé par un comité d'appréciation technique sous les auspices de la Commission des sciences du Jiangsu. En juillet 1991, le projet "Recherche sur l'utilisation du contre-plaqué dans les planches de plate-forme de la boîte du camion moyen de type CA 1091" fut également approuvé par un comité d'appréciation technique sous les auspices du groupe des sociétés dépendant des Premiers Moteurs. Les experts des 2 comités d'appréciation ont pleinement approuvé les recherches, les considérant hautement. Jusqu'à présent, le total des camions assemblés par les Moteurs de Nanjing s'élève à 100,000. 42,000 m³ de bois fut épargné, et les coûts de production ont baissé de plus de 1.5 million de yuan. Le total des camions produits par les Premiers Moteurs de Changchun est de plus de 15,000. Leurs coûts de production ont baissé de plus de 3 millions de yuan. Plus de 10,000 m³ de bois et plus de 1,600 tonnes d'acier ont été épargnés. De plus, le poids mort de la boîte du camion s'est réduit de 52 kg. Donc davantage de bénéfices économiques et sociaux sont assurés. Actuellement, deux usines utilisent soit du bambou contre-plaqué, soit du bois contre-plaqué pour construire des plates-formes de boîtes de camions. Cela facilite l'organisation de la production de l'usine. Depuis 1988, les seconds Moteurs procèdent également à des expérimentations en utilisant de larges et grandes planches de contre-plaqué pour les plates-formes de camions. En 1990, ils ont produit 1,000 camions de ce type et 5000

en 1991. Des dizaines d'usines automobile et de wagons de chemin de fer comme l'Usine des camions de réfrigération du Zhejiang, l'usine des autobus du Jiangxi, les Moteurs du Guangzhou, l'usine des autobus de Changshan, l'usine des autobus de Hefei dans l'Anhui, l'usine de réparation des communications publiques de Nanjing utilisent tous des planches de bambou contre-plaqué pour la fabrication des boîtes des wagons. Nous pensons que le contre-plaqué sera de plus en plus utilisé par l'industrie automobile de Chine. Une rapide extension est à prévoir.

10. 4. Bambou contre-plaqué en rideau lamifié avec papier imprégné de résine

Le moule en béton armé est de plus en plus utilisé vu le rapide développement du béton armé dans la construction. Il est le principal matériau dans cette technique. La Chine utilise 20 millions de m³ de béton, ce qui représente un tiers des frais totaux de la logistique industrielle. Les propriétés du moule en béton affecte la qualité de la surface du béton. Les moules en béton et bois, en béton et contre-plaqué, en béton et acier, et les moules en béton et contre-plaqué avec cadre en acier sont actuellement fabriqués en bois ou en acier. En Chine, le bois et l'acier sont 2 matériaux qui doivent être importés pour satisfaire à la demande, c'est pourquoi il est important de rechercher des matériaux de remplacement.

Bien que la Chine ne soit pas riche en ressources forestières, elle abonde en bambous, avec un stock total de 5 à 6 milliards de chaumes d'espèces de bambous économiquement rentables, et une valeur de production annuelle de ces derniers de 6. 5 millions de tonnes. Donc, le bambou comme substitut au bois est une politique stratégique de l'utilisation des ressources forestières en Chine. Ce moyen efficace pour y répondre est de produire des panneaux à base de bambous en le prenant comme matière, tandis que le bambou contre-plaqué en rideau lamifié avec papier imprégné de résine apparaît comme nouveau produit dans la fabrication des panneaux. Le Collège des Forêts Central-Sud a développé en 1991 ce produit avec succès et l'a lancé la même année sur le marché. Il est utilisé aussi bien en Chine qu'à l'étranger pour fabriquer des armatures.

10. 4. 1. Processus technique

Le bambou contre-plaqué en rideau lamifié avec papier imprégné de résine est un matériau structurel de logistique industrielle qui est fait avec du bambou comme matière, du bambou tressé en rideau comme composant de base, enduit d'adhésif; séché, assemblé, lamifié et pressé à chaud.

10. 4. 1. 1. Matériaux principaux

-- Rideau de bambou: des chaumes de bambou de 6 cm min. de diamètre sont sélectionnés, coupé en bandes de longueurs coordonnées, et tressées en rideau. Les chaumes peuvent être tressés artificiellement en larges rideaux. Ils peuvent également l'être mécaniquement en utilisant un métier à tisser les fines bandes de bambou, créé par le Collège des Forêts Central-sud. Après avoir été enduit d'adhésif et séché, le rideau de bambou est découpé selon les standards. Le rideau de bambou est un composant de base du panneau en bambou.

-- Bambou tressé: des fines bandes de bambous sont tressées selon certaines spécifications.

-- Premier papier: le premier papier est résistant à l'eau et a une densité de 80-120 g/m².

-- Adhésifs: il y en a de deux sortes, l'un est un adhésif phénolique à base d'eau, et l'autre, de résine mélangée de la mélamine.

10. 4. 2. Recouvrement d'adhésif et séchage

10. 4. 2. 1. Recouvrement d'adhésif et séchage du bambou en rideau et tressé

Avant d'être enduits d'adhésif, le bambou en rideau et celui tressé sont séchés pour avoir un taux d'humidité inférieur à 12 %. Ensuite, ils sont recouverts d'adhésif phénolique à base d'eau, en couche égale sur toute la surface. Ils sont alors séchés à basse température pour permettre à l'eau de s'évaporer, obtenant ainsi des produits de qualité.

10. 4. 2. 2. Recouvrement d'adhésif à base de résine mélangée de la mélamine. On ajoute à l'adhésif un peu de diluant, d'agent fluidifiant permettant une aération, de façon à éviter une pellicule. Après être enduit d'adhésif et séché pour évaporer le plus de solvant possible, le premier papier devient un papier à couche adhésive contenant de la résine et un certain degré de condensation de celle-ci. Tout le processus se fait de façon mécanique.

10. 4. 2. 3. Assemblage

Comme le bambou est un matériau anisotrope, il doit être assemblé en tenant compte de l'épaisseur des planches et du pourcentage entre forces verticale et horizontale. Le nombre de couches de la planche, la position et le nombre de rideaux de bambous verticaux et horizontaux de la planche doivent être clairement déterminés.

Une couche de bambou tressé et une ou deux couches d'adhésif sont disposées de 2 côtés du panneau en rideau de bambou. Le bambou tressé permet d'obtenir un fini doux, tandis que la couche d'adhésif sur la surface assure une résistance à l'eau et à l'usure. La symétrie doit être gardée lors des assemblages de façon à assurer la stabilité du panneau.

10.4.2.4. Pressage à chaud

Ce procédé est très important car il assure la qualité du panneau. Le pressage à chaud du rideau de bambou contre-plaqué lamifié avec du papier imprégné de résine possède les deux caractéristiques suivantes : un pressage à chaud du lamifié et un pressage de type "froid-chaud-froid". En ce qui concerne la première caractéristique, le pressage à chaud du panneau de base et celui du lamifié avec papier imprégné de résine sont entrepris simultanément. Donc, le processus est simple et il garantit un collage de qualité.

La technique du pressage "froid-chaud-froid" se divise en trois étapes : un préchauffage, une étape de prise de forme et un refroidissement.

Un cycle du pressage à chaud inclut un temps pour les trois étapes, et un temps pour le chargement et déchargement du panneau. Le temps du préchauffage dépend de celui que met la température pour passer de 50 à 135°C, le temps pour la prise de forme est calculé selon l'épaisseur du panneau (1.5-2 min/mm), et le temps réservé au refroidissement est en rapport avec celui de la température qui redescend à 50°C. Le cycle du pressage à chaud est déterminé selon l'épaisseur du panneau. Il faut en général 45 min. pour presser à chaud un panneau d'une épaisseur de 12 mm.

Le bambou est un matériau thermoplastique plein de trous. Sous l'effet de la chaleur et de la pression, comme l'épaisseur diminue la densité du panneau, augmentent, plus long sera le temps de pressage à chaud, plus fort sera la condensation. Dès lors, afin de garantir la solidité du panneau, les paramètres techniques de température, pression et temps doivent être clairement déterminés pour augmenter le rendement et réduire le cycle de pressage à chaud.

Les techniques de pressage à chaud du lamifié, qui sont deux fois plus rapides que celles d'un pressage à chaud normal, réduisant le temps du processus de polissage, de recouvrement d'adhésif et de pressage à chaud d'un morceau lamifié avec du papier imprégné de résine, cependant, le degré de déviation de l'épaisseur est plus grand. Donc, lorsqu'il s'agit d'un morceau directement lamifié, le calibrage de l'épaisseur doit

être surveillé afin de garantir une épaisseur tolérée du panneau.

10. 4. 2. 5. Fixation des côtés

Après pressage à chaud, les côtés doivent être assemblés de manière à garantir l'étanchéité du panneau.

10. 4. 3. Propriétés et caractéristiques

10. 4. 3. 1. Propriétés

Tableau 2. 15. Propriétés physiques

	Unité	Densité moyenne du panneau	Haute densité du panneau	Standard
Densité	g/cm ³	0. 82	0. 92	GB4899-85
Teneur en hum.	%	3. 0	2. 4	GB4900-85
Dil. linéaire				
Longueur	%	0. 066	0. 067	ASTM
Largeur	%	0. 136	1. 135	ASTM
Résist. temps	g/100 révolutions	0. 053	1. 049	GB7911-87
Combustibilité à retardement	oxygène index	29. 0	29. 0	GB7911-87
Résistance à la pollution		faible corrosion sous l'action de la solution de carbonate desodium avec 10 % de solvant		GB7911-87

Tableau 2. 16. Propriétés mécaniques

	Unité	Densité moyenne du panneau	Haute densité du panneau	Standard
Résistance à la Flexion	MPa	104. 5	127. 4	ZB B7000-88
Module élast.	MPa	11100	13500	ZB B7000-88
Dureté	J/cm ²	6. 35	5. 5	GB 1940-80
Force collage	MPa	2. 73	4. 81	GB 9846-80
Trempage rapide de 1ère catég.	mm	0 mm sur toutes les couches		Bulletin N 1337 du J/S Ministère Agriculture Syviculture

Selon le rapport de mesures du Centre National Chinois de la Supervision de la Qualité des Panneaux à base de bois, le rideau en bambou contre-plaqué lamifié avec papier imprégné de résine présente des avantages de solidité, rigidité, petite dilatation linéaire, résistance à l'eau et à la corrosion de la surface du panneau. Sa solidité mécanique est non-seulement plus élevée que celle des autres types de panneaux en bambou, mais aussi bien plus forte que le bouleau contre-plaqué. Il s'agit donc d'un nouveau type de matériau pour le coffrage. Les propriétés du rideau en bambou contre-plaqué lamifié avec papier imprégné de résine sont reprises en tableau 2. 15 et 2. 16.

Le rideau de bambou contre-plaqué lamifié avec papier imprégné de résine est fort utilisé pour les coffrages. Voici les résultats de la comparaison decoffrage construits en Chine est à l'étranger :

Selon le tableau 2. 17, lorsque les densités sont proches, la solidité mécanique du rideau de bambou contre-plaqué lamifié avec papier imprégné de résine est plus forte que celle des coffrages traditionnels construits en Chine et ailleurs. La résistance à la flexion et le module d'élasticité sont respectivement 3 fois et 2. 5 fois plus que celle des coffrages en contreplaqué de type ZB B7006-88, et 1. 9 fois et 1. 2 fois plus que celle des coffrages de type WISA-FORM faites en Finlande. La pratique prouve que le module d'élasticité est d'importance en ce qui concerne la déformation et la rigidité.

Tableau 2. 17. Comparaison avec d'autres coffrages

	BCPLRIP	Armatures domestiques Laminées	non-laminées	WISA-FORM de Finlande
Densité g/cm ³)	0. 80	0. 78-0. 85		
Résistance à la flexion (MPa)	104. 5	60. 0	35. 0	56. 0
Module él. (MPa)	11100	10000	4500	9200
Force col. (MPa)	2. 73	1. 4-1. 8	>=1. 0	
Résistance des surfaces	0. 05g/100r	300 fois		300 fois
Dilatation longueur	0. 066	Tous deux augmentent de 0. 01 %		
largeur	0. 136 de 1 %	lorsque la teneur en humidité augmente		

Notes :

- Le bambou contre-plaqué laminé avec papier imprégné de résine fait partie des panneaux de densité moyenne.
- Le standard de forme dure laminée produit domestiquement correspond au standard Panda réalisé par la Compagnie ltd. Qingdao Huailin.
- Le standard de forme dure non-laminé produit domestiquement correspond au standard ZB B7006-88 pour les contre-plaqués en tant que forme dure.
- Le standard du WISA-FORM de Finlande correspond au rapport de mesure de la société SCHAUMAN de Finlande. Le WISA-FORM est une sorte de contre-plaqué; lamifiant.
- Le célèbres produits repris en tableau sont tous en bouleau contre-plaqué, qui possède les meilleures propriétés parmi tous les contre-plaqués.

10. 4. 3. 2. Caractéristiques du coffrage

- Après démoulage, la surface du coffrage est douce, brillante et propre. Il peut être immédiatement utilisé et ne nécessite pas un nettoyage intérieur.
- Dû à la rigidité, à la solidité et à l'étanchéité de la surface, le coffrage peut être utilisé plusieurs fois, donc, le coût de construction est réduit.
- Grâce à l'utilisation de l'adhésif phénolique, et à celui à base de résine mélangé

de la mélamine, résistant tous les deux à l'eau et à l'usure, le coffrage tolère très bien les changements de climat:

- Nous constatons une faible dilatation linéaire, une stabilité des dimensions.
- Il est mécaniquement facilement réalisable.
- La surface est douce, brillante et propre. Il est facilement délamifié et mis en service.

La Compagnie Ruida de coffrage de Qingdao estime que le rideau de bambou contre-plaqué lamifié avec papier imprégné de résine peut être utilisé une centaine de fois comme coffrage avec traitement chimique de sa surface.

Lorsque le rideau de bambou contre-plaqué lamifié avec papier imprégné de résine est combiné avec de l'acier spécial, on accroît sa rigidité. Il est aisément opérable, et peut être utilisé plusieurs fois. Le coffrage combiné ne fut mis en service qu'en 1992, sa répétition appliquée est dès lors non valable. Le coffrage en bois peut être utilisé 3 ou 5 fois, celui en brouseau contre-plaqué lamifié 20 à 30 fois, le WISA-FORM moins de 50 fois. C'est pourquoi la société finlandaise SCHAUMEN, grande productrice de WISA-FORM, qui possède la moitié du marché européen du coffrage, désire importer de Chine du rideau de bambou contre-plaqué lamifié avec papier imprégné de résine, puis vendre sur le marché européen.

10.4.4. Conclusion

10.4.4.1. Le coffrage en rideau de bambou contre-plaqué lamifié avec papier imprégné de résine pourra certainement remplacer le coffrage en bois et en contre-plaqué. En terme de propriété, il s'agit d'un nouveau type de coffrage qui peut rivaliser avec le célèbre WISA-FORM de Finlande.

10.4.4.2. Le coffrage en rideau de bambou contre-plaqué lamifié avec papier imprégné de résine pas seulement des propriétés exceptionnelles, mais il peut également être utilisé le plus grand nombre de fois. Donc le coût de construction de celui-ci est réduit, ce qui engendre un certain bénéfice économique. De plus, son coût initial est bas s'inscrivant à 43 % des investissements alloués pour le coffrage en acier. Cette sorte de coffrage est facilement produite, apporte un renouveau dans le domaine des matériaux traditionnellement utilisés, et promouvoit le développement de l'industrie de construction de Chine.

10.4.4.3. Le rideau de bambou contre-plaqué lamifié avec papier imprégné de résine est un substitut au bois, réalisé à partir des riches ressources chinoises en bambou.

Le bambou en rideau est son composant de base, puis il y a collage, séchage, assemblage et laminage direct et pressage à chaud. Il s'inscrit dans la politique chinoise du Bambou, substitut au bois. Sa production et son utilisation allègent partiellement le manque de ressources en bois de Chine. Une nouvelle voie d'utilisation du bambou vient de s'ouvrir.

10. 5. Développement des produits en bambou

La Chine ne possède pas d'abondantes ressources en bois, mais bien en bambou. Le développement des utilisations industrielles du bambou, notamment en tant que substitut au bois, est d'une grande importance pour la Chine. En plus des méthodes traditionnelles de son utilisation, comme sa production, sa participation dans le domaine de la construction, de la fabrication d'objets et de meubles, de nouveaux produits en bambou ont été récemment développés en Chine, comme le bambou contre-plaqué, le bambou contre-plaqué tressé, les panneaux de particules de bambou, les panneaux de fibres de bambou et les produits en bambou.

10. 5. 1. Bases pour développer les produits en bambou

Tableau 2. 18. Fibres des différentes espèces

Espèces	Longueur de la fibre (mm)	Largeur de la fibre (mm)	rapport long. : larg.
Ph. pubescens	1. 987	11. 43	178. 8
Ph. arcana	1. 997	13. 10	152. 4
Pl. amarus	2. 129	14. 35	148. 4
Ch. quadrangularis	1. 544	12. 65	122. 1
Ph. nigra	2. 203	12. 34	178. 9
Ph. viridis	1. 614	11. 89	131. 7

Des produits en bois ont été fabriqués pendant des années. On produisait panneaux de particules, panneaux de fibres, des placages, ... bien qu'alors nous ne profiterions pas pleinement des avantages de ce dernier.

La longueur d'une fibre de bambou est plus grande que sa largeur. Le tableau 2. 18 nous montre leur rapport chez différentes espèces de bambou.

Les caractéristiques les plus exceptionnelles de ses propriétés mécaniques sont que la résistance à la tension et à la compression dans une direction longitudinale sont plus fortes que dans une direction transversale. Par exemple, la résistance à la compression du bambou Moso dans un sens longitudinal est de plus de 5. 76 x 105 N/mm²; la résistance à la tension testée sur des bandes du Ph. arcana dans un sens longitudinal est de plus de 7. 34 x 105 N/mm². Cependant, les résistances dans une direction transversale ne sont que d'un dixième de celles dans une direction longitudinal. Cette propriété mécanique du bambou est un peu différente de celle du bois.

Tableau 2. 19. Résistance de la navette

Résist. à la comp. (N/m ²)			Résistance à la tension (N/m ²)		
Long.	trans.	rapport	long.	trans.	rap.
6. 28x106	6. 28x106	1/10	(1. 49-1. 91)x108	(6. 57-8. 93)x106	1/16-1/29

D'autre part, le bambou est plastique, facilement déformable à haute température, et garde sa déformation après refroidissement. Cette propriété est connue et utilisée depuis longtemps.

Il est préférable que le bambou soit divisé, selon les besoins de la production, en fils, morceaux ou en bandes, plutôt qu' en particules, fibres ou copeaux si nous voulons " mouler " des objets en bambou.

10. 5. 2. Fabrication d'une navette en fil de bambou

La navette est une partie importante de la machine textile, faite en général de bois de bonne qualité. Plus de 12 millions de navettes sont produites chaque année en Chine, utilisant plus de 60, 000 m³ de bois.

Pour faire des navettes en fil de bambou, les chaumes sont séparés en fil et séchés, enduits de colle, pressés à chaud dans un équipement particulier avec un moule spécial.

Pour illustrer quelques caractéristiques de navette en bambou, certaines des propriétés mécaniques ont été testées. Les résultats du tableau 2. 20 nous les montrent ainsi que celles de certaines espèces de bois utilisés dans la fabrication d'une navette en bois.

Jusqu'à présent, plus de 10 millions de navettes en bambou ont été mis en service dans des usines textiles. Il en ressort les avantages suivants.

Tableau 2. 20. Propriétés mécaniques de la navette en bambou

	unité	corps de la navette	chêne	érable
densité	g/cm ³	1. 165	0. 892	0. 880
résis. comp.	l. N. m ²	86. 1x106	64. 0x106	52. 0x106
résis. comp.	t. N. m ²	72. 2x106	17. 5x106	14. 3x106
résis. pliage	t. N. m ²	79. 4x106	145. 2x106	131. 2x106
résis. choc	N. m. m ²	0. 527x105	1. 112x105	1. 1128x105
dureté	N. m ²	2. 06x108	1. 11x108	1. 06x108
force de div.	N/cm	706	402	275

10. 5 2. 1. La navette en bambou s' use moins que celle en bois. On l' utilise 2 fois plus longtemps.

10. 5. 2. 2. Comme la navette en bambou est plutôt lisse et la friction est moindre que chez la navette en bois, sa consommation peut être réduite à 10 %.

10. 5. 2. 3. La navette en bambou peut être utilisée par tous les climats sans être déformé, alors que celle en bois, non.

10. 5. 2. 4. Les parties en fer de la navette sont introduites dans le moule avant les nattes de bambou. De cette façon, elles sont facilement retirables lors de sa mise en service.

10. 5. 2. 5. A peu près toutes les espèces de petits bambou poussant dans le Sud,

peuvent être tressées et moulées en navette, ou d'autres. Le taux d'utilisation du bambou se chiffre à 90 %.

10. 5. 3. Crochets moulés de bandes de bambou lamifié

Ils sont aussi une partie importante des équipements textiles et sont généralement en bois lamifié. Chaque année, la Chine en consomme dans ses usines plus de 50 mille m³ de bois de bonne qualité.

La puissance d'une navette est donnée au crochet et au moment du balancement, cela provoque une accélération du mouvement. Il est évident que la force de choc du crochet est plus importante que sa force de compression et de tension.

Le bambou convient pour la force de choc. En considérant ceci comme une propriété, le bambou est divisé en bandes qui sont moulées en crochets.

Il y a près de 10 mille crochets en bandes de bambou lamifié dans les usines textiles. Voici leurs avantages.

10. 5. 3. 1. Grâce à la faculté de résistance au choc du bambou, les crochets en bambou ont durée de service plus grande que ceux en bois. D'après un rapport d'une usine textile, cette durée de vie est 4 fois plus longue que celle des crochets en bois.

10. 5. 3. 2. Les crochets ont les extrémités de différentes épaisseurs lorsqu'ils viennent d'être moulés. Cela simplifie fortement le processus de semi-finition, la matière première étant plus efficace.

10. 5. 3. 3. Les crochets en bambou sont recouverts de la lame de bois et pressés ensemble lors du moulage. Le processus est bien le même qu'en cas de crochets en bois.

10. 5. 4. La lame de bambou comme recouvrement des produits moulés

Le papier et le placage de bois sont généralement utilisés comme matériau de recouvrement des produits moulés. La lame de bambou peut aussi servir à cet usage.

Des tests en laboratoire ont été menés sur des tabourets recouverts des lames de bambou. Ce dernier est fait d'une couche de 5 mm épaisseur. Le processus de moulage est identique à celui du moulage d'objets.

Les résultats ont prouvé que la lame de bambou pouvait être très douce. Les objets qui sont recouverts semblent être en bambou plein et de bonne qualité.

PARTIE III : FABRICATION DU PAPIER DE BAMBOU

1. Situation générale de la fabrication du papier de bambou

1. 1. Bref historique de la fabrication du papier de bambou

Le papier est l'une des 4 inventions de la Chine ancienne. Cai Lun de la dynastie des Han Postérieurs développa cette technique en l'an 105. Dans la "Biographie de Cai Lun de l'histoire de la dynastie des Han Postérieurs", il est indiqué "Jadis, on écrivait sur des lattes de bambou reliées entre-elles, ou sur de la soie ou fine soie, que l'on nommait papier". La soie était très chère tandis que le bambou, lourd. Ils étaient difficile à manier. Cai Lun eut l'idée de faire de papier avec de l'écorce d'arbre, des déchets de jute, des chiffons et des vieux filets de pêche. Il réussit. La première année du règne de Yuanxing, il écrivit un rapport à l'empereur sur ses inventions. Celui-ci l'encouragea. Depuis lors, le papier fut largement utilisé. On le surnomma "le papier du marquis de Cai". On parle dans d'autres documents encore du processus de fabrication du papier de Cai Lun. Ses principes de base et les techniques de production sont toujours utilisées. Ceux-ci ont largement contribué en Chine et ailleurs au développement de la civilisation humaine et de la production industrielle.

Le point clé de la technique de Cai fut de fabriquer du papier à partir d'écorce d'arbre, de déchets de jute, de chiffons et de fibres de plantes, au lieu d'utiliser de la soie ou du bambou, ce qui facilitait l'écriture. Sa méthode fut très vite populaire. Vu la demande croissante de papier, les matériaux se rarifièrent car il est difficile d'avoir des matériaux en grande quantité. Certains eurent l'idée de faire des cordes de bambou, ce qui était moins bien que celles en jute, mais utile à la fabrication du papier. Ils obtinrent des résultats satisfaisants. Dès lors, on retrouve des traces de la fabrication du papier à base de bambou. "Tongtian Qinglu Ji" (le livre de compte des objets de valeur dans les caves) indiquait : "la plupart des écrits des 2 Wang était sur papier de bambou à fibre droite fait à Kuaiji." Il s'agit de deux célèbres calligraphes de la dynastie des Jin, Wang Xizhi et son fils Wang Xianzhi. Ces dernières années, des chercheurs ont découvert que le véritable inventeur du papier en bambou est originaire de Kuaiji, il s'appelle Zhang Mao et a vécu sous la dynastie des Jin de l'Est. Selon les recherches menées par le savant japonais Dr. Sawasinobi sur la dynastie des Liang (502-555), le papier pour des portraits bouddhiques était en fibres de bambou. Ceci démontre que le papier en bambou possède une longue histoire. La dynastie des Tang fut l'apogée du féodalisme, de la stabilité politique, des progrès culturels et de la prospérité économique. Grâce aux contacts fréquents avec les pays étrangers, la

demande en papier augmenta rapidement. Le bambou en tant que matière première était collecté localement. Dans le "Manuel du Papier" écrit par Su Yijian, il est dit que dans le Sichuan, Fujian, et Zhejiang, on utilise le jute, le bambou frais, les lianes et la paille de froment ou de riz pour faire du papier. Depuis les Tang, les variétés de papier se sont multipliées, comme le papier de Yuban, de Gongchuan, de Shujian, de Jinxiao, de Biaoguang, de Guangdu, etc. Chacun d'entre-eux est fait de fibres de plantes, avec des fibres de bambou ou d'herbe ou d'écorce. Les chiffons et les déchets de jute étaient rarement utilisés.

Au cours de la dynastie des Song, Bi Sheng inventa l'art d'imprimer par caractères en bois. Le développement de l'imprimerie par caractères gravés entraîna celui de la fabrication du papier. Dans les provinces du Zhejiang et Fujian, dans le sud de la Chine, une grande quantité de papier à base de bambou fut produite, la qualité de ce dernier s'améliora fortement. Le papier en bambou fabriqué à Yuezhou, dans la province du Zhejiang devint un produit populaire. Des hommes d'état et des hommes de lettres comme Wang Anshi et Su Dongpo préférèrent l'utiliser pour écrire. Ils estimaient qu'il absorbait bien l'encre sans altérer le trait. Les lettrés de tous les temps ont suivi leur exemple. Le célèbre calligraphe et artiste Mi Fei écrivit dans "Histoire de la calligraphie" : "Avec un marteau, je frappe souvent le papier de bambou de Yuezhou qui ressemble à une plaque de métal." Actuellement, le Musée Historique de Beijing possède des copies de livres écrits par Mi Fei. Ils sont en papier de bambou et de fibres de jute. Sous la dynastie des Song du Sud, Hangzhou, la capitale, abritait des célébrités et des lettrés qui venaient du Nord de la Chine. Hangzhou était l'un des 5 centres d'imprimeries du pays. Les 4 autres étant Jiangyan dans le Fujian, Meizhou dans le Sichuan, Kaifeng dans le Henan, et Pingyang dans le Shanxi. Le développement de l'imprimerie a demandé de grandes quantités de papier. Le papier en bambou s'affina et jouit d'une plus grande popularité. Il fut dit que "le papier de bambou à lui seul possède la réputation la plus grande." Sous les Tang, le papier fait à la main prit naissance dans le Sichuan. Le papier en jute fait à Yizhou était aussi relativement apprécié. On commença une vraie production du papier en brannou sous les Song. Le bambou était moins cher que le jute car ses ressources étaient plus nombreuses. Depuis les dynasties des Yuan et des Ming, l'industrie du papier en bambou continua de prospérer. Sous les Qing, on produisit moins de papier en jute, et de plus en plus de papier en bambou qui venait du Sichuan. On perfectionna la technique de production sous la dynastie des Ming. Song Yingxing nous en livre les détails dans son oeuvre "Tiangong Kaiwu" (Développement de la production agricole et industrielle) : suppression de la Soie Verte avec illustrations des équipements et des opérations. Les points clés furent le tri du matériau, le trempage, l'étape où on le porte à ébullition, l'aplanissement, la décoloration, le recuillement avec tamis en

bambou, le pressage sous rouleau, l'exposition au soleil et le séchage. Il s'agit du plus ancien document parlant des détails de la technique de production du papier en bambou de Chine. Traduit en anglais, français, et introduit en Europe et au Japon. Le livre parle notamment du " papier en bambou produit dans la province du Fujian ". D'autres documents montrent que sous les dynasties Song, Yuan et Qing, le Fujian produisit constamment du papier en bambou. Depuis la dynastie des Qing, et jusqu'aux Temps Modernes, il fut fabriqué dans toutes les régions où il y avait des ressources en bambou, en limon et en main d'oeuvre technique. Les usines se retrouvent principalement dans le Fujian, le Jiangxi et le Sichuan. La fabrication de papier devint la principale industrie de ces provinces. Les produits en papier étaient vendus en Chine et à l'étranger. On le produisait dans les villes et dans les régions montagneuses. Par exemple, dans le canton de Jiajiang dans le Sichuan, en période de prospérité de la production de papier en bambou, 2,000 ménages fabriquaient jusqu'à 4,000 réservoirs de papier, utilisant 30,000 employés. Mais à cause du bas niveau économique et technologique, l'industrie du papier fait à la main, souffrit de nombreuses difficultés, témoignant de grandes fluctuations de la production.

Depuis la fondation de la Chine Nouvelle, au moment où de grands efforts ont été réalisés dans le développement du papier " mécanique ", on paya une attention particulière à la construction et au développement de l'industrie du papier fait à la main. En 1949, la production de ce dernier ne fut que de 120,000 t. A partir de 1953, la production atteignit 200,000 t (en 1954, elle s'éleva même jusqu'à 300,000t). Après 1979, la réforme et la politique d'ouverture toucha les régions rurales et montagneuses. En tant que résultat de la politique libérale et de revigoration économique, la production du papier fait à la main redémarra. Jusqu'en 1985, la production annuelle fut de 260,000t (on comptait à l'Office de Contrôle Commercial et Officiel du Sichuan, 364 usines de papier et de grossistes). Il n'y a pas de statistiques concernant la proportion de papier en bambou dans celle du papier fait à la main. Une estimation l'envisage à 50 %, ce qui est un chiffre significatif. La production de papier à écrire et à dessin prit une extension considérable. En 1986, le Musée du Papier fait à la main fut ouvert dans le canton de Jiajiang. C'est le premier du genre. Ce musée aux données historiques présente la technique de fabrication du papier dont celle à partir du bambou, comme l'héritage de Cai Lun. Il montre les contributions culturelles que celui-ci a apportées au pays.

1. 2 Technique de production de la fabrication du papier

La technique de production du papier fait à la main est celle qu'on utilise depuis des centaines d'années. Elle possède toute une série de procédures. Celles-ci diffèrent

un peu suivant le matériau utilisé. La qualité du papier dépend du choix des matériaux, de la qualité de l'eau, des doses des additifs chimiques, de l'application dans l'opération et de l'expérience du maître. Dans la "Série d'étude : une conversation sur papier ", il est dit " Le point clé est le matériau utilisé ". Dans le "Tiangong Kaiwu", on raconte : " Avec le bambou, il faut faire attention au temps d'abattage. La bambou au stade de croissance est le meilleur matériau ". On utilise du bambou frais pour produire du papier fait à la main. Le bambou est divisé en matières premières et en matières à bouillir. Voici une brève description du processus de fabrication :

1.2.1. Le trempage (pour éliminer la peau verte du bambou). Des bambou frais sont coupés en segments de 2 m de long et placés dans des bassins pour un trempage de 1 à 3 mois selon les conditions locales. Actuellement, le temps de trempage est réduit par addition de limon. Ensuite, à l'aide de marteau en bois, on enlève la peau verte en frappant sur les morceaux. On enlève également les joints et diaphragmes du bambou.

1.2.2. On porte à ébullition. On utilise des chaudrons d'une capacité de 5,000 Kg. Jadis, on portait à ébullition en 2 étapes : ébullition avec limon et celle avec de la poussière de soude. On bouillait les matériaux pendant 5-10 jours sous pression normale de l'air. Les fibres forment petit à petit des lattes. Récemment, on a amélioré la technique. Les bambous sont coupés en segments courts, et d'abord placés dans une solution claire, couverts et rendus étanche à l'eau. Une seule journée est nécessaire à l'ébullition. Les matières premières ne sont pas bouillies avec de la poudre de soude.

1.2.3. Lavage : un liquide noir découle des matériaux bouillis qui étaient lavés à l'eau chaude 2 ou 3 fois. Ils étaient placés dans des bassins pour un trempage jusqu'à macération. Il était également possible d'y verser du jus de fève ou de l'eau de riz pour les faire fermenter 5-7 jours. Ensuite, ils étaient immergés puis lavés.

1.2.4. Blanchissage (exposition au soleil). Dans l'ancien temps, pour faire du papier blanc, on étalait les lattes le long des versants sud des collines pendant 3 ou 4 mois. On les retournaient 2 ou 3 fois. Un blanchissage par oxydation naturelle se produisait. Au cours de la période républicaine de la Chine, on blanchissait la plupart du papier fait dans la province du Sichuan avec une poudre adéquate. On l'appelaient alors " le blanc poudreux".

1.2.5. Frappage : les déchets disparaissaient au cours du lavage et frappage. Dans la plupart des localités du Sichuan, on utilisait le marteau hydraulique. Les fibres

étaient soumises à de fortes fibrations, formant des pâtes d'une grande concentration. Lorsque les fibres ont été convenablement mêlées, le papier est plus solide.

1. 2. 6. Préparation des lattes: la latte était placée dans un container rempli d'eau claire, dans lequel on a ajouté une solution de fibres en suspension dans l'eau, facilitant la récolte du papier. Le container devait être plus grand que le tamis en bambou.

1. 2. 7. Récupération: la pâte à papier humide, riche en fibres se répartissait uniformément sur le tamis en bambou. Ensuite, on la plaçait sous une presse en bois. Ceci est le moment crucial dans la fabrication du papier. Souvent, c'était le maître qui récoltait le papier.

1. 2. 8. Pressage: lorsque les pâtes étaient au nombre de 1, 000, on les recouvrait d'une plaque, et essorait par pression une partie de eau. Avec une brosse souple, on les mettait sur les parois d'un four.

1. 2. 9. Cuisson: il y avait cuisson à froid et cuisson à chaud. Les parois du four étaient enduites d'eau limoneuse pour les polir. La cuisson à caud consistait à chauffer la couche intérieure du mur et celle à froid signifiait séchage par ventilation naturelle.

1. 2. 10. Emballage: les feuilles séchées dans un four ou à l'air étaient rassemblées et comptées. Dans la plupart des cas, chaque centaine page était un dao. Parfois 200 pages formaient un dao, 40 dao représentaient un ballot, 200 dao paquet. Ils étaient liés par des bandes de bambou et prêts à être vendus.

Le processus de production était tantôt simple, tantôt complexe suivant la qualité et la variété du papier. Tout travail était manuel, caractérisé par une grande intensité de travail, un équipement simple, et un cycle de production long. Bien après, les ouvriers ont amélioré l'équipement, les outils et les méthodes. Dans certaines usines, on met en pâte chimiquement mais le récupérage se fait toujours manuellement. Dans les manufactures où on utilise toujours les techniques de production traditionnelles, la pâte est malaxée dans des containers. Les techniques traditionnelles ont leurs points forts que la fabrication mécanisée du papier devrait apprendre. Par exemple, le choix des bambous, l'élimination des joints et diaphragmes, celle de la peau verte, le blanchissement par oxydation, le battage de la pulpe à grande concentration... Certains de ces avantages ont été appliqués dans les techniques modernes. Il serait intéressant de combiner les deux méthodes pour obtenir un maximum d'efficacité.

1. 3. Variété de papier et les célèbres papiers traditionnels

La fabrication du papier a une longue histoire en Chine. Le papier fait à la main se caractérise d'abord par une très large variété. Les noms, spécifications, couleurs et variétés peuvent être très diversifiés. En se basant sur des données, on estime le nombre de variété de papier à plus de 200. Il y a une centaine de sortes de papier fait avec de la pulpe de bambou. Selon les usages, on les regroupe en 3 types principaux :

1.3.1. Les papiers culturels. Ceci inclut les papiers à écrire à la plume d'oie, ceux pour conserver les livres ruraux, le papier à lettre, le papier pour éventail, celui pour copier les livres, celui pour imprimer les classiques chinois, celui pour des livres reliés, le papier à dessin de qualité, et celui pour la calligraphie.

1.3.2. Le papier de toilette. Ceci reprend le papier utilisé dans les campagnes. Une énorme quantité de ce papier est requise, soit la moitié de la totalité de la demande. La pulpe du bambou était mélangée à de la paille de riz ou de pulpe humide. Le papier de toilette fait d'un mélange de pulpe est de mauvaise qualité, on l'appelle aussi " papier local en paille".

1.3.3. Les papiers religieux. Ce type de papier a été spécialement réalisé de façon à, lorsqu'on le consume, se retroqueviller, se balancer et se volatiliser en cendres blanches dans l'air. Certaines variétés sont jaunes et portent le nom de " papier Huangbiao".

1.4. Nouveaux types de papier

Dans l'optique de développer l'économie nationale, augmenter le niveau de vie de la population et les demandes futures des marchés, des politiques de production diverses devront être appliquées selon les 3 types de papier. Le papier de toilette fait main est de mauvaise qualité et est vendu bon-marché. De plus, il faut qu'il réponde à des normes hygiéniques et soit transporté dans de bonnes conditions. Chaque tonne de papier de toilette consomme en moyenne 5-6 t de bambou frais, ce qui est préjudiciable à la croissance des bambou. Ces dernières années, le papier hygiénique réalisé mécaniquement s'est développé rapidement et on en trouve dans tous les coins de Chine. Afin d'utiliser rationnellement les ressources en bambou et pour augmenter le rendement économique, on contrôle la production du papier de toilette fait à la main à base de pulpe de bambou. Avec la promulgation des politiques religieuses et l'ouverture sur le monde extérieur, les papiers religieux se partagent le marché intérieur. Sur les marchés du sud-est asiatique comme dans la province de Taïwan, à Hong Kong et à Macao, la demande en papiers religieux est croissante de jour en jour. Des variétés adaptées aux marchés doivent être créées. Des efforts doivent être

réalisés pour exporter les papiers religieux ayant une meilleure qualité, et plus de choix.

De nos jours, la production des papiers "culturels" n'est pas forte. La qualité diffère énormément suivant les variétés. Mais ceux-ci ont un brillant avenir étant donné ses particularités et son utilité. Par exemple, dans notre société actuelle, on retrouve un attrait pour la calligraphie et le dessin. Cela concerne autant les élèves d'école primaire que les cadres retraités et que les ouvriers. Le papier réalisé mécaniquement ne peut le remplacer. Il y a des papiers à base de bambou fait à la main suivant des techniques traditionnelles qui sont connus et appréciés depuis des centaines d'années en Chine et à l'étranger. Voici quelques exemples de ces papiers :

1. 4. 1. Imitation du papier Xuan

Il s'agit d'un papier à écrire et à dessin de qualité, résultat du processus technique de production du papier Xuan de l'Anhui, dont la méthode a été quelque peu modifiée.

Le papier Liancheng Xuan de la province du Fujian est fait avec de la pulpe fraîche de bambou, dans laquelle il y a beaucoup de fibres, ce qui solidifie le papier. Il est réalisé suivant un processus traditionnel, naturellement blanchi. On raconte que " il ne décolorera pas dans 100 ans et ne jaunira jamais ". Par exemple, le papier Mianlian 802 fut produit avec succès en février 1980. C'est un papier à écrire et à dessin de haute qualité, blanc, transparent, doux, solide, qui ne se froisse jamais. Il absorbe bien l'encre et offre une surface lisse. Il est de meilleure qualité que le papier ordinaire Xuan. Le papier Yuban était doux, solide et résistant. On l'utilise en archéologie, dans les centres d'archives et dans les associations artistiques pour l'impression d'épures, pour les copies ou la réalisation d'écrits et de dessins, pour la copie de livres anciens, de fresques, d'écrits sur tablettes de pierre, ou pour l'imitation d'oeuvre d'art. Le papier Liancheng Xuan et le papier Xuan de l'Anhui sont fort appréciés des calligraphes, peintres, artistes et hommes célèbres japonais. Il fait souvent office de don. Par exemple, après, des tentatives de production réussites, 250 ballots de papier Mainlian 802 furent achetés par des Japonais. L'année suivante, 200 tonnes en furent commandées. Ce papier est exporté aussi en Asie du sud-est.

Dans le Sichuan, le papier à écrire et à dessin Jiajiang provient du papier Lianshi. Au début de la dynastie des Qing (1688), on le percevait comme un tribut. On l'employait comme papier d'examen lors des examens impériaux de la cour. Lors de la guerre contre le Japon, le célèbre artiste Zhang Daqian se rendit par deux fois dans le

canton de Jianjiang pour y mener en collaboration avec les paysans, des recherches sur l'amélioration des techniques de production de ce papier. Un papier à écrire et à dessin de très haute qualité, décoré de nuages et de fleurs colorés fut réalisé grâce au mélange de pulpe de bambou et de fibres de jute. On l'appela Jiajiang, le papier imitant celui de Xuan. Voici quelques commentaires que firent les cercles artistiques à propos de ce dernier : "Le papier est de fine texture et d'une grande solidité. Il résiste aux coups de pinceau les plus agressifs. Il absorbe l'encre et résiste à l'humidité. L'encre ne se décolore ni ne tourne au vert. Le dessin y apparaît plus distinct et plus beau." Actuellement, on le nomme "le papier à écrire et à dessin Zhang Daqian".

1. 4. 2. Le papier Yuanshu. Il est fait de bambou pure, non blanchie. Il est fin et jaunâtre. On l'utilisait comme papier à écrire ou à copier des écrits. Dans le Zhejiang, le papier Fuyang Yuanshu était réalisé par procédé raffiné. La peau verte et la moelle des parois intérieures du bambou étaient d'abord éliminées. Le papier est de fine texture et se vend bien sur les marchés domestique et mondial.

1. 4. 3. Le papier Maobian. Il est fait à base de pulpe de bambou fraîche. On l'utilisait pour imprimer des classiques ou écrire à la plume d'oie. On le produisait dans toutes les provinces de la Chine du sud. Chaque année, une grande quantité était réalisée. Il était fin et bon marché, donc très populaire parmi les gens du peuple. Le papier Bailian Maobian produit à Jiangle, province du Fujian, servit à l'impression des poèmes classiques publiés dans des livres reliés.

1. 4. 4. Le papier Yukou. Le papier normal Yukou, produit dans le canton de Changdong, province du Fujian, portait l'élégant de "Printemps et Neige blanche". Fin, doux, frais et lustré, ce papier absorbait bien l'encre et ne se perforait pas. On l'utilisait pour l'impression de textes devant traverser les âges, comme les classiques anciens.

1. 4. 5. Le papier Lianshi. Il était blanc, fin et résistant. On nommait l'épais papier Lianshi, "papier Haiyue". Celui-ci servait à la copie de tablette de pierre, pour les éventails, comme papier à lettre et d'impression des nouvelles. On le produisit dans les provinces du Zhejiang, Fujian, Jiangxi et Sichuan.

1. 4. 6. Le papier Gangchuan. Il était réalisé avec de la pulpe de bambou fraîche. Les matériaux fermentaient et on blanchissait la pulpe. Le papier était assez fin et utilisé comme papier à écrire ou pour la lithographie.

Il existe encore bien d'autres variétés de papiers traditionnels. Jadis, ils se ven-

daient bien sur le marché intérieur. Cependant, la qualité des papiers faits main servant dans certains domaines doit être améliorée. Il faut diversifier les produits. Certaines sortes de papiers faits main comme le fin papier à écrire et à dessin au pinceau, ou le papier cadeau, devraient être améliorées et exportées pour favoriser les échanges avec l'étranger. La production en petits paquets de papiers diversifiés pourrait rapporter de gros bénéfices, en donnant un rôle entier à la fonction particulière de ces techniques.

1.5. Développement du papier fait mécaniquement

Dans les années 30, l'usine de papier de Fuzhou (également appelée Fujian Co. Ltd), a commencé à produire du papier fait mécaniquement. Le fondateur est Mr. Chen Xiqing qui a étudié aux Etats-Unis et en Europe. De retour au pays, il a créé l'usine. Un rapport datant de 1929 décrit les origines de la manufacture comme suit : " Le bambou, je pense, est une spécialité de Chine. Les provinces du sud possèdent de riches ressources. L'ancienne méthode de production du papier en bambou consistait à utiliser des pousses fraîches. On ne peut les récolter que pendant une courte période. Sa production est donc limitée. De plus, l'abattage de jeunes pousses s'effectue au détriment de la croissance des pieds. Il faudrait trouver une nouvelle méthode d'utilisation des chaumes plutôt que des pousses pour produire de la pulpe. Cela serait beaucoup plus économique. Donc, je me suis décidé me rendre au delà des océans, en Europe et en Amérique pour apprendre leurs nouvelles techniques de fabrication mécanique du papier. Là, on avait trouvé le moyen de réduire des chaumes en pulpe. Après 10 ans d'efforts, je finis par être récompensé. Non seulement, il est possible de produire mécaniquement différentes sortes de papier à base de pulpe de bambou, mais aussi des papiers importés..."

L'usine fut bâtie en mai 1932, puis mise en service. Les matériaux en bambou étaient bouillis dans un globe avec une solution de sulfite. Le papier était fabriqué à l'aide de machines dont des cylindres et des séchoirs multiples, ayant une capacité quotidienne de 3 tonnes. Les produits incluaient le papier journal blanc (papier en relief), le papier à dessin, le papier à polycopier, le papier Haiyue, le papier brouillon, etc.. Ces papiers sont de meilleure qualité et étaient utilisés à Tianjin, Shanghai, Hangzhou, Guangzhou et Chaozhou. On en exportait aux Philippines, en Thaïlande, en Indonésie, et en Malaisie. Ils contribuèrent au développement de l'industrie nationale et à la production du papier en bambou réalisé mécaniquement.

L'usine de papier du Sichuan fut la première à produire mécaniquement du papier en bambou. Le rendement en pulpe y est actuellement le meilleur de Chine. Dans les

années 40, l'usine de papier Jianguo de Chengdu et celle de Zhongyuan à Yibin (devenue l'usine de papier Changjiang) utilisaient des bambous dénudés, des nattes de bambou et une solution de sulfite pour produire du papier à dessin, à polycopier, et à cigarette. Dans les années 50, on consuma énormément de bambous. Comme les entreprises de Chongqing, Yibin et Changjiang ont pris de l'extension, la demande en bambou s'est fortement accrue. Entre 1953 et 1959, la quantité de pulpe de bambou nécessaire à la production mécanique du papier a augmenté de 30 %. En 1957, celle utilisée par l'usine de Chongqing connut une augmentation de 98 %, servant à la production de 210 variétés de papier journal et de papier de très bonne qualité. L'usine de Yibin produit du papier journal avec de la pulpe de bambou blanche. Tandis que celle de Changjiang utilise de la pulpe de bambou non-blanchie pour produire 6-7 variétés de papier, tels que le papier brouillon et le papier pour sac. Afin d'utiliser rationnellement les ressources en bambou, les chaumes se sont progressivement substitués aux jeunes pousses. Mais à partir de 1966, pour diverses raisons, on ne produit plus que 5-6 % de pulpe de bambou. Des les années 80, les provinces et régions de la Chine du Sud ont adopté une politique de renforcement du développement et de l'utilisation du bambou comme matériau pour faire du papier. Après restructuration des anciennes usines, le rendement de la pulpe de bambou s'est multiplié d'année en année. En Chine, il y a à peu près 105 usines qui produisent de la pulpe de bambou. Dans le Sichuan, le taux moyen d'augmentation annuelle de pulpe fut de 15%. En 1991, on produisit près de 98,000 tonnes de pulpe. Dans le Guangxi, alors que l'usine Linzhou ne consommait que quelques de tonnes de pulpe, aujourd'hui, elle en utilise 20,000 t. Dans le Hunan, l'usine de papier Yueyang bénéficiant des riches ressources en bambou de l'ouest du Hunan, a construit un bâtiment destiné au blanchissage en 3 étapes, ayant une capacité de 10000t. Il fut mis en service en 1991. Au cours de cette période, 5 nouvelles usines de broyage et de fabrication de papier furent édifiées, avec une capacité de 3-50,000 t. On y plaça des équipements modernes, inspirés de l'étranger. La construction de l'usine de papier carton de Wuzhou, dans la province du Jiangxi, et celle du papier à Puyi, dans la province du Hubei, s'acheva et celles-ci devinrent des industries pilotes de production. Tout ceci sont de nouvelles réalisations dans le domaine de l'industrie du papier, répondant aux besoins énormes en bambou.

2. Techniques de production mécanique du papier

2.1 Caractéristiques des fibres de bambou

Sur les centaines d'espèces de bambou en Chine, 30 peuvent servir à la production mécanique du papier. On les distingue en 2 catégories. La première regroupe les

bambous de petite et moyenne taille, aux parois fines, de 2-8 mm d'épaisseur et 2-6 cm de diamètre, comme le *Sinocalamis affinis*, le *Dendrocalamus membranaceus*, le *Phyllostachys heteroclada*, le *Ph. nidularia*, le, *Pleiolabastus amarus*, le *Bambusa textilis*, le *Ph. bissetii*, le *Bambusa portentosa* et le *Monocladus Amplexicaulis*, etc.. La seconde catégorie comprend les bambous de grande taille, aux parois épaisses, de 10-20 mm d'épaisseur, et 8-20 cm de diamètre, comme le *Ph. pubescens* qui occupe 70 % de la surface forestière de Chine, recouvrant plus de 0.54 million d'ha dans le Fujian, 0.54 million d'ha dans le Hunan, 0.46 million d'ha dans le Zhejiang, et 0.46 million d'ha dans le Jiangxi. Jadis, on l'utilisait surtout comme matériau de production, dans l'agriculture, ou pour des usages quotidiens. Le nombre de *Ph. pubescens* mentionné ci-dessus a récemment diminué, en raison de leur utilisation en masse par les usines de fabrication de papier telles que la nouvelle usine de papier Shaowu, celle de papier carton de Wuzhou, et celle de Puqi. Des expériences techniques ont révélé que le *Dendrocalamus latiflorus* et le *Sinocalamus sp.* possèdent les propriétés requises pour la fabrication du papier. Ils appartiennent à la catégorie de bambou aux parois épaisses et au diamètre large.

Tableau 3. 1. Forme des fibres de quelques matières premières destinées à la fabrication du papier.

espèces	long. mm		larg. mm	épais. membr.		cavité μ		rap. μ		cellule %		fin %	
	moyen.	gén.		mm	mmbr.	μ	μ	μ	%	%	%	%	
S. affinis	2.05	1.2	0.014	2.54	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	18.65	42.5		
D. membra.	2.0	1.2	0.012	2.45	5.7	1.17	18.20	37.7					
Ph. bisset	1.66		0.013										
S. latiflor	2.75	1.7	0.018	4.9	5.95	2.3	17.06	28.19					
Ph. pubescens	1.5	2.2	0.013	6.1	3.2	30.0							
S. beeche.	1.88		0.013			25.0							
P. masson	3.61	2.2	0.05	3.8	33.1	0.23	1.5						
Eucalypt.	0.88	1.0	0.015	3.7	7.2	0.9	17.6						
Froment	1.32	1.6	0.014			37.9							
Herbe	1.12	1.6	0.01	3.0	3.4	1.77	35.5						

Tableau 3. 2. Composition chimique de certaines espèces

	Lieu	Poussière	Extrac.	Polyose	Lignine	Fibre	Remar
		Phé.	1%NaOH				
S. affinis	Sichuan	2. 4	3. 63	17. 94	24. 3	27. 27	55. 05
S. affinis	Sichuan	2. 94	2. 8	24. 7	19. 1	25. 3	74. 7 Synt.
D. membra.	Sichuan	1. 74	1. 8	22. 65	19. 06	25. 1	76. 13 Synt.
D. membra.	Guangxi	1. 82	3. 1	27. 75	20. 6	21. 8	47. 12
Ph. pubes.	Jiangxi	0. 54	3. 35	25. 88	22. 6	22. 22	43. 5 4 ans
Ph. pubes.	Fujian	1. 21	1. 02	28. 26	22. 31	31. 8	45. 53 4 ans
Ph. pubes.	Hunan	0. 9	6. 43	26. 76	20. 54	29. 6	50. 66 7 ans
B. textil.	Guangdong	2. 39	2. 28	29. 08	20. 7	25. 47	42. 3
Ph. nidul.	Guizhou	1. 37	2. 1	21. 53	21. 9	27. 02	46. 29
Ph. heter.	Yunnan	1. 39	3. 09	23. 94	18. 18	25. 12	44. 52

Les fibres de bambou sont longues et fines. La longueur moyenne est de 1. 4-2 mm, soit légèrement plus courte que celle des fibres de conifères, et plus longue que celle des arbres de feuillus et de la plupart des plantes graminées. La largeur moyenne des fibres du bambou n'est seulement que de 0. 01-0. 015 mm. Le rapport entre longueur et largeur convient parfaitement pour la connection transversale du papier. La teneur en cellulose du bambou est plus élevée que chez le bois, celle en poussière est moindre par rapport à l'herbe. Donc, le bambou fait un excellent matériau pour fabriquer du papier. Mais, sa texture est tendue, la densité de la paroi du chaume élevée, la membrane cellulaire épaisse, et l'espace cellulaire petit. Ces problèmes doivent être résolus. La forme de la fibre, la composition chimique et la structure du chaume des différentes espèces, varient fortement. Le bambou peut effectivement servir à la fabrication de la pulpe. Il est donc important d'étudier son comportement lors du processus de broyage et de fabrication. La qualité des pulpes chimiques dépend du paramètre de la structure de la fibre, notamment sa forme, et des caractéristiques des fibres fines. A cause de l'augmentation de l'utilisation de bambou pour fabriquer du papier dans les années 80, des instituts scientifiques de recherches et d'étude, de nombreuses usines de papier ont effectué des tests expérimentaux pour améliorer les techniques et les effets économiques de la fabrication du papier. Les indices obtenus

sont repris en tableaux 3. 1 et 3. 2.

2. 2 Emmagasinage du bambou et préparation des matériaux

2. 2. 1. Emmagasinage

La qualité du chaume dépend fortement de la période où on l'abat. L'une des archives dit: "Les objets faits en chaumes de bambou coupés en hiver ne seront pas attaqués par les phalènes. "D'une façon générale, il faut couper le bambou entre le début de l'hiver et celui du printemps de l'année suivante. Durant cette période, l'action physiologique est ralentie par la baisse de température, ce qui réduit la teneur en éléments nutritifs et en poussière du chaume, et améliore sa solidité. Les objets réalisés en bambou coupés en hiver résistent aux champignons et aux insectes. Dans la province du Sichuan, on coupe les chaumes servant à la fabrication du papier de la fin octobre au mois de février de l'année suivante.

Pour assurer la continuité de la production d'une usine de papier qui réalise annuellement 20, 000 tonnes de pule de bambou, celle-ci doit stocker 30 à 40 mille tonnes de jeunes bambous pendant 5 à 6 mois. Comme les chaumes contiennent de l'humidité, de l'amidon et du carbohydrate, ils seront facilement endommagés s'ils sont emmagasinés dans de mauvaises conditions, ce qui réduit la quantité de pulpe qu'on pourrait obtenir. Les expériences démontrent que le rendement d'une pulpe ordinaire d'un chaume endommagé décroît de 5 à 10 %, et sa solidité de 20 à 35 % en comparaison avec celle des chaumes bien conservés. Ils est donc essentiel de faire attention au stockage des bambous. Certaines usines de papier considèrent ce point comme la première étape du processus de production et tentent de l'améliorer. Les principales mesures sont:

2. 2. 1. 1. Vérifier la qualité chaumes lorsqu'ils arrivent à l'usine. Ceux qui seraient endommagés à cause des insectes seront rejetés. La teneur en humidité du chaume sera sévèrement contrôlée.

2. 2. 1. 2. Garder un bon drainage du lieu d'emmagasinage. Le sol doit être plat. Les bambous seront posés à 300-500 mm du sol, sur une couche de pierre, ce qui préviendra du stockage d'eau.

2. 2. 1. 3. Garder une bonne ventilation du lieu, en installant un chaîne de ventilation et un espace entre les bambous. La taille de l'endroit où le bambou sera stocké correspondra à l'échelle de production et à la surface du matériau devant être stocké. Il

sera de préférence de 30 m de long, 10-12 m de large, 5-6 m de haut, avec un sommet rigide et recouvert d'enduit résistant à l'eau utile lors de la saison des pluies.

2.2.1.4. Prendre des mesures de sécurité face aux incendies, préparer suffisamment d'équipements d'extinction. Il faut interdire de fumer ou d'utiliser du feu près des containers de stockage. Former des officiers spécialisés dans le contrôle des incendies selon les conditions du site.

2.2.1.5. Utiliser les chaumes dans un ordre raisonnable. Le nom des espèces de bambou, leur poids, la date d'acceptation et le nom du vendeur doivent être inscrits sur chaque container. La règle "premier venu, premier utilisé" doit être observée.

2.2.1.6. Contrôler les containers à temps. Il faut les contrôler fréquemment, à intervalles réguliers. La surveillance doit être intensifiée pendant la saison de pluie. Les insecticides et antiseptiques doivent être posés si on découvre des dégâts causés par les insectes ou les champignons. Les chaumes légèrement abîmés doivent être immédiatement utilisés.

L'usine de papier de Fuzhou, située dans la province du Jiangxi a fait des expériences sur le stockage des bambous pendant toute une année. Elle a conclu que les chaumes du *Phyllostachys pubescens* récemment coupés stockés en tas recouverts de pierres, s'ébrèchent lorsque leur teneur en humidité diminuait de 20 %, la brèche s'aggrandissant rapidement. Le container et le lieu du stockage doivent donc être bien ventilés et drainés. Aucun dégât d'insectes ne fut découvert après un an de stockage dans ces conditions.

2.2.2. Ebrèchement et préparation des matériaux

L'ébrèchement est le début de la phase de broyage. La qualité des copeaux est en relation avec les bénéfices économiques de la production de pulpe et de papier. Des expériences de production à long terme ont prouvé que la taille idéale des copeaux est de 20 ± 2 mm de long. La taille des copeaux produits était maintenue à 15-30 mm, le taux des copeaux de qualité dépassant les 90 %. Des copeaux de tailles inadéquates ne conviennent pas au broyage :

--Les copeaux de plus grande taille s'entremêlent dans le container et le distributeur provoquant une utilisation insuffisante de l'espace du container et l'augmentation de la consommation chimique. La production normale ne peut se poursuivre.

--Des copeaux inégaux seront la cause d'une perméabilité inégale du liquide chi-

mique, du manque de cuisson de la pulpe.

--Des copeaux trop petits réduiront le rendement et la solidité de la pulpe, notamment la résistance à la déchirure.

La taille des copeaux est très importante, elle est responsable de la qualité de la pulpe et de la consommation chimique. Afin de fabriquer des copeaux de bonne taille, les mesures suivantes doivent être prises en considération.

2. 2. 2. 1. Sélectionner des machines à fabriquer et à tamiser correctement les copeaux selon l'échelle de production de papier et la demande en copeaux, de façon à garantir un ébrèchement continu et efficace.

2. 2. 2. 2. Aiguiser les lames des rabots, entretenir les affûteuses régulièrement. Equiper chaque ouvrier de son propre rabot. Observer l'usure des lames et les changer de temps en temps. La distance entre le laminoir et le couteau fixe ne doit pas être trop large. Elle doit être de 0. 5-1mm pour un copeau en forme de disque, et 0. 05 mm pour un copeau roulé.

2. 2. 2. 3. Faire attention à la suppression de la poussière et au tamisage des copeaux lors du processus d'ébrèchement. Les fragments de métal, le sable, les pierres, les déchets de bambou et les longs morceaux devront être éliminés des paquets. Il faut examiner régulièrement la qualité des copeaux.

Le processus de préparation du matériel dans les usines de papier est assez simple :
chaume de bambou → rabotage → bande transporteuse → tamisage → bande transporteuse → condensateur.

Les usines fabriquant du papier de taille moyenne et large sont équipées d'un silo intermédiaire permettant une production continue. Les données techniques des rabots existants sont les suivantes :

Rabot en rouleau avec 3 lames ZCQ, capacité de production : 2-3 t/h (séchage absolu), 45 KW, 75 KW, raccordé à un tamis double.

Rabot en disque avec 5 lames ZMX, diamètre 2500, capacité de production : 7-10 t/h, 115 KW, raccordé à un tamis triple à bascule.

Le processus technique mentionné ci-dessus et ses équipements clé demandent moins d'investissement et provoquent une légère perte lors de la préparation des

matériaux et consommation moins d'énergie. La taille des copeaux convient aux besoins du broyage au sulphate. L'usine de papier Changning de la province du Sichuan, a créé un rabot en rouleau ZCO 22 pour traiter le *Sinocalamus affinis*. Sa valeur de production actuelle dépasse la capacité prévue de 7 t/h. La longueur du copeau était de 19-22 mm, le taux de copeaux standard de 90-95 %, la perte des matières premières lors de la préparation de 3-4.5 %, l'énergie consommée de 18 KW par tonne de copeaux. Si l'on considère la situation actuelle de la production de pulpe de bambou en Chine, le processus susmentionné apparaît comme étant raisonnable économiquement et techniquement efficace. Il peut être longtemps utilisé par les petites et moyennes entreprises.

Des équipements techniques ont été introduits récemment de l'étranger dans nouvelles usines. Ils regroupent :

--Les technologies de PEADCO Corporation, installée aux Etats-Unis. Le processus se déroule comme suit : matières premières--machine à déchirer -- bandes transporteuse --alimenteur --extracteur semi-humide -- compteur à aiguille -- extraction humide -- machine à laver --cuisson continue.

Les principales caractéristiques de processus sont : les copeaux sont déchiquetés en fragments. les particules poussiéreuses et solubles sont éliminées par une double extraction humide, la teneur en SiO₂ est réduite de 30 %, les fragments de copeaux passent dans un condensateur à double tuyau conducteur qui assure même la perméabilité du liquide alcalin, diminue la consommation de vapeur et d'alcalin et améliore le rendement et la solidité de la pulpe. Selon l'enquête, cette technique a été adoptée par l'entreprise brésilienne ITAOGA, sa consommation de NaOH fut de 16, 5 %, la dureté de la pulpe non-dégrossie de Kappa 45, un rendement de plus de 46 %, sa consommation de vapeur de 2.2 tonnes/une tonne de pulpe. On peut en conclure que ce procédé est techniquement valable.

Les principaux problèmes qui posent le processus sont : la perte des matières premières lors de la préparation atteint 15 %, il y a 30-50 % de perte de bonnes fibres, l'énergie consommée est trois fois supérieures à celle nécessaire lors du processus normal. Ces frais ne peuvent pas être supportés par les usines. Des mesures sont implantées en Chine en vue de réutiliser les résidus du tamisage pour faire du carton ou autres. Mais de nouveaux problèmes apparaîtront dans les futures productions.

--Techniques de la PALLMAN Corporation, basée en Allemagne. On utilise un rabot à cylindre PHT avec système de lavage des copeaux. Le processus est le suiv-

ant: Paquet de bambou -- rabot -- bande transporteuse -- tamisage -- machine à laver -- tamisage pour dégorger l'eau -- bande transporteuse -- coffrage -- bande transporteuse -- marmite à cuisson.

Le rabot à cylindre PHT réalisé par la PALLMAN permet de nombreuses utilisations, les matières premières sont taillées par des rouleaux à lames. Quantité de matières premières, telles que les troncs, les brindilles, les cimes, et les boutures du bambou peuvent être transformés en copeaux. Des copeaux de mauvaises qualité résultent des vibrations des matières courtes lors du rabotage. Ceci peut être quasiment résolu par l'utilisation du rabot cylindrique PHT. Les copeaux sont passés dans tamis en forme d'arc. Les grands morceaux seront à nouveau rabotés. La longueur moyenne est de 22 mm, la longueur actuelle est maintenue à 17-25 mm. Boue, sable et poussière disparaissent des copeaux lors du lavage. Leur teneur en humidité après cette étape est de 30 %, ce qui favorise la perméabilité au liquide alcalin. La capacité de production dépasse les 30 t/h, la puissance de la plupart des engins de transmission étant de 375 KW. Les copeaux devraient être réalisés à partir de bambous de bonne qualité, ce qui permettrait en même temps un contrôle de la consommation d'énergie.

Les nouvelles techniques et les équipements décrits ci-dessus devront être soumis à des tests pratiques et améliorés selon les conditions locales.

2.3 Cuisson au sulfate

D'après les caractéristiques des fibres de bambou, le broyage alcalin convient le mieux, surtout sous forme de méthode sulfatée. La teneur en acide sulfite de la pulpe est relativement faible. La méthode sulfatée est donc utilisée par la plupart des usines. Le processus de production est repris en figure 3-1. Le condensateur sphérique rotatif et le four sont utilisés pour la cuisson. Des condensateurs opérant continuellement ont été introduits dans les usines de papier de Lujiang et de Yibin. La technique de cuisson au sulfate pour produire de la pulpe de bambou est le résultat de plusieurs années d'expériences. En tenant compte des caractéristiques des fibres de bambou, la conclusion des tests de cuisson et les nouveaux équipements, ainsi que des exemples de techniques de cuisson sont analysés dans ce rapport.

2.3.1. Réactions au cours de la délignification

La teneur en lignine du bambou est plus forte que chez la paille et est identique par rapport à celle des conifères. La composition de la lignine du bambou diffère de

celle du bois, dès lors, le processus de délignification des copeaux de bambou varient de ceux en bois. L'Université des Sciences et Techniques de la Chine du Sud étudia le mécanisme de la délignification des copeaux de *Pseudosasa Amabilis*. Le processus de cuisson sulfatée est divisé en 3 étapes. Tableau 3-3.

Tableau 3-3. Processus de cuisson sulfatée du *Phyllostachys amabilis*

stade	température	temps	consom.		rendement		taux		apparence
			alcalin		pulpe %	déign. %			
initial	100	0:47	40.23		76.96		46.33		copeaux
interm.	140	1:46	59.53		60.24		74.11		paquet
	160	2:16	66.28		53.33		87.71		pulpe partielle
final	160	2:18	71.35		51.03		91.68		pulpe
	160	3:18	73.55		49.85		92.91		pulpe
	160	3:48	75.95		49.41		93.29		pulpe

Note: consommation d'alcalin (NaOH) 16 %, taux de sulfate 25 %, rapport de liquidité 1:4.

2. 3. 1. 1. Etape initiale. Le taux de délignification est de 46.33 % lorsque la température atteint 100°C, ce qui montre que la vitesse de la délignification initiale est rapide.

2. 3. 1. 2. Etape intermédiaire. La température augmente de 100C au point le plus élevé, 160°C. Le taux de délignification s'élève à 87.71 %. Une partie des copeaux se décomposent en pulpe, la vitesse de la délignification intermédiaire est aussi fort rapide.

2. 3. 1. 3. Etape finale. La température est maintenue à 160°C pendant une heure, le taux de délignification atteint 92.91 %, les copeaux sont complètement décomposés. Il est évident qu'il faut maintenir la température à son point le plus élevé pendant une certaine période au cours du processus de cuisson sulfatée des bambous.

Ces dernières années, une méthode de délignification de la paille fut mise au point par le professeur Chen Jiaxiang de l'Université Mécanique du Sichuan. Les résultats sont encourageants. La température pour une délignification en masse s'élève à 134°C, et celle pour la délignification finale à 153°C. La dureté de la pulpe est de Kmm 04 10-13, la consommation d'alcalin est réduite de 1,5 %. Le processus entier de cuisson ne prend plus que 1h20. Le rendement en pulpe est augmenté.

Tableau 3-4 Résultats des expérimentations de cuisson

	Consom.		Alcalinité		temps augm.		temps max.		cuisson	
	NaOH	%	%	temps	300/134	500/148	550/153	600/		
avant	22.5	16.5	0.30	0.30	1.30	-	1.30	5.10	53.85	
actuel	21	16.5	0.30	0.30	-	1.25	-	3.50	58.78	

Les expérimentation mentionnées ci-dessus et la pratique démontrent que des résultats satisfaisants peuvent être obtenus par processus technique adaptés aux caractéristiques spécifiques des copeaux de bambou. A cause de la différences de structures de fibres des diverses espèces de bambou, un procédé technique adapté devrait être mis au point chaque espèce. La membrane cellulaire du Phyllostachys pubescens est épaisse, ce qui provoque plus de difficultés lors de la cuisson que pour des espèces à membranes fines. Des expérience démontrent que la consommation d'alcalin des copeaux de Phyllostachys amabilis lors de la cuisson est relativement peu élevée. Chaque usine devrait établir son propre processus technique suivant les conditions locales.

2. 3. 2. Osmose du liquide lors de la cuisson

Il est bien connu que lors de la cuisson sulfatée, le liquide pénètre uniformément dans bandes de bambou, et que ceci est une garantie de l'obtention d'un haut rendement en pulpe de bonne qualité et de moins de déchets lors du tamisage.

Comme la structure du bambou est dense et de forte gravité, la membrane cellulaire de ses fibres est épaisse et donc la solution de cuisson ne pénètre pas facilement à l'intérieur des fibres, ne favorisant pas la délignification. Après le séchage à l'air des capillaires du chaume qui n'est pas évident car ceux-ci ne sont identiques à ceux du bois qui restent en position verticale le long de la tige, ni à ceux de la paille de riz qui s'aplatissent et rapetissent, l'air est très difficilement supprimé tant les capillaires sont fermés. Donc, les bandes de bambou flottent dans le liquide de cuisson, ce qui affecte l'osmose jusqu'à ce que tout l'air contenu dans les capillaires disparaisse. Alors, le liquide de cuisson peut entièrement pénétrer dans le tissu cellulaire. Ceci est le principal facteur de cause de la différence de liquide de cuisson. Pour intensifier l'osmose du liquide du bambou, des mesures générales ont été adoptées : augmentation de la température de cuisson à plus de 85°C, prolongation du temps d'augmentation de température, suppression de l'air en 2 fois lors de la cuisson, ou lorsque le liquide est à mi-pressure pour préserver la chaleur à 1 : 30. Certaines usines sont équipées

d'instruments permettant de renforcer l'osmose du liquide au moyen d'un courant d'air à vitesse élevée. La technique PEADCO pour la préparation des matériaux est déjà pratiquée en Chine. Le jet est arrêté deux fois après que les bandes de bambou aient été découpées en particules et permet au liquide d'infuser dans les fibres de façon rapide et efficace. Mais la perte de plus de matériaux et la forte consommation électrique rendent l'expansion de cette technique difficile. Des tests sur la cuisson de la pulpe naturellement colorée de bandes de bambou après pressage ont été réalisés par l'Institut des Industries Légères du Guizhou.

Tableau 3-5 Comparaison des tests effectués au cours de la cuisson de la pulpe du Ph. nidularia après pressage

consom. alcaline NaOH (%)		13		14	
sulfatité (%)	mat. de prép. (bandes)	pressé	non-pressé	pressé	non-pressé
		20	20	20	20
taux rend. non-tamisé (%)		51.8	50.1	51.6	50.9
taux tamisé (%)		0.5	1.7	1.1	2.0
taux rend. tamisé (%)		51.3	48.4	50.5	48.9
valeur K _{mm} 04 dureté					
non-tamisé		37.3	37.2	36.8	36.9
degré de battage (SxQ)					
	15	14	14	14	13
temps de battage (mm)					
	15	15	15	15	15
degré battage pulpe (SxQ)					
	28	28	28	28	30
poids mouillé fibres pulpe (g)					
	14.7	9.8	14	14	11.2

Note: temps d'augmentation de la température lors de la cuisson 2:30, préservation de la température (à 37 kpa) 2.00

Les fibres se divisent en gondolant après pressage des copeaux et la structure de la couche interne et exposée. La surface de l'osmose alcaline s'élargit sous certaines conditions lors de la cuisson ou du contrôle de dureté de la pulpe. Le nombre de déchets retenu lors du tamisage peut être réduit, le rendement de la pulpe augmenté et le poids mouillé de la fibre s'accroît après battage. La longueur moyenne d'une fibre de taille standard est plus longue que celles non-pressées, ce qui favorise la solidité du papier.

Des tests sur les caractéristiques de l'osmose des copeaux de Ph. pubescens, réalisés récemment par l'usine de pulpe de Shaowu de la province du Fujian, ont démontrés que l'épaisseur du copeau influence l'osmose et que les augmentations du nombre d'osmose et de surface des copeaux de bambou sont maintenues au même niveau. En ce qui concerne la longueur des copeaux, la surface transversale de contact

joue un rôle important pour l'osmose, mais pas la surface verticale. Les tests ci-dessus montrent que la fonction osmotique du liquide alcalin peut être améliorée après pressage des copeaux, et ceci est très important lors de la préparation du Ph. pubescens à parois épaisses. L'usine équipée de telle façon devrait prendre activement part à l'exploitation de nouvelles presses pour copeaux de Ph. pubescens ou de machines à rabot ayant une fonction de pressage.

Tableau 3-6 Exemple d'ébullition sulfatée

type de condensateur	Jiangxi		Hunan		Guangdong		Sichuan		
	csr	csr	Ph. pubescens	B. textilis	S. affinis	D. memb.	csr	crs	
capacité condensateur (m ³)	25	25	25	25	40	40	40	40	75
aliment. absolue (kg/m ³)	180	180	180	180	190	180	180	180	200-220
consom. alcaline %	19-21	18-20	17-18	17-18	21-22	14-16	14-16	14-16	19-31
sulfidité %	20	20	18	18	25	25	25	25	20
rapport liquide	1:2.4	1:2.5	1:2.5	1:2.5	1:2.3	1:2.4	1:2.4	1:2.4	1:2.8
pression de cuisson (Kpa)	637	637	686	686	637	686	686	686	637
température de cuisson (°C)	163±2	163±2	168±2	168±2	163±2	168±2	168±2	168±2	163±2
temps de cuisson aliment. condens	0:15	0:15	0:15	0:15	0:20	0:20	0:20	0:20	0:30
tps chauff.	3:00	2:30	2:30	2:30	2:30	3:00	3:00	3:00	2:30
conser. haute	1:30	2:00	1:00	1:00	2:00	0:40	0:40	0:40	2:00
déchargement	0:15	0:15	0:15	0:15	0:20	0:20	0:20	0:20	0:30
processus entier	5:00	5:00	4:30	4:30	5:10	4:20	4:20	4:20	5:30
dureté KmnO ₄ non-tamisé	13:15	13:16	14-18	14-18	9-12	28-32	28-32	28-32	16-21
rend. non-tamisé %	43-46	43-47	44-48	44-48	42-46	50-52	50-52	50-52	45-48
taux de dissolution à la cuisson %					97	96	96	96	97
usage de la pulpe	pb	pb	pb	pb	pb	pp	pp	pp	pb

Note: scr --condensateur sphérique rotatif, pb--pulpe blanchie, pp --pulpe pure.

2. 3. 3. Exemples pratiques de cuisson

Principales caractéristiques techniques requises pour cuisson de pulpe à intervalles.

--Taille de bandes de bambou : 15-30 mm de long, plus grandes de 85 % que les standards.

--Consommation alcaline (NaOH) : le montant d'alcalin utilisé dépend de l'espèce, de l'âge du bambou et de la région de production. Dans le cas de vieux bambou à parois fines, on utilise 19-22 % de solution pour une pulpe douce (pulpe blanche), et 14-16 % pour obtenir une pulpe dure (couleur d'origine). Il faut 22-24 % pour faire de la pulpe douce avec un moso à parois épaisses.

--Teneur en sulfate : on garde un taux de 20-25 %, mais jamais moins que 15 %.

--Rapport liquide : le chauffage du condensateur sphérique est peu élevé (1:2.3-2.5), tandis que celui indirect d'une bouloire est un peu plus grand (1:3.8-3.0).

--Température d'ébullition (pression et temps : de façon à ne pas interférer dans l'osmose et dans la rapidité d'action, cette étape se divise en deux temps, d'abord une température basse d'osmose, puis une température élevée d'évaporation. On la contrôle à 2:30, la température élevée de la pression à 637 kpa, le temps de conservation de chaleur pour pulpe dure à 0:30-1:00, et celui pour pulpe douce à 1:30-2:30.

2.3.4. Progrès de la cuisson

2.3.4.1. Introduction du condensateur continu à tuyaux transversaux

Le condensateur continu à 4 tuyaux Pandia (50 t/jour) réalisé par la société Tampella, Finlande, fut installé dans l'usine de papier Linzhou dans la province du Guangxi. Par rapport au condensateur de paquet, il possède les caractéristiques suivantes : un plus petit rapport de liquidité, une plus courte durée de cuisson, une sauvegarde de la vapeur, une moins grande surface pour les équipements, une facilité d'opération et une forte productivité. Il fut mis en service en 1974 pour la cuisson de bambou, et pour le traitement de pulpe douce non-blanchie. D'après les tests réalisés ces 20 dernières années, sa capacité de production par jour atteint 60 tonnes. 20 mille tonnes sont réalisées chaque année. Les chaumes de *Dendrocalamus membranaceus* sont utilisées comme matières premières. Les techniques requises sont :

--montant de matériaux d'alimentation : 100-160 kg/min

--consommation d'alcalin (NaOH) : 20-22 %

--teneur en sulfate : 14-18 %

- température du liquide alcalin: 80-90°C
- rapport de liquidité: 1:3
- pression de cuisson: 0.7-0.8 Mpa
- température de cuisson: 155-165°C
- temps de cuisson: 45 minutes
- Dureté non-tamisé: 14-18 Kmn04

2. 3. 4. 2. Introduction du condensateur continu Kamyrr

Parmi le projet d'innovation technique de l'usine de papier Yibin, il y a le condensateur continu Kamyrr-Asthmyr à lavage à haute température. 110 tonnes de pulpe de bambou peuvent être produites par jour. 200 kg de bandes occupent 1 m³ du condensateur. La taille de ce dernier est de 20 m, et sa surface de cuisson de plus de 3 m, la surface de diffusion pour forte température de plus de 3. 3 m, la surface de refroidissement de plus de 3. 5 m. L'enveloppe extérieure est faite d'acier inoxydable composé. Le processus technologique est contrôlé à l'aide d'instruments et se déroule comme suit:

--pré-évaporation; les bandes de bambou pré-traitées avec pression normale subissent une pré-évaporation de 98 Kpa. Le liquide alcalin nécessaire est pompé en même temps.

--matériaux d'alimentation; on utilise une forte pression (686-785 Kpa) pour envoyer les bandes de bambou et le liquide alcalin dans le condensateur. Des alimentateurs à haute pression (plus de 98 Kpa) sont employés.

--cuisson; le temps de réaction varie selon les matériaux utilisés.

--lavage; un lavage à haute température est souvent mené pendant 3-4 heures, le résultat de 4 heures de lavage est au moins équivalent à celui d'une machine équipée de 3 sets de tambours.

--envoi de la pulpe; le liquide de lavage est ajouté au bout de la pulpe et est refroidi de 90°C pour obtenir un jaillissement qui permettra de maintenir la solidité.

Les principales caractéristiques techniques requises pour la cuisson:

- consommation alcaline (NaOH): 183 kg/bambou BDT
- température et temps de cuisson: 165°C/120 min
- rendement non-tamisé: 50 %
- taux de lies pulpe: 0.9 %
- dureté (valeur en Kappa): 26

Les équipements étant complètement établis, l'opération s'effectue en 3 étapes.

2. 4. Cuisson au sulfate aminé

Un processus de sulfate aminé est utilisé lors de la cuisson de la pulpe après avoir été testé sur de la pulpe de paille en 1983 par l'usine de papier Duijiang du Sichuan. Combinant les fibres de bambou pour permettre une extension de la production de papier brouillon, on peut réaliser un excellent papier brouillon de type IBY 32014-88. Voir tableau 3-7.

Tableau 3-7 Solidité du papier brouillon réalisé à base de pulpe de bambou par processus imide

	rapport g/m ²	résistance à la déchirure Kpa	déchirure mN
	80	60	80
	60	80	60
	80	60	80
	60	80	60
standard A	80±4	60±3	>765 >540
spécialisé	80±4	>265	>185
100 % imide	80	284	853
idem	60	206	584
idem	84	282	944

Une ligne de production de cartons, avec un rendement annuel de 10 mille tonnes fut établie par l'usine de papier carton Laishan en 1987. Le papier carton standard GB 130 24-91 d'indice B est d'excellente qualité. Comme la coloration de la pulpe d'imide est légère, on utilise des colorants pour donner de la couleur à la surface. La décoration peut être improvisée. Les produits peuvent servir à la décoration extérieure des appareils électro-ménagers, des paquets de cigarettes, chics d'instruments, etc. Ces dernières années, des tests ont été menés sur le processus d'imide réalisés sur le moso de Fujian. Selon les statistiques préliminaires, ce processus est utilisé par 8-10 usines.

Caractéristiques spécifiques du processus imide

2. 4. 1. Rendement comparativement élevé

La dégradation des paquets de fibres et semi-fibres au cours du processus de cuis-

son imidée n'est pas aussi sérieuse que lors du processus alcalin. Le rendement de pulpe réalisé est augmenté de 5-10 % par rapport à celui du processus sulfaté, et comme résultat, 8-10 % des frais de production peuvent être réduits. Le blanchissage est difficile. Certaines colorations de fibre sont obtenues par ions ammoniacés ou ammoniacques placés sous hautes température et pression. Puisque la dureté non-tamisée et que le rendement sont élevés, cette technique provoque un blanchissage si les conditions de cuisson ne sont pas bonnes. Parfois même sa solidité est réduite et la fibre devient fragile. Le processus de fabrication de pulpe par imide convient à la production de papier d'emballage et de carton.

Tableau 3-8 Exemple de cuisson de pulpe imide

	Unité	Sichuan	Sichuan	Fujian
		S. affinis Ph. heteroclada 啊	D. membranaceus 90 % paille 10 %	Ph. pubescens
imide tampon	% %	16-18 4(NH ₃)	16 3(NaOH)	25 3.5 (NH ₄ HCO ₃)
rap. liquide pression max.	Kpa	1+2.5 >10	1+2.1 >10	1+3 680
temp. max.	°C	175	175	170
durée de l'augmentation de la temp.	heure	1	1	1.5
durée du max. de la temp.	heure	4	3	4.5
cuisson initiale du liquide	pH	10.5	10	10
cuisson finale du liquide	pH	7.5	7	7
dureté non-tamisée	KMnO ₄	29-32	28-32	15-18
rendement non-tamisé	%	55-60	55	48-50
usage de la pulpe		papier kraft ou boîtes en carton		semi-blanchie

2.4.2. Hautes températures comparatives de cuisson

La principale réaction au processus de cuisson imidée pour une délignification est la formation de lignine sulfonée qui est soluble et non-résistant à l'eau. L'acide ligneux sulfoné se dissocie en ions dans l'eau. Son taux augmente graduellement alors que la valeur pH du liquide de cuisson diminue. Pour réduire la corrosion de l'équipement, cette valeur devrait être strictement contrôlée afin de maintenir la légère teneur en alcalin. A cause de la lente réaction de, l'acide sulfaté, l'augmentation de la température de cuisson et la prolongation du temps de cuisson à température maximale peuvent accélérer la vitesse de sulfanation et augmenter la solubilité de la lignine sulfatée.

2. 4. 3. Une corrosion plus sérieuse

La processus imidé est une sorte de méthode de broyage à l'acide qui est fâmeusement corrosif sur l'acier carbone des équipements de cuisson. Si aucune mesure de contrôle n'est prise, l'épaisseur de la corrosion du condensateur sphérique rotatif en acier sera de 1 mm/an. Il faut la stoper pour assurer une cuisson sous condition alcaline. Les solutions de stopage communes sont : l'eau ammoniacale (NH_3), l'hydroxyde de sodium (NaOH), l'acide hydro-ammoniacal (NH_4HCO_3), l'urée (COCCNH_2) % etc. Le contrôle sévère de la valeur du pH liquide de cuisson doit garantir l'indice 10 au début et 7 en fin de cuisson. Selon les dernières informations, l'utilisation de 4 % d'oxyde de magnésium (MgO) comme solution de stopage, permet un haut rendement non-tamisé, moins de déchets lors du tamisage, de légères couleurs, et un bon filtrage de l'eau. En Chine, il existe de riches ressources en MgO , donc pas chères, et son transport et utilisation sont aisés et adéquats. Le magnésium alcalin existe sous forme liquide, c'est celui-là qui est utilisé par les usines.

2. 4. 4. Contrôle régulier de l'épaisseur des équipements

Il est strictement interdit d'utiliser les équipements de cuisson alternativement pour la méthode imidée et alcaline, sans quoi, la vitesse de corrosion sera doublée. Les parties, telles que la plaque en acier avec boule d'évaporation, le tuyau de pulvériser, etc. doivent être régulièrement examinés et des mesures doivent être prises à temps.

2. 4. 5. Contrôle strict des déchets

Lors de la méthode imidée, la plupart des éléments dissous dans le liquide résiduaire sont des matières organiques comme la lignine sulfatée, ou autres substances contenant du nitrogène, ainsi que des résidus d'imide. Le liquide résiduaire

peut être utilisé comme engrais vu sa teneur en matières organiques et inorganiques. On l'utilise en agriculture, surtout lorsque le sol est salin. Il permet un meilleur rendement du froment, du colza et autres que les engrais à base d'ammoniaque sulfurique ou de fumier. Cependant, il devrait être réparti aux bons endroits, à la bonne période, et en proportions raisonnables. Le seul problème est que les usines de papier tournent toute l'année tandis que la pose d'engrais est saisonnière. Du fait la faiblesse de concentration des matières nutritives dans le liquide résiduaire et de leur grande quantité, si on déverse le liquide sans traitement, il polluera l'environnement. Ceci est le principal effet non-désiré qui affecte le développement du broyage par méthode imidée.

2. 5. Lavage et tamisage

2. 5. 1. Lavage de la pulpe brute de bambou

Il est relativement facile de laver la pulpe de bambou car sa propriété de filtrage est grande, se classant deuxième juste après celle de la pulpe de bois. De nos jours, les usines de papier de petite et moyenne taille qui sont équipées de machines recouvertes d'alcalin, ont pour la plupart adopté les machines à laver vacuum ordinaires utilisées pour le lavage de pulpe de bambou. Après cuisson, les nuds de la pulpe de bambou ont disparu. Celle-ci passe par 3 ou 4 machines à laver vacuum pour ne devenir qu'un liquide noirâtre. Ensuite, ce liquide est amené dans une machine à évaporation recouverte d'alcalin. En général, selon la capacité des équipements sélectionnés, chaque mètre carré lave quotidiennement 3. 5-4 tonnes de pulpe de bambou, le taux du liquide noir atteint 90 %. Une usine de pulpe de bois procède à plusieurs expériences, et dans la pratique, elle a transformé le processus technique de la méthode traditionnelle «supprimer les nuds avant le lavage» en «supprimer les nuds pendant et après le lavage». Il en résulte une bonne séparation entre pulpe et liquide, la mousse a disparu et le laux du liquide noirâtre a augmenté de 3 %. Si on adopte la méthode suppression des nuds lors du lavage, les matériaux peuvent être totalement mélangés et placés dans une machine à suppression des nuds, puis aspergés d'eau à 60 °C. Si possible, ils sont placés dans une 4ème machine à laver la pulpe, ce qui augmente les conditions de lavage et la durée. La pulpe et le liquide sont complètement séparés et ne forment pas de mousse. De plus, chaque tonne de pulpe peut être allégée de 3 kg d'alcalin.

Les équipements de lavage sont simples pour les petites usines qui n'ont pas d'atelier recouvert. Récemment, des usines fabriquant ces équipements ont étudié les avantages des machines déshydratées faites en Chine et à l'étranger, et ont produit une

série de machines de pressage et de filtrage. Il en résulte que les principaux indices de propriété de ces machines sont supérieurs à ceux des modèles anciens. Les équipements demandent moins d'investissements, l'espace d'opération est plus petit, ils consomment moins d'eau et de chlore. Ils conviennent parfaitement pour les petites usines de papier.

L'usine de papier Liujiang du Guangxi est la première à avoir importé de Finlande une presse-à-laver la pulpe PW pour laver la pulpe du bambou. Son principe de fonctionnement est le même que celui d'une machine à laver la pulpe. Sa caractéristique est que la pulpe placée sur le tambour de la presse-à-laver est traitée par la fonction de filtrage de la presse produite par de l'air chaud sortant de la soufflerie. La pression du courant est forte, ce qui donne un meilleur résultat. La surface de lavage est plus grande que celle des machines à laver vacuum la pulpe. Chaque tambour à laver peut faire 2 séquences de lavage, ce qui augmente l'efficacité. La presse-à-laver la pulpe fonctionne sous pression à condition qu'elle soit étanche à l'air. Dans ce cas, il n'y a pas formation de mousse, la chaleur et les odeurs ne se répandent pas facilement, les conditions environnementales sont bonnes, et la perte de chaleur est faible. L'usine utilise deux presses qui sont connectées en série pour la production. Le taux liquide noir est de 92 %.

Récemment, l'usine de papier de Yibin a importé de la corporation Kamyr-Asthma des machines à laver à haute température pour cuissons successives de la pulpe de bambou, et un assortiment de presses-à-laver la pulpe de type PW. Il s'agit d'installations très modernes. La pulpe de bambou placée dans la sphère de lavage du four est lavée pendant 4 heures à haute température. Les résultats sont équivalents à ceux d'un lavage réalisé par 3 machines vacuum reliées entre-elles. Désormais, la procédure de lavage ne demande plus qu'une seule machine : la presse-à-laver la pulpe de type PW. Créé à partir de la machine traditionnelle à laver la pulpe vacuum, et la presse-à-laver FW, le PFW est un nouveau type d'équipement hyper-efficace. Sa capacité de production est grande, son efficacité de lavage incontestable. La concentration de la pulpe est augmentée de 1-1.5 % à 3-4 %, et la capacité de la surface de filtrage a pratiquement doublé. On estime que le taux du liquide noirâtre peut atteindre 95 %. L'usine de papier Ya'an mène des recherches sur la presse à suppression des nuds de type Hi-Q et la machine à laver et presse vacuum de type P 24-6, toutes deux canadiennes. Le facteur de dilution est de 2.5. Les pertes de lavage de chaque tonne de pulpe séchée à l'air ne dépassent pas 10 kg d'alcalin (Na_2SO_4). Le taux du liquide noirâtre approche des 95 %.

2.5.2. Tamisage et purification

Le tamisage et la purification du papier sont les mêmes que pour la pulpe d'autres matériaux. Habituellement, on utilise un tamis centrifuge à 2 niveaux de type ZSL et une machine à suppression des résidus en 3 séquences pour éliminer les composants qui affecteraient la qualité du papier comme par exemple, les impuretés, telles que des fibres brutes, etc.. On réduit de cette façon la poussière. Les équipements de tamisage permettent une production de pulpe de bambou avec couleur d'origine. Ce qui convient à la fabrication du papier d'emballage et du carton.

Le tamis centrifuge de type ZSL est réalisé à partir du tamis centrifuge de type CX qu'on a amélioré et de quelques caractéristiques de tamis centrifuge de type B. Il possède énormément d'avantages comme une grande capacité de production, un tamis efficace, une consommation moins forte, une structure compacte, une surface petite. Il est facilement désassemblé, lave bien et est aisément réparé et examiné. Actuellement, il existe une série de 4 types d'équipement ZSL ayant différentes capacités de production. Le tableau 3-9 donne l'exemple d'une usine de papier qui a adopté un tamisage à 2 niveaux.

Tableau 3-9. Exemple d'un tamisage à deux niveaux

	surface m ²	diam. mm	consistance %	pression Kpa	vitesse r. p. m.	capacité t/d
1er grade	1.6	1.8	1.2-1.8	176	485	40-60
2ème grade	0.9	2.6	0.6-0.8	-	576	20-30

L'usine n'est pas encore équipée d'un nettoyeur central permettant une purification. Elle utilise à la place un siphon de sable. La longueur de poussière de la pulpe fine est de 0.5-2.0mm, 3.8 g de pulpe absolument séché n'en possède pas plus que 3, et plus de 2 mm n'est pas autorisée. Ceci convient pour le blanchissage, et celle de sauvegarde de l'énergie.

Le tamis-presse fut développé à partir d'un tamis de type A. Le tuyau est étanche à l'air et la pulpe y est pompée sous pression. Après ces 10 années de développement, on en a créé plusieurs sortes. Dans notre pays, nous continuons à utiliser un simple tambour avec écoulement extérieur. La lame ressemble à une aile d'aéroplane, d'où son nom de tamis tourbillonnant. On l'utilise pour la sélection du matériau à pulpe avant de produire du papier. Dans les pays, pour un contrôle automatique, le tamis-

presse remplace le tamis centrifuge et le tamis vibreur. Ces dernières années, la Chine a importé dans le cadre d'importants projets de construction, le tamis-press UNI de Suède, une presse supprimant les nuds, un tamis-presse et un système de suppression des déchets centrifuges en 3 séquences, de la Ingersoll-Rand Corporation du Canada. Ils sont tous en cours de construction.

On utilise en général pour la purification de la pulpe de bambou sans blanchissage, un nettoyeur central de type 606 avec de grandes différences de pression et faible concentration. D'après les expériences, la pression d'entrée est de 300 Kpa, et celle de sortie de 30 Kpa. La concentration est au mieux contrôlée à 0.5 %. La consistance est faible, bien que la purification soit efficace. La valeur de production n'est pas élevée alors que l'énergie consommée est énorme. Donc, l'efficacité est réduite lorsque la concentration est de plus de 7 %.

Les cellules aux parois fines du bambou après cuisson pour être délignifiées, ne forment plus qu'un ensemble dans la pulpe à papier rendant celle-ci facilement endommageable, alors que les fines parois du bambou peuvent être battues. Le processus de fabrication du papier est affecté par la déshydratation de certaines parties. Ceci rend le papier non-compact et sa surface perd de sa pelure. Le papier est également moins solide. Les usines qui produisent du papier d'impression de bonne qualité et des sacs en papier doivent faire très attention au lavage, tamisage et purification de la pulpe.

2. 6. Blanchissage de la pulpe de bambou

La pulpe de bambou convient à la fabrication de papier d'impression et d'éclairure. Elle doit être blanchie après cuisson pour éliminer les colorants, tels que les résidus de lignine. La solidité des fibres ne peut pas être endommagée, et la pulpe doit être assez blanche. Dès lors, nous pouvons élargir le champ de son application et accroître la qualité du produit.

La pulpe de bambou ne peut pas être blanchie comme n'importe quelle matière première à fibre, outre le bois. La dureté du bambou, par exemple, non-blanchi est forte, il contient plus de lignine. Une grande quantité de chlore devra être utilisée lors d'un simple blanchissage hypochloré, et la blancheur n'est pas immaculée. A cause de la structure morphologique de ses fibres, la pulpe de bambou est différente de celle du bois et de la paille. L'agent blanchisseur ne peut être introduit que le point centrifuge de la cavité cellulaire. Cela rend difficile l'élimination de la lignine. De plus, les cellules de la pulpe non-blanchie renferment 25 % de lignine condensée. Après

blanchissage, la semi-cellulose s'étend, ce qui rend la cavité cellulaire étroite et donc difficile à être imprégnée d'agent blanchisseur. Avec les progrès des techniques de blanchissage de ces dernières années. Un traitement d'oxygène alcalin a été adopté pour délignifier. Parmi les multiples usages du dioxyde chlorhydrique, le peroxyde d'hydrogène est également utilisé comme additif pour blanchir. La pulpe peut être blanchie à 90x GE de brillance. Celui réduit les effets négatifs sur les fibres ainsi que les facultés polluantes des eaux résiduaires. Les nouvelles usines de pulpe de bambou, et celles qui ont été élargies ont importé ces nouveaux équipements techniques.

2. 6. 1. Blanchissage hypochloré

Les blanchissage de la pulpe s'effectue dans les usines actuelles de Chine, par oxydation hypochlorée. (La solution contenant des agents de la sorte est également appelée liquide blanchisseur). Les méthodes de blanchissage sont celles en une étape (H), en deux étapes (HH), en trois étapes (CEH), et en quatre étapes (CEHH).

2. 6. 1. 1. Blanchissage hypochloré en une étape

Le processus de blanchissage en une étape se fait dans une machine. On ajoute un certain montant de liquide blanchisseur selon la quantité. L'équipement est simple, il faut moins d'investissement et la manipulation est aisée. Il est utilisé dans beaucoup de petites usines de papier de Chine. Mais, la consommation en chlore est grande, surtout au début du blanchissage. Les fibres subissent des dommages, donc la dureté de la pulpe non-blanchie est maintenue en général à 10-12 KMnO₄.

--Consommation en chlore. Il est très important d'utiliser une quantité adaptée de chlore. Trop ou trop peu affecterait la qualité ou causerait des résidus. Certaines usines de papier préfèrent ajouter plus de liquide blanchisseur pour un blanchissage catégorique. Mais ceci provoque des dégâts chez les fibres, la solidité est affectée, et après blanchissage, la couleur tourne au jaune. La méthode ne peut donc pas être adoptée. Selon le blanchissage de la pulpe sulfatée, la dureté se situe entre 9 et 12. Les usines utilisent la formule de consommation de chlore suivante :

$$X = \frac{K + 1.28}{2.8} 100\%$$

Dans la formule: X = consommation en chlore

K = dureté de la pulpe non-blanchie

—pH du blanchissage. Il faut absolument contrôler le pH pour maîtriser les effets du blanchissage et assurer la qualité de la pulpe à papier. Lors du blanchissage par solution alcaline, la capacité d'oxydation du principal composant du liquide de blanchissage, le ClO, est faible. Les fibres s'étendent vigoureusement sans grands dégâts. En général, on ajoute au début de l'opération un pH de 11-12 du liquide de blanchissage, et à la fin de l'opération, on garde un pH de 8-9. Cela rend la blancheur stable, et réduit les effets négatifs sur la cellulose et l'hémicellulose.

—Température du blanchissage. Elle est généralement maintenue à 35-40°C. L'augmentation de la température peut accélérer la vitesse des réactions chimiques et raccourcir le temps. Cependant, si elle est trop élevée, il résultera une dégradation des fibres par oxydation. Une expérience de blanchissage hypochloré à hautes températures a été récemment menée. La température fut amenée à 50-60°C. On utilisa du NH_4HSO_3 comme agent protecteur en proportion de 2-6 % de la consommation en chlore, de façon à réduire l'influence du pH faible sur la cellulose. Ceci peut réduire la durée de l'opération et diminuer la consommation en chlore. Selon des tests effectués par l'usine de papier de Yibin, on obtient de bons résultats dans la réduction du jaunissement de la pulpe blanchie si on ajoute 3 % de $\text{NH}_2\text{SO}_2\text{H}$ sans réguler le pH, et si la température est maintenue à 40°C. Mais si elle dépasse les 50°C, les résultats sont tout autre. La consommation en chlore est réduite de 1.5-2%. Il est difficile d'utiliser du NH_4HSO_3 dans la production étant donné son coût élevé. Le point clé pour un blanchissage rapide à température élevée est de surveiller le pH à 9-10 en fin d'opération.

—Concentration du blanchissage: si la consommation est forte, la vitesse de réaction sera prompte, le temps plus court, et la consommation en chlore réduite. La concentration normale d'une machine à blanchir est de 5-7 %, et le temps de réaction plus long.

—Contrôle rationnel du processus de blanchissage. Si on utilise un chlore efficace, le temps de blanchissage ne doit pas être prolongé sans quoi il sera difficile s'augmenter la blancheur et la pulpe jaunira facilement, si la blancheur dépasse les normes. Les résidus de chlore doivent être de 0.2-0.3 g/l, les matières organiques produites lors du processus de blanchissage disparaîtront au lavage.

2.6.1.2. Blanchissage hypochloré en deux séquences (HH)

Comme la pulpe de bambou est difficile à blanchir, les petites et moyennes usines, qui n'ont pas beaucoup d'équipements à blanchissage par multiples séquences, utilisent le HH pour augmenter la brillance de la pulpe et réduire les dégâts des fibres. Le processus HH se déroule comme suit: le liquide blanchisseur est versé plusieurs fois. La première fois, il est versé dans proportion de 60-70 % de la consommation de

chlore fixée à l'avance. Après blanchissage, il faut laver et les substances dissoutes doivent être enlevées. La pulpe blanchie jaunira moins. Le reste du liquide versé de la deuxième étape du blanchissage. Si le blanchissage est modéré, la solidité de la pulpe sera bonne. Par exemple, la dureté de la pulpe non-blanchie est de 10-12 K. Après blanchissage, la brillance atteint 75-80 %. 20 % de la consommation en chlore peut être sauvegardée par rapport au blanchissage en une étape. Mais, le processus d'opération est plus long, la consommation en eau et la drainage, plus important. Cette méthode est celle des petites et moyennes usines qui produisent une pulpe très brillante.

Tableau 3-10. Processus technique du blanchissage de pulpe sulfatée

dureté KMnO ₄	procédé	étape	consom.		concen. %	t° °C	tps fin	pH	blancheur
			%	%					
10-13	H	H	8-9	6	6	38	2,00	8	70-75
10-13	HH	H1	6-7	6	6	38	1,30	8	75-78
		H2	3	6	6	38	2,00	8	
13-16	CEH	C	5	3	3	normal	1,00	1.5	
		E	2	10	10	60	1,00	8.5	70-75
		H	3	10	10	38	3,00	8.5	
13-16	CEHH	C	6	3	3	normal	0,45	1.5	
		E	2	10	10	60	1,00	8.5	78-80
		H1	3	10	10	38	2,00	8.5	
		H2	1.5	6	6	38	4,00	8.5	
16	CEHH	C	5.67	6	6	normal	0,50	1.59	
		E	3.5	10	10	60	1,00	10.6	
		H1		3	3	10	50	1,30	9.4 70
		H2	2	6	6	50	2,30	9.3 80	

blanchissage à hautes températures

Note : étape E-la consommation en NaOH, le temps pour une ou deux étapes de blanchissage n'est pas inclu dans le lavage.

2. 6. 1. 3. Blanchissage en plusieurs étapes

En 1964, afin de venir en aide à une de Birmanie, la Chine a monté une machine à blanchir en 3 séquences CEH, permettant d'obtenir une brillance moyenne. Au début des années 70, l'usine de papier Liujiang a créé une machine traitant la pulpe de

bambou en 3 étapes. Les usines actuelles de taille moyenne possèdent des machines 3 temps. Les matières premières sont le bambou, le bois et la paille.

Etape C pour chloration. On y utilise surtout les caractéristiques des éléments chlorés qui réagront face à la lignine. Il s'agit de créer un chlore qui est soluble en solution alcaline et qui n'affecte pas trop les fibres. La lignine de la pulpe deviendra chlorée par affinité et se dissoudra. 50 % peut disparaître de cette façon. La pulpe est donc purifiée. Même si la brillance n'est pas accrue après chloration, la consommation en chlore et les endommagements des fibres peuvent être réduits lors de l'étape de blanchissage. Le rendement et l'intensité sont par contre augmentés. Lors d'un blanchissage en plusieurs étapes, la consommation en chlore des étapes C et H est généralement de 60:40. Après chloration, le pH affecte la viscosité de la pulpe blanche. Selon les test, le pH est de 1.4, et la viscosité est plus forte.

Etape E: traitement alcalin. Il est possible de ne pas accroître la dégradation de la cellulose par lignine chlorée pour réduire la consommation en liquide blanchisseur lors des procédures suivantes de fabrication de papier à haute brillance, à teneur réduite en cuivre rouge, et à viscosité augmentée. La consommation en NaOH lors du traitement alcalin est contrôlés à 2 %. Si la dureté de la pulpe de bambou est forte, la consommation en NaOH augmentera de manière appropriée.

Etape H: blanchissage hypochloré. Celui-ci complète le blanchissage et permet une oxydation des résidus de lignine et des éléments colorants, du fait de la moins grande consommation en chlore. La concentration augmente de 10-12 %, les conditions de blanchissage étant plutôt modérées. Par rapport au blanchissage en une étape ou en deux étapes, la brillance du blanchissage en plusieurs étapes offre stabilité et solidité.

2. 6. 2. Etude et application des nouvelles techniques de blanchissage

Ces dernières années, les fabricants de pulpe de Chine se sont fort intéressés au développement des techniques de blanchissage. En tenant compte des caractéristiques du broyage, des études et des expériences ont été menées. Des équipements techniques avancés de l'étranger ont parfois été introduits dans les usines.

2. 6. 2. 1. Utilisation du ClO₂ comme principal agent de blanchissage à étapes multiples

Le ClO₂ est un agent de blanchissage sélectionné qui agit par forte oxydation. Il élimine efficacement la lignine ainsi que les matières colorantes non-ferreuses. Il y a

moins de dégradation de la cellulose et de l'hemicellulose. La pulpe est plus blanche et jaunit moins facilement. La perte de solidité des fibres est faible. Le ClO₂ réduit les effets polluants de l'eau résiduaire et les matières empoisonnées par rapport au blanchissage hypochloré. Les usines de pulpe nouvellement construites ou élargies de Ya'an, Guangning, Shaowu, etc, utilisent le bambou comme matière première. En Chine, de nombreuses unités de recherches font des expériences sur le blanchissage de la pulpe par ClO₂. Par exemple, l'institut de fabrication du papier du Sichuan choisit un blanchissage en 5 étapes C/D-E-D-E-D pour l'usine Ya'an. La brillance atteint plus de 90 x GE après blanchissage. Le taux de jaunissement est bas et le degré de polymérisation est élevé. (cf. tableau 3-11).

Tableau 3-11. Test de blanchissage en multiples étapes par utilisation principale de dioxyde de chlore

matières premières	Ph. bissetii	Ph. heteroclada	Pin Masson	Eucalyptus globulus
dureté valeur K	13.3	14.6	20.9	16.8
lignine %	1.93	2.4	3.64	1.6
polymérisation DP	1628	1752	1340	2056
brillance %	35	32.5	24.5	24.8
blanch. total %	8.18	7.2	14.57	8.95
procédé blanch.	C/D - E - D - E - D			
rend. pulpe %	82	83	97	93.4
brillance pulpe GE	92.1	91.2	91.7	92.9
reversion bril. GE	88.9	88.3	86.3	88.3
jaunis. valeur PC	0.35	0.56	0.71	0.5
polymérisation DP	1275	1172	1002	1182

Selon les résultats, dans les travaux réalisés conjointement avec le Canada, on utilise la délinification par oxygène, ainsi que le blanchissage en 3 étapes courtes C/D-

EO-D. Après délignification oxygénée, la valeur Kappa de la dureté de la pulpe brute est réduite de 34.6 à 19.9, le taux de lignine est éliminé à 42.5 %. La consommation en ClO_2 et de 0.49 %, la consommation de l'étape D de 1.48 %. La brillance peut être obtenue 90 % ISO.

2.6.2.2. Traitement par oxygène et alcalin, blanchissage au peroxyde d'hydrogène

Le blanchissage ClO_2 permet donc d'obtenir une pulpe fine et très brillante. Cependant, cette technique reste difficile à être popularisée et appliquée à cause des conditions d'investissements. Les équipements et fournitures disponibles sont très limités. Si l'on considère la situation actuelle, les instituts scientifiques de recherches et les entreprises ont adopté le procédé de blanchissage du bambou EO ainsi que H_2O_2 . De nombreuses expériences et recherches ont eu lieu. Grâce à l'oxygène du traitement alcalin, la délignification est renforcée. La lignine chlorée disparaît au maximum à la condition d'une non-aggravation de la dégradation de la cellulose. Plus d'agents blanchisseurs sont sauvegardés pour la prochaine procédure. Le prix de l'oxygène est plus faible que celui du chlore liquide, et donc est économiquement raisonnable. H_2O_2 est également un agent oxygéné de fin blanchissage. Il ne dissout pas ni ne prend la lignine et les pigments mais transforme la structure des colorants et les rend incolores et non-ferreux. Lors de la dernière étape, on opte pour un blanchissage à H_2O_2 , cela ne permet pas une aussi fantastique augmentation du rendement et de la blancheur que de la stabilité. La pulpe jaunit difficilement. En comparaison avec le blanchissage hypochloré, la nouvelle technique mentionnée et le blanchissage par ClO_2 réduisent la teneur en matières organiques polluantes de l'eau résiduaire. Des résultats plutôt satisfaisants ont été récoltés des expériences.

--La nouvelle technique C-EO-H-P de blanchissage de la pulpe demande une consommation d'O de 0.5 %, d' H_2O_2 lors de la séquence P de 0.6 %. La brillance après blanchissage est de 88.7 %, le jaunissement a une valeur de 1,04, le degré de polymérisation s'élève à 820, son taux de réduction est faible.

--Le traitement EO améliore remarquablement l'effet blanchissant de la pulpe. Par rapport à l'étape E, la brillance après blanchissage a augmenté de 44 % et 0.6 % d'agents blanchisseurs fut réduit. Le degré de polymérisation n'a pas changé.

--Après l'étape 3 du CEH, la brillance se situe à plus de 75-78 %, et H_2O_2 est utilisé comme supplément au blanchissage. La brillance peut augmenter de 5-6 %. Elle prévient efficacement la pulpe du jaunissement. La réduction du PC est de l'ordre de 64-73 %.

Etant donné que le prix de l'oxygène est bas, le traitement EO est relativement

économique. L'usine de papier de Yibin a adopté la technique C-Eo-H. Elle produit 100 tonnes de pulpe de bambou par jour.

2. 7. Battage de la pulpe de bambou

Le battage de la pulpe de bambou joue un rôle important dans la fabrication du papier. Il favorise la combinaison des fibres, réduit leur longueur moyenne, augmente l'intensité de la résistance à la déchirure. Bref, il assure compacité et douceur. Cependant, la résistance à la déchirure devrait être abaissée, tandis que celles à la transparence et au rétrécissement augmentées. Le papier d'impression et d'écriture ne doit pas être transparent tandis que le papier à copier et celui à tracer bien. Il faut donc bien contrôler et appliquer le battage, en essayant d'éliminer les effets négatifs sur les productions en papier et en carton.

La fibre de la pulpe de bambou est fine, proportionnellement longue et large. Les parois cellulaires sont épaisses tandis que la capacité cellulaire est petite. La paroi secondaire se compose de multiples couches. La fibre est droite et solide. D'où le nom de « pulpe à battre ». D'après les études et les expériences, lorsque du battage ou broyage, la fibre devient plus rugueuse. L'augmentation de la solidité est obtenue surtout grâce aux fonctions mécaniques des équipements de battage de la pulpe. Les fibres frottent les unes contre les autres de façon à éliminer la paroi naissante, et à exposer la paroi secondaire intérieure et extérieure. Les fibres absorbent l'eau, s'étendent puis s'affinent. Selon des résultats d'expériences menées sur les propriétés de papier en bambou par un savant birman, le tissu des fibres du bambou contient des fibres à parois épaisses, ainsi que beaucoup de microfibrilles. La propriété de solidité de la pulpe se situe entre celle de la pulpe de conifères et celle des arbres. « Les tests techniques pour sélectionner des espèces de bambou servant à la production de pulpe et de sacs en papier » ont été réalisés par l'Institut du Papier du Sichuan. Il ressort que la longueur moyenne des fibres du *Sinocalamus affinis* et du *Dendrocalamus membranaceus* est de ± 2 mm. Il y a beaucoup de fibres aux parois épaisses formant une ceinture (42,5 % pour le *Sin. affinis*, et 37,7 % pour le *Den. membranaceus*). Le rapport de cavité de la paroi est presque toujours de 1, (le *Sin. affinis* est de 0.89, et le *Den. membranaceus* de 1.7). En ce qui concerne l'épaisseur des parois, elle est de 2.54 mm chez le *Sin. affinis* et de 2.45 mm chez le *Den. membranaceus*. Lorsque la pulpe du *Sin. affinis* et du *Den. membranaceus* est battue, les transformations morphologiques des parois ne sont pas évidentes. Puis les parois cellulaires s'enfilent en gradins et nous pouvons parler de microfibrilles. La quantité de fines parois cellulaires est un important facteur de solidité du papier, surtout pour la pulpe destinée à la fabrication de sacs en papier qui ne demandent qu'un faible battage. C'est aussi un

critère pour savoir si un bambou est bon ou non. Lors du broyage, si la pulpe contient plus de cellules impures, cela affectera la solidité du papier et la processus de fabrication. Il faut donc prendre des mesures correspondantes dans la technique de fabrication.

2. 7. 1. Sélection des équipements de battage de la pulpe

Tableau 3-12 Principales caractéristiques et spécification du double raffineur

type	ZDP12A	ZDP11	ZDP13
diam. mm disque	350 ou 360	450	550
v de rotation rpm	960	980	980
taux de passage de la pulpe t/d	4-20	8-40	15-110
concent. de l'entrée de la pulpe %	2.5-5	2.5-5	2.5-5
pression de l'entrée de la pulpe Kpa	148-196	148-196	148-294
puissance du moteur principal K.w	55	110	215

Les petites usines de papier utilisent aussi le raffineur à disque unique.

Le battage de la pulpe de bambou est le même que celui de la pulpe de bois ou de paille. Il entraîne également le développement des tubes du batteur, du raffineur cône, du raffineur cylindrique et du raffineur à disque. Avec une longue pratique, le raffineur à double disque des équipements de battage de la pulpe est devenu essentiel. Il permet une grande capacité de production, une légère consommation d'énergie et une bonne qualité de la pulpe. Lors du battage, le point important est l'envoi d'humidité. Les fonctions de coupage ne le sont pas. Il convient et peut être facilement combiné à d'autres équipements de battage. Le tableau 3-12 reprend les principales caractéristiques du raffineur à double disque produit actuellement de Chine.

2. 7. 2. Expériences sur les transformations des fibres après blanchissage et traitement par disque

L'usine de papier du Sichuan utilise un raffineur à disque simple pour traiter la pulpe blanchie de bambou. Sa concentration fut de 3.7%, la capacité de passage de la pulpe de 21 m³/h. Au cours de la première étape du battage, la partie centrale ou

finale de la fibre commence par s'étendre, puis devient reticulée. La structure ainsi reticulée augmente progressivement, et la fibre s'agite. Il n'y a pas de tels phénomènes lors du processus de battage de la pulpe de bois et de paille. Après que la pulpe se courbe, elle s'agite.

2. 7. 2. Contrôle du battage de la pulpe et exemple pratique du raffinement par disque.

2. 7. 2. 1. Concentration de la pulpe du fond

L'interstice du raffineur à disque est très petit, ce qui assure une concentration suffisante lors de l'opération. Si la concentration est faible, la fibre sera facilement endommagée par les fonctions de coupage. La concentration joue un rôle important dans l'agitation. Elle est généralement contrôlée à 3. 5-4. 5 %, pas moins de 3%.

2. 7. 2. 2. Courant électrique de raffinement et interstice

La puissance du courant électrique reflète la relation entre la pression spécifique et l'interstice de raffinement. Afin que les équipements fonctionnent efficacement, la puissance du moteur électrique qui ne peut pas dépasser celle du courant électrique, il faut ajuster la pression de battage pour arriver à un index de consommation peu élevé, un rendement élevé et un champs modifiable. Le courant électrique de raffinement ne peut pas être inférieur de 70 % du courant estimé. Lors de l'opération de raffinement, l'interstice entre les deux disques reflète la pression spécifique du battage. C'est un important facteur de contrôle, qui est 3-4 fois plus grand que le diamètre d'une fibre.

2. 7. 2. 3. Mode de battement

Selon les rapports de mélange, 2 ou 3 sortes de broyage sont utilisées pour faire de la pulpe. Il semble y avoir 2 méthodes. La pression consiste à insister sur la façon de mélanger. L'autre préfère un battage séparé. Comme les pulpes ont des propriétés spécifiques différentes, il y a une variété de techniques, de traitement, et d'équipements. L'usine peut choisir une mode de battage économique selon ses propres besoins. Dans ce sens, les propriétés de la pulpe seront pleinement utilisées, et l'usine produira un papier de qualité en réduisant sa consommation d'énergie.

Tableau 3-13 Pratique de production du battage par raffineur à disque

papiers	composit. %	équipement	concent.	degré	SR	pass.	longueur
			%	pulpe	pulpe	fibres	
a taper	bambou 70	3 360 doubles	3-8-4	22	60-62	380-400	0.9-1
	paille 30	raffineur cylindrique					
emaille	bambou 40	4 450 doubles					
	bois 25	raffineurs	3-5-4	20	38-42	800-1000	0.9-1
	paille 35	connectés avec disque conique					
sac papier	bambou 30	4 450 doubles	3-3-5	14-15	25-28	1000-1200	1.8-2
	bois 70	disques					
planche	bambou	3 groupes de 45 doubles disques	18-20	18-20	28-32	700-800	1.2-1.5
	relies	4-4.5					

2. 8. Fabrication du papier

L'histoire de la fabrication du papier et du carton par machine remonte à plus d'un demi-siècle. De riches expériences ont été accumulées. Actuellement beaucoup de sortes de papier et de carton sont partiellement ou totalement faites à partir de la pulpe du bambou, plutôt que de celle d'arbre de feuillu. Ces produits répondent au niveau de qualité demandé soit par les clients soit par le niveau standard. De jour en jour, la variété des produits augmente. Dans cet article, nous ne mentionnons que peu d'exemple de fabrication de papier avec de la pulpe de bambou.

2. 8. 1. Rapport de composition raisonnable

En n'utilisant que de la pulpe de bambou pour faire du papier, le processus de production, les équipement techniques et le contrôle des opérations sont largement simplifiés. Les fibres de pulpe de bambou possèdent avantages et désavantages. Donc, assez peu d'usines de papier, en fonction des propriétés de la pulpe et des conditions d'équipements techniques, adoptent 2 sortes ou plus de rapport de composition de pulpe pour améliorer la qualité des produits et répondre aux besoins des consommateurs. De meilleurs résultats sont obtenus que si utilise uniquement de la pulpe de bambou pour fabriquer de papier. Par exemple, l'usine de papier de Chongqing utilise

actuellement de la pulpe de vieux bambou, de la pulpe de paille alpine chinoises mélangée à un peu de pulpe de bois pour produire du papier d'imprimerie offset. Les résultats sont bien supérieurs au papier réalisé dans les années 50 et 60 avec de la fine pulpe verte des jeunes bambous. Ainsi, les diverses propriétés des fibres des différentes pulpes sont utilisées pleinement. La pulpe du bambou est assez douce. Elle semble être élastique au toucher, fine et douce. Sa résistance à l'humidité est plutôt pauvre. La résistance à la sécheresse et à l'humidité de la paille alpine chinoise est excellente. Il est un peu difficile de la travailler vu sa dureté, alors que la résistance à la sécheresse et à l'humidité ainsi que l'opacité de la pulpe de bambou sont bonnes. Donc, le papier d'impression offset de qualité par l'usine présente les avantages suivants : pureté, finesse, douceur, élasticité, résistance, impression correcte. Il est recommandé par tous les imprimeurs chinois et étrangers. En 1981, il remporta la médaille d'argent de l'Etat. Les usines de papier qui produisent notamment du papier à taper à la machine à base de bambou, fabriquent également, pour répondre aux besoins du marché, diverses sortes de papier à taper avec un mélange de pulpe bois et de paille. L'usine de carton de Fuzhou, province du Jiangxi, qui vient de se créer, produit 34 mille tonnes de cartons Kraft Liner par an. La pulpe de bambou est utilisée pour couvrir la surface. L'usine produit des cartons Kraft Liner. De tout ceci tirer comme conclusion qu'un rapport rationnel de composition est également un important facteur pour augmenter la qualité des fibres du papier fait à base de fibres de pulpe ne provenant pas d'arbres. Selon les enquêtes, peu de petites usines n'utilisent actuellement que de la pulpe de bambou pour fabriquer du Kraft. Donc, nous devons y prêter une grande attention. Afin d'améliorer le carton Kraft Liner fait à base de pulpe de bambou selon la méthode imitée, nous devons bien garder en tête ses caractéristiques.

2. 8. 2. Processus et équipement de fabrication du papier à impression et à écriture

A présent, les usines utilisent le bambou pour fabriquer deux sortes de papier : le papier d'impression et celui à écriture, le papier Kraft, et le papier carton. Le processus et les équipements techniques servant à leur fabrication sont décrits ci-dessous.

2. 8. 2. 1. Processus technique

Les étapes principales du processus technique pour une production quotidienne de 20-30 tonnes de 60-100 g/m² de papier d'impression et à écrire sont :

--Dans le but d'augmenter la qualité extérieure, sélectionner attentivement la pulpe purifiée en trois étapes de tamisage.

--Choisir une surface adéquate de façon à améliorer les propriétés du papier à impression et à écrire.

--Songer à réutiliser l'eau blanche et contrôler la condensation de l'eau pour sauvegarder de la consommation d'énergie et alléger la pollution.

--Battre et mélanger la pulpe de bambou avec celle du bois et de la paille à l'aide d'un raffineur à disque.

--Le papier sec endommagé est retiré à l'aide d'une machine hydraulique à rupture et directement remplacé dans la chambre à battage de la pulpe où il sera remixé.

Si le processus de production mentionné ci-dessus se déroule normalement, la qualité du produit sera garantie. Les opérations sont simplifiées et l'énergie sauvegardée. Cela permet également de ne pas avoir des paquets de papier endommagés. Les entreprises de larges et moyennes tailles devront toutefois être attentives à leurs équipements et à la fréquence du traitement de dissolution.

2. 8. 2. 2. Principaux équipements techniques

--On adopte une boîte d'écoulement à tuyau de type conique qui laisse s'écouler la pulpe, et on utilise une machine à plaque poreuse pour répandre la pulpe, ou une boîte d'écoulement à tuyaux bi-coniques multiples. La différence quantitative horizontale est maintenue à 1-1. 5 g/m².

--Actuellement, le fillet en cuivre est progressivement remplacé par le fillet en polyester équipé d'un rouleau d'écoulement (rouleau Dandy). Il permet d'améliorer le taux d'égalité du papier et de réduire les pertes.

--La presse travaille à 200 m/min. Elle comprend une presse cannelée et un feutre à aiguilles. On porte la sécheresse du papier à 40 % au moment où il entre dans le cylindre, de façon à éviter les déformations.

--Le séchoir, indépendant du groupe de cylindres à cuire faits de feutres secs, est d'un cylindre en polyester. Il assure au papier un aspect plat et réduit la consommation d'énergie.

--On donne priorité à la sélection de micro-ordinateurs produits par l'état destinés au contrôle de la quantité d'eau.

Selon des enquêtes, à présent, quelques petites usines de papier utilisent toujours des machines cylindriques ou de simples fourdriniers. Le niveau d'équipement est généralement bas.

2. 8. 2. 3. Application d'équipements techniques avancés

--Des épurateurs de 3940 mm de long été installés dans les années 50 dans l'usine

de papier Liujiang. Il furent conçus à l'origine pour produire 100 tonnes de papier journal par jour. On utilisait alors de la pulpe de bambou, de la pulpe de tige d'autres espèces et de la pulpe de bois pour produire du papier topographique d'impression. Mais depuis que les épurateurs furent mis en service, le rendement effectif n'atteignit que 80 % du rendement prévu. Afin d'améliorer le rendement et la qualité, les équipements techniques importés de la corporation Beloit d'Amérique ont été transformés. Les points principaux sont les suivants :

a. Une pompe-ventilateur de pulpe à faible pulsion, un tamis de pression et un ralentisseur de pulsion ont été adoptés dans le système des rouleaux supérieurs. Comme boîte d'écoulement, une plaque étroite et polie a été choisie. Les résultats sont satisfaisants quant à l'amélioration de la qualité, de la plénitude et de la réduction des vagues horizontales du papier.

b. Le filet est composé d'un raffineur de pliage Bel-form. Celui-ci permet une diminution de la différence de surfaces.

c. Une presse composée de 5 rouleaux et de 3 compresseurs assure l'aplanissement du papier. La teneur en humidité du papier peut être réduite par forte pression, ce qui renforce également sa résistance à l'humidité. Ce système permet également de réduire la différence de douceur entre les surfaces. Le papier est plus solide et remplit mieux ses fonctions.

d. La calandre est formée de 4 rouleaux qui eux-mêmes contrôlent les rouleaux moyens et élevés du dessus et du dessous. La ligne de pression est plutôt haut placée ce qui assure l'horizontalité, la compacité, l'épaisseur et la douceur du papier.

e. On adopte un contrôle par ordinateur de l'humidité, de la capacité et de l'épaisseur.

Cet équipement transformé offre un rendement de 140 tonnes/jour de 52 g/m² de papier de livres et de périodiques. Le grand rendement est de 160 tonnes/jour. La vitesse de la machine atteint 560 m/min. Le rapport de composition de pulpe de bambou dans le papier est de ± 60 %. Les produits ne répondent pas aux besoins du marché mais sont bienvenus des utilisateurs.

--Récemment, l'usine de papier Changjiang importa une ligne de production en seconde main de Suède afin de produire du carton de 3100 mm. Sa capacité de production annuelle est de 34 mille tonnes. L'usine envisage de fabriquer du carton fort

résistant avec de la pulpe de bois pour la couche supérieure et de la pulpe de bambou à la base. Cette machine date de 1950. Mais elle subit par 3 fois des transformations entre 1971 et 1989.

a. La partie humide est formée par un cylindre composé de 5 moules, d'une presse UMW, et d'une presse pour la couche vacuum servant à améliorer la sécheresse du papier.

b. La première partie de la presse est une presse vacuum à double feutre. La seconde est la presse principale. Ceci permet une omission des deux presses supplémentaires d'origine.

c. Le séchoir remplit plusieurs fonctions.

La partie frontale du séchoir se situe derrière le séchoir 240/1500 mm, le séchoir Yankee O/4500 mm et les appareils de mesure du taux d'humidité y sont installés.

Il y a 11 séchoirs dans la partie arrière. Au centre, on trouve une presse de surface, une machine couverte de grattoirs, un rouleau de Flexibilité du pré-recouvrement, une machine à enlever les gaz, un appareil de séchage à infra-rouge. Les séchoirs ont des cylindres en polyester et des appareils de ventilation. Le tout est équipé de machines de contrôle. La consommation en énergie est faible.

La calandre est équipée de 5 rouleaux et d'une brosse. Un système informatisé de contrôle du taux d'humidité par épaisseur déterminée est placé dans les machines à rouleaux.

On peut aussi utiliser une machine pour produire du carton de recouvrement de bonne qualité. Celle-ci peut servir de référence de transformations techniques des machines à cartons déjà existantes aux usines qui n'ont pas encore ce type d'équipement.

2.9. Récupération alcaline du liquide noirâtre

La teneur en poussière de la composition chimique du bambou et le taux de silicose du liquide noirâtre qui se forme lors de la fabrication de la pulpe sont plus importants que ceux de bois. Il est assez difficile de récupérer les solutions alcalines. Il n'y a actuellement en Chine aucune usine capable de tout récupérer du liquide noirâtre de la pulpe du bambou. Certaines le mélangent avec le liquide noir de la pulpe de bois et

de la paille. Selon les statistiques de ces dernières années, les usines de papier Yibin et Changjiang ont obtenu par cette technique un taux de récupération de 68-70 %. Quant à l'usine de papier Liujiang, elle a récupéré 75 % d'alcalin en mélangeant la pulpe de bambou à celle des tiges de céréale, la normale étant de 40-60 %. Le taux de récupération alcaline n'est en fait pas élevée, il comprend plusieurs facteurs, tels que que l'échelle de production, le niveau d'équipement et la gestion technique. Nous ne parlerons pas dans ce rapport de tous les aspects des techniques de production de la récupération alcaline. Nous présenteront plutôt les propriétés spécifiques du liquide noirâtre de la pulpe de bambou, des mesures adoptées afin d'alléger les interférences du silicone, et des cas actuels de rénovation d'équipements.

2. 9. 1. Caractéristiques du liquide noir

2. 9. 1. 1. Viscosité du liquide noir

Tableau 3-14 Viscosité du liquide noir

	30xC	60xC	90xC
pulpe de bois	< 50	< 20	< 10
pulpe de bambou	100	30	15
pulpe de paille	1100	200	50
pulpe de bagasse	1600	500	102
paille alpin chinois	4000	750	30

Note: Toutes les sortes de pulpe, 30xHé (20xC), viscosité du liquide noir (unité: gramme)

Une forte viscosité influence l'évaporation. Lorsque la concentration de l'évaporation est élevée, le liquide noir s'écoule difficilement, le coefficient de conduction de chaleur et l'évaporation est réduit. Il est alors difficile d'augmenter la viscosité du liquide noir. Selon certaines informations, la viscosité du liquide noir de la pulpe de bambou dans l'industrie du papier en Chine n'est pas élevée, donc, elle ne portera pas atteint à l'évaporation. Mais son influence sera grande si on mélange le liquide avec celui provenant de la pulpe de paille. On adopte en général des méthodes d'augmentation de la surface de chauffage des évaporateurs et d'augmentation de la température du liquide noir.

2. 9. 1. 2. Teneur en silicone du liquide noir

Une forte teneur en silicone rend difficile l'évaporation, la cuisson et la caustifica-

tion. Par exemple, les taches s'allourdiront dans les tuyaux d'évaporation provoquant une diminution des résultats de l'évaporation et affectant même le taux de réduction des parties salines et le degré de clarification du liquide blanc. Depuis les années 60, on a mené pas mal de travaux afin de trouver une pulpe permettant une récupération alcaline à partir de diverses matières premières. Des recherches sur les caractéristiques du liquide noir, selon les données d'analyses datant des années 60, le liquide noir SiO_2 de la pulpe du Sinocalamus affinis contient 0.52 % du total des composants solides, ce qui est 0.2-0.3 % plus élevé que chez la pulpe de bois, et 2.3-6.5 % de SiO_2 en moins que dans le liquide noir de la pulpe de paille. Toujours selon les données de ces récentes années, la teneur en SiO_2 du liquide noir de la pulpe de bambou, se situe en dessous des 1 %. Le liquide noir de la pulpe du Ph. pubescens produit par l'usine de papier Yiehun du Jiangxi, n'est que de 0.3 %. Les principaux composants du liquide noir de la pulpe de bambou, et de bois produites par certaines usines sont repris en tableau 3-16. Cependant, après mélange de la pulpe de bambou avec celle de la paille, la teneur en SiO_2 se situe là plus de 2 %, ceci provoquera une interférence du silicone lors de la récupération alcaline. Donc, il faut être très attentif et adopter les méthodes adéquates.

Tableau 3-15 Principaux composants du liquide noir de la pulpe de bambou et de celle du bois (%)

	Usine de papier Yihun			Usine de papier Yalan	
	p. bambou	p. bois	p. mixte	p. bambou	p. bois
SiO_2				0.77	0.49
C	32.44	36.94	34.88	33	33.66
H	2.7	3.38	2.94	3.89	3.36
S	2.14	2.43	2.37	5.09	4.54
Na	17.17	18.57	18.32	19.1	18.4
Si	0.6	0.3	0.49	0.36	0.23
N	0.21	0.21	0.21	0.31	0.12
O	44.56	37.94	39.99	38.05	39.55

2.9.2. Mesures pour alléger les interférences du silicone présent dans le liquide noir

La teneur en silicone du liquide noir provient des impurités qui surgissent des matières premières au début du processus, alors qu'elles viennent d'être distribuées aux usines. Cette phase n'est pas répétée par après. Ci-dessous, nous allons parler des différents problèmes auxquels il s'agit d'être attentif lors du processus de récupération alcaline du liquide noir de la pulpe du bambou.

2. 9. 2. 1. Renforcer le processus de purification du fin liquide noir avant la phase d'épuration

Cette mesure est très utile pour éliminer la formation de particules lors de l'évaporation. Par exemple, l'usine de papier Qingzhou utilise des filtres de liquide noir à 2 tambours rotatifs raccordés au filtre du liquide noir de la pulpe de bambou. De cette façon, les impuretés comme les fines, etc. sont efficacement supprimées. C'est l'une des raisons pour lesquelles, cette usine contrôle bien l'évaporation et garde une faible consommation d'énergie. Son taux de récupération alcaline, depuis longtemps, est au stade avancé de plus de 90 %. Donc, la purification du liquide noir de la pulpe de bambou devrait être amélioré avant l'évaporation.

2. 9. 2. 2. Effectuer de manière stricte un système régulier de lavage

Ceci permet d'éliminer les poussières qui se forment parfois dans l'eau et la solution alcaline. Il vaut mieux ne pas utiliser de brosse mécanique pour en être quitte car les particules pourraient se déposer sur les parois intérieures des tuyaux. I et II sont des tuyaux en acier incolores. Chaque année, on utilise de l'acide pour éliminer la poussière des tuyaux et le récipient à alcalin est placé en réfection.

2. 9. 2. 3. Comme pour le liquide noir, la teneur en silicone (SiO_2 1-2 g/l) n'est pas forte. L'alcalin est ajouté avant évaporation de façon à rendre le liquide noir complètement libre. Le rapport entre l'oxygène du sodium et celui du silicone est de l'ordre de 2-2. 5.

2. 9. 2. 4. On attache une grande importance à la qualité des coagulations salines et à la poussière, ainsi qu'aux composants des matériaux de revêtement intérieur. En faire bon usage est la base de la réduction des résidus de sulfate, carbonate et silicate des tuyaux.

2. 9. 2. 5. Réduire les possibilités pour que le liquide noir soit en contact avec l'air au cours du processus de production. Faire de son mieux pour écourter le temps de stockage du liquide noir dans chaque containers et éliminer la boue formée par les liquides blanc et noir lors du lavage.

2. 9. 2. 6. Si une nouvelle espèce de bambou est adoptée pour faire de la pulpe, il faut mener des analyses sur les caractéristiques du liquide noir.

Tableau 3-16 Résultats du traitement de l'eau résiduaire de l'usine de pulpe de Cheng-du

	pH	Chromaticité (rap. dilution)	SS (mg/l)	CODcr (mg/l)	BOD5 (mg/l)
premiers tests	34	35	19	51	21
eau résiduaire					
valeur max.	10.13	333	1808	3232	901.27
valeur min.	8.02	166	172	852.12	334.4
valeur moyenne	8.82	252	566	1388	539
eau traitée					
valeur max.	7.64	25	63.5	425.6	228.75
valeur min.	6.11	14	5.3	124.08	61.49
valeur moyenne	6.87	17	8	297	140
seconds tests	20	25	20	24	20
eau résiduaire valeur max.					
	8.74	500	1178	1954.53	995.4
valeur min.	6.84	250	203	602.81	249.8
valeur moyenne	7.64	446	576	1096	478
eau traitée valeur max.					
	7.14	33	48	370	159.3
valeur min.	6.44	17	4	79.95	30.30
valeur moyenne	6.87	25	18	241.95	118
standard international GB8978-88					
	6-9	50	200	350	150

Tableau 3-17 Résultats du traitement expérimental sur l'eau résiduaire de la pulpe de bois et de bambou.

	standard national GB 8978-88	eau résiduaire	eau traitée	rapport purifiant
pH	6-9	9.6	7.2	
chromaticité (rap. dilution)	50	250	8	96.8
SS (mg/L)	200	1380	14	98.98
CODcr (mg/L)	350	1764	292	83.45
BOD5 (mg/L)	150	342	88	74.27

2. 9. 3. Progrès des équipements mis à jour et innovation technologique

D'après les investigations sur les équipements de récupération de soude qui viennent d'être rénovés et sur les techniques de récupération de soude récemment mises au point, on a remarqué que les appareillages étrangers avancés ont été utilisés de façon sélective.

2. 9. 3. 1. L'usine de papier Liujiang a introduit un évaporateur formé d'une plaque et d'un film filtrant produit par la Société Ahlstrom et raccordé à l'évaporateur précédemment utilisé. Ce genre d'équipement a une grande efficacité de chaleur. La capacité effective de la source de chaleur dépasse 100 %. La consistance du liquide noir est de 65 %. L'évaporateur possède d'autres avantages tels que une faible consommation d'énergie, une grande vélocité de d'écoulement du liquide noir, affaiblissant la formation de résidus, une faible émission affaiblissant la formation de résidus, une faible émission d'odeurs, ... Cela nous a permis de faire des expériences lors de la rénovation des stations d'évaporation. L'usine de papier Ya'an et d'autres installations récemment construites ont introduit une station d'évaporation à tuyau et film de filtrage de la compagnie Unitec. Il est dit que la consistance après évaporation devrait atteindre plus de 55 %, l'efficacité de chauffage serait de 4,398 kg (d'eau) kg (de vapeur) lorsque la consistance réelle du liquide noir est de 15 % TS. Si le liquide noir possède une forte vélocité de flu, la formation d'impuretés pourrait être faible.

2. 9. 3. 2. Sur base du de l'introduit des techniques étrangères, une série d'évaporateurs ZHZ domestiques avec séparateur installé sur la partie supérieure ont été développés. La pratique prouve qu'autant l'efficacité du chauffage que l'intensité de l'évaporation sont augmentés de 25 à 30 % par rapport aux évaporateurs de type anciens et que la consistance du liquide noir peut atteindre jusqu'à 50-55 %. Si un évaporateur formé d'une plaque et d'un film de filtrage est fixé en tant que dispositif de concentration, la consistance du liquide noir devra augmenter de 65 %. Dans cet équipement, le récipient à bouillir la soude sert aussi de désodorisant. L'évaporateur artésien de 100 mètres cubes formé de trois plaques et d'un film de filtrage ainsi que l'évaporateur de 500 mètres cubes formé d'un film de filtrage sont développés en Chine. Ils conviennent au traitement du liquide noir de la pulpe de bambou et de paille et ont des effets satisfaisants.

2. 9. 3. 3. Les récipients à bouillir et à récupérer la soude ont été améliorés. Selon les propriétés du liquide noir de la pulpe de bambou, les récipients à bouillir et à récupérer la soude qui ont une capacité de traitement quotidienne de 120 tonnes, et

220 tonnes de matériaux solides ont été développés. Ce genre de récipient à bouillir équipés d'appareils électriques faisant disparaître la poussière avec une efficacité de plus de 90 % et d'un souffeur de poussière téléactionné par un nouveau système de double roues dentées est fort utilisé dans les grandes et moyennes usines de traitement de pulpe de bambou. Puisque les équipements de récupération de soude nécessitent de larges fonds et qu'ils ne conviennent pas aux petites usines de papier qui ont un rendement annuel de pulpe de moins de 10, 000 tonnes, certaines institutions de recherches scientifiques et de design ont récemment développé, en coopération avec les usines de papier, de petits appareils de récupération de soude simplifiés, utilisant de la pulpe de bambou et de pailles comme principales matières premières. Des progrès ont été réalisés.

2. 10. Prévention et contrôle de la pollution provoquée par l'eau résiduaire

2. 10. 1. Traitement de l'eau résiduaire à l'intérieur des usines

La pollution causée par la mise en pâte, surtout celle de l'eau, a suscité une grande attention de la part de l'industrie de fabrication du papier. La Chine s'attache fortement à la prévention et au contrôle de l'eau résiduaire provenant de la mise en pâte, et considère ce point comme clé dans le cadre de la protection de l'environnement. Le gouvernement a publié « la stipulation de la prévention et du contrôle de la pollution de l'eau lors de la fabrication du papier ». Cela reprend notamment les principes et politiques suivantes : l'eau résiduaire provenant de la mise en pâte dans les entreprises existantes devrait être contrôlée selon la réforme technique. En ce qui concerne les entreprises nouvellement construites, les mesures et installations de contrôle doivent être pensées lors de l'élaboration du projet. L'échelle de production des usines de mise en pâte devrait être contrôlée. La construction de petites usines qui ont une capacité de production de moins de 10, 000 tonnes de pulpe chimique devrait être strictement restreintes. Dans un futur proche, la prévention et le contrôle de la pollution seront menés dans les usines selon une vaste planification et un contrôle intégré à l'intérieur et à l'extérieur des usines.

Les sources principales de la pollution au cours de la mise en pâte du bambou sont : 1). le liquide résiduaire provenant de la mise en pâte ébullition; 2). l'eau résiduaire provenant du lavage, du tamisage et du blanchissage ainsi que les eau résiduaires condensées qui se créent après récupération de la soude; 3). l'eau blanche qui se forme au cours de la fabrication du papier. Les méthodes adoptées actuellement dans les usines pour le traitement de l'eau résiduaire sont les suivantes :

2. 10. 1. 1. Les ateliers de récupération de la soude ont été installés dans les usines de

papier à pulpe qui ont un rendement annuel de 10,000 tonnes en utilisant la méthode à base de soude. La méthode de suppression de la poussière par électricité statique est utilisée pour alléger la pollution de l'environnement.

Actuellement, les institutions de recherche qui coopèrent avec les usines de papier co-développent des équipements de récupération de la soude et du liquide noir que peuvent traiter jusqu'à 15-25 tonnes de pulpe de bambou et de paille. Des résultats encourageants ont été réalisés.

2. 10. 1. 2. Les grandes usines de traitement de pulpe de bambou qui sont en cours de construction adoptent un blanchissage en 3 étapes (O-C/D-Eo-D) agissant principalement par délignification oxygénée et par dioxyde de chlore. Des expérimentations d'augmentation du peroxyde d'hydrogène au cours du blanchissage normal ont été menées et les résultats ont indiqués que cette méthode joue un rôle positif dans l'allègement de la pollution.

2. 10. 1. 3. Récupération et utilisation de l'eau blanche lors de la fabrication du papier.

La méthode par flottaison d'air et les équipements à multi-disques de récupération des fibres sont adoptés. Le taux de récupération des fibres et des impuretés est de 80-90 %. La pollution peut être allégée de 70-80 %. Le bénéfice économique est évident. Récemment, des filtres micropores ont été créés. Ce sont de nouveaux type de séparateurs de solides et de liquides. Ils possèdent les avantages suivants; taux élevé de récupération, faible consommation d'énergie, petits investissements (environ 20 % de la méthode par flottaison d'air) et ils conviennent aux moyennes et petites usines.

2. 10. 1. 4. Economie d'eau

Les eaux propres et souillées s'écoulent par des tuyaux différents. On choisit un système de circulation étanche. L'eau peut être utilisée plusieurs fois.

2. 10. 1. 5. Renforcement de la gestion de l'environnement

Dans un but préventif contre les fuites de liquide et d'odeurs, on combine à la sauvegarde de l'économie, la réduction de la consommation et la production civilisée, la gestion de la protection de l'environnement, le contrôle, et les examens réguliers des sources de pollution. Un système de responsabilités économiques (avec récompense) s'inscrit dans le cadre de la protection de l'environnement.

A présent, la situation de base du contrôle de la pollution est la suivante : les usines qui ont un rendement annuel de plus de 10, 000 tonnes de pulpe de bois et de bambou ont installé des équipements de récupération de soude et d'eau blanche. La pollution est restreinte, mais dans les petites usines, elle reste sérieuse car celles-ci sont nombreuses et distribuées sur tout le territoire.

2. 10. 2. Traitement de l'eau résiduaire en dehors des usines

Selon une investigation, une vingtaine d'usines qui ont adopté une méthode de traitement de l'eau résiduaire extérieur. La plupart d'entre-elles choisissent une méthode de traitement bio-chimique en deux étapes (plus simplement dit : la méthode bio-chimique) telles que la méthode bio-membrane, le processus actif de boue, le procédé de broyage par oxydation, qui ont été utilisés pendant plus de 20 ans. Des résultats satisfaisants ont été obtenus par suppression du SS et du BOD de l'eau résiduaire. Cependant, le taux de suppression du COD reste faible. La teneur en COD dans l'eau résiduaire est plus importante que lors d'un drainage standard et la couleur ne peut pas être éclaircie. La raison principale réside dans le fait que le traitement de l'eau résiduaire par méthode bio-chimique ne parvient qu'à supprimer les matières organiques solubles dégradables par microbes. Le taux de suppression du BOD atteint 80 %. Pour la lignine qui n'est pas facilement oxydable, l'efficacité de cette méthode laisse à désirer. Le DOD représente toutes les matières organiques et inorganiques oxydables par agent, agent chimique incluant ce qui peut être oxydé ou décomposé par microbe. Le taux de suppression de COD, obtenu par méthode domestique bio-chimique, s'élève à 40-50 %. Actuellement, les expériences de contrôle de la pollution dans l'usine de papier Amali Branch de l'est de l'Inde (rendement annuel de pulpe de bambou de 80, 000 tonnes) montrent que trois sortes d'eau résiduaire et de liquide brun-noir ne sont biologiquement pas dégradables, incluant :

- l'eau résiduaire provenant des ateliers de fabrication de pulpe
- l'eau résiduaire provenant du lavage de la pulpe brute
- le dépôt liquide noir, les fuites et les inondations provenant des appareils d'ébullition.
- l'eau résiduaire provenant du blanchissement de la soude

Un traitement en trois étapes est adopté. La méthode de décoloration consiste en l'ajout de calcium hypochloré dans l'eau résiduaire. En Chine, la méthode bio-chimique et physico-chimique sont choisies lors de la section intermédiaire du traitement de l'eau résiduaire. La teneur en COD et la couleur correspondent au standard du

drainage de l'eau résiduaire. Mais il est difficile aux entreprises de choisir ce traitement à cause de l'importance des investissements et de l'élévation des coûts.

Ces dernières années, des institutions de recherches de Chine ont testé une variété de méthodes de traitement de l'eau résiduaire de la section intermédiaire et ont réalisé des percées. Par exemple, l'Institut de recherches Yatai d'engineering technique et de design du traitement de l'eau du Sichuan, a développé une méthode physico-chimique et l'a appliquée dans un projet de traitement de l'eau résiduaire de la section intermédiaire de l'usine de papier de Chengdu. La conclusion de la rencontre entre le Comité Scientifique du Sichuan, le Bureau Général de l'Industrie légère, et la Bureau de la Protection Environnementale est la suivante: 1). Les résultats du traitement de l'eau résiduaire formée lors de la mise en pâte par méthode de coagulation physico-chimique dans l'usine de papier de Chengdu montrent que l'agent concret composé PPA et le flocculateur PPM ne sont pas dangereux, mais hautement efficaces, de bas prix, facilement accessibles, sans effets secondaires polluants mais bien décolorants. Tous les indices techniques et économiques sont obtenus. 2). La conception et la sélection des technologies, équipements, appareils électriques, et système de contrôle automatique informatisé sont raisonnables. Le processus de traitement de l'eau résiduaire est simple et avancé. Il est facilement opérable, sûr et efficace. 3). Le traitement de l'eau résiduaire de la section intermédiaire par méthode de coagulation physico-chimique possède les avantages suivants: petite surface, petits investissements, faibles coûts d'opération. D'après le rapport de vérification et d'acceptation, la méthode convient aux usines de grande et moyenne taille. En voici une brève présentation:

2. 10. 2. 1. Effet du traitement.

Un contrôle et une prise d'échantillons continus ont été organisés sur place. L'Institut de recherches scientifiques par monitoring pour la protection de l'environnement de la province du Sichuan, trois fois par jour au cours de la période du début, du milieu et de la fin. Les données des tests sont reprises dans le tableau 3-17.

En juin 1992, quelques institutions concernées ont procédé à une expérimentation sur de l'eau résiduaire de la section intermédiaire du blanchissage par sulfate de la pulpe de bambou et de bois de l'usine de papier Yibin. Les résultats sont montrés dans le tableau 3-18.

2. 10. 2. 2. Caractéristiques de l'opération

--En mélangeant le coagulant composé PPA/PPM avec de l'eau résiduaire dans un

tuyau à vitesse rapide, la réaction de sédimentation et de séparation est parfaite. Le taux de suppression de polluants SS, COD et BOD dans l'eau résiduaire est élevé, et la décoloration est évidentes. L'eau résiduaire correspond au standard national de drainage. Par rapport à la méthode de traitement bio-chimique en deux étapes utilisée communément en Chine, les besoins d'espace et de fonds sont réduits de 50-60 %, les frais d'opération de 30-40 % et 50-80 % de l'eau résiduaire peuvent être réutilisées plusieurs fois.

--Les effets du traitement ne sont pas affectés par les changements de température, de taux d'écoulement de l'eau résiduaire, SS, COD, BOD. Les différences entre les valeurs maximales et minimales montrées en tableau 3-17 varient de 3-10 fois, le rapport de BOD/COD est en moyenne de 0.25-0.38, mais de bons résultats sont obtenus dans tous les cas. Le lieu d'opération reste propre et n'est gagné ni par la mousse ni par les mauvaises odeurs.

--Les opérations sont contrôlées par ordinateurs et sont faciles à gérer. Les équipements sont régulièrement allumés puis éteints, mais après une ou deux heures d'ajustement, il peut opérer de façon normale et l'eau résiduaire traitée correspond au standard de drainage. Il est très difficile pour la méthode bio-chimique ainsi que pour les autres de réaliser cela.

--La méthode convient pour le traitement de l'eau résiduaire qui se forme lors de l'impression et de la teinture, pour la production de bière, et le traitement des eaux usées des zones urbaines.

La méthode physico-chimique pour le traitement de l'eau résiduaire lors de la fabrication du papier a gagné la médaille d'or des Technologies Nouvelles promulguée par le Comité des Sciences et Techniques de l'Etat et par le Gouvernement Populaire de la province du Sichuan. Il a été décidé que la méthode par coagulation physico-chimique serait utilisée dans les projets de construction d'usines de papier de Yibin, Yalan, Pengshui et Fujian. L'usine de papier de Yibin est déjà sur pied. Elle fut mise en activité en 1993.

3. Situation de la fabrication du papier à base de bambou

3.1. Rendement de la pulpe de bambou et principaux produits

Au début des années 50, la pulpe de bambou occupait une grande proportion, plus de 8 %, parmi les matières premières destinées à la fabrication du papier en Chine, dont 33 % provenaient de la province du Sichuan. Pour diverses raisons, ce pourcentage a diminué d'année en année. Dans les années 70, il n'atteignait que 2 %. Grâce à la réforme et à l'ouverture sur le monde extérieur, le rendement de la pulpe de

bambou a augmenté au début des années 80. Celui-ci fut respectivement en 1980, 1985, 1988 et 1990, de 85900 tonnes, 108,000 tonnes, 152,000 tonnes et de plus de 200,000 tonnes. Actuellement, le rendement atteint 250,000 tonnes. Le rendement de la province du Sichuan représente environ 45 % de la production totale de pulpe en Chine, suivi par le Hunan, le Jiangxi, le Guangxi, et le Guangdong. Selon une enquête réalisée dans 105 usines de fabrication de papier à base de bambou située dans 8 provinces (régions) de la Chine du Sud, il y a une cinquantaine de variétés de produits en papier et en carton faits à partir de pulpe de bambou seule ou mélangée avec de la pulpe de bois et de paille. Les principaux produits et les composants des mélanges sont repris dans le tableau 3-18.

Tableau 3-18. Papier fait à base bambou et pourcentage de pulpe de bambou utilisée.

N°	sorte de papier	champs d'utilisation	pourc. de pulpe de bambou utilisée
1	impression offset	publications scientifiques et illustrations, etc...	30-50
2	M G offset	photos couleurs, fardes de cigarettes, etc...	30-50
3	textes offset	livres, périodiques, etc...	40-50
4	impression typographique	planches typographiques, livres, etc...	30-50
5	sol émaillé	papier couché	30-40
6	impression typographique fine	publications académiques	30-40
7	impression de copie	photocopies	30-40
8	couverture	couvertures des publications	30-50
9	cartes	impression de carte de géo.	30-40
10	écriture	formulaires, cahiers de comptabilité cahiers d'exercices	40-50

11	polycopie	papiers machine, cartone et à lettre	40-80
12	papier glacé	écriture, de bureau, exercices	30-50
13	copies	copies et taper à la machine	30-50
14	classiques chinois	écriture au pinceau et dessin	70-80
15	krati	emballage	30-40
16	krati brillant	emballage	80-100
17	krati vergé	emballage pour biens de haute qualité	30-50
18	carton krati	cartes et sacs	30-40
19	sac	sac de ciment et engrais	20
20	sac extensible	sac de ciment élastique	40-50
21	emballage neutre	acide, soude, chlore	20
22	papier gaufré	emballage pour couverture ext. de protection	20
23	rouleaux d'explosifs	explosifs des mines et construction de route	40-50
24	couche de fond	pour compresse en plastique	30-40
25	cigarette	pour rouler les cigarettes	20-30
26	paraffine	papier de cigarette, emballage aliments	30-40
27	emballage bonbons	pour bonbons	60-80
28	papier hygienique	pour toilette	40-50
29	papier jaune	pour croyances religieuses	80-100

30	impression bleue	pour impression bleue.	30-40
31	carton en K	boîte d'emballage pour transport des biens par bateau	50-80
32	carton ordinaire	pour emballage général des marchandises	30-40
33	papier gaufré de haute résistance	revêtement interne du carton	30-40
34	carton d'un côté	emballage après impression de couleur	30-40
35	carton d'emballage neutre	pour les biens en métal	80-100
36	fine couche de pulpe	serviettes hygiéniques	70-80

3. 2. Développement de la fabrication de la pulpe de bambou dans la province du Sichuan

Selon les statistiques datant du début des années 80, la surface des forêts de bambou dans 20 provinces (régions) était de 3. 308 millions d'ha (49. 62 millions de mu), soit 160. 5 mille ha dans le Sichuan (2. 408 millions de mu), province qui se plaçait au 6^{ème} rang en Chine. Le rendement en pulpe de bambou mécaniquement produite dans le Sichuan en 1985, 1988 furent respectivement de 46. 7 mille tonnes (43. 08 % du total), 77. 8 mille tonnes (51. 02 % du total), et atteignit 100 mille tonnes en 1992. Au cours de la période du Huitième Plan Quinquennal, le rendement en pulpe de bambou augmenta de 180 mille tonnes. De 1985 à 1991, le rendement a progressé avec un taux moyen de 9 %. On estime qu'il aura bientôt doublé par rapport à 1985. L'industrie du papier du Sichuan voit non seulement le rendement en pulpe de bambou augmenter rapidement, mais aussi la qualité des produits partiellement fabriqués avec de la pulpe de bambou et le niveau des équipements s'améliorer.

Une enquête a montré que 22 usines de papier ont fabriqué à titre expérimental 48 variétés de produits à base de pulpe de bambou seule ou mélangée à la pulpe de bois ou de paille. La qualité des produits est fortement améliorée. Par exemple, l'usine de papier Changjiang a produit à titre d'essai du papier élastique pour sac (90 g/m²) avec

50 % de pulpe mixte de bambou et de bois. Cette sorte de papier est utilisée pour la production de sacs de ciment en papier de 3 couches. Par rapport aux sacs ordinaires faits de 4 couches de papier, le taux de dégâts est réduit et le papier est économisé à 15.6 %. Ce produit a gagné le deuxième prix des Inventions Scientifiques et Techniques de la province du Sichuan. Utilisant 40 % de pulpe de bambou mélangée à la pulpe de bois, et la pulpe de Binata Eulaliopsis comme matière première, l'usine de papier de Chongqing fabrique du papier d'impression offset qui a remporté la médaille d'argent nationale. Le papier kraft produit à base de pulpe de bambou et de bois par l'usine de papier Yibin a gagné la médaille de bronze du ministère de l'industrie légère.

Avec le développement de la production, les équipements et les techniques se sont améliorés. Dans le cadre des projets d'innovations techniques au cours du Septième Plan Quinquennal, l'usine de papier Yibin a importé de Suède la machine Kamyr 114 t/j à cuire la pulpe de bambou de façon continue, et de Finlande la presse à laver la pulpe PFW. Traitement de blanchissage de la soude par oxygénation en 3 étapes. Le processus C-EO-H fut adopté. Sur base d'ajout de machines pouvant produire annuellement 20 mille tonnes de papier élastique, l'usine de papier Yibin importa de Suède en seconde main une ligne de production de papier pouvant produire jusqu'à 34 mille tonne de papier par an. La partie clé de l'équipement atteint le niveau mondial des années 70 et 80.

