

UNIVERSITÉ PARIS 1 PANTHÉON-SORBONNE  
CENTRE DE RECHERCHE HiCSA (Histoire culturelle et sociale  
de l'art - EA 4100)

HiCSA Éditions en ligne

## **LES FILIGRANES, UNE MARQUE À EXPLORER**

ACTES DE LA JOURNÉE D'ÉTUDE  
DU 20 OCTOBRE 2018

## **HISTOIRE DU PAPIER ET DE LA PAPETERIE – ACTUALITÉS DE LA RECHERCHE**

ACTES DE LA JOURNÉE D'ÉTUDE  
DU 11 OCTOBRE 2019

Édités sous la direction de Claude Laroque

LES FEUTRES INTERCALAIRES DANS LA FABRICATION  
MANUELLE DU PAPIER À TRAVERS L'ESPACE  
ET AU COURS DU TEMPS

JACQUES BREJOUX

### **Pour citer cet article**

Jacques Brejoux, « Les feutres intercalaires dans la fabrication manuelle du papier à travers l'espace et au cours du temps », dans Claude Laroque (dir.), Valérie Lee, Maryse Pierrard, Actes des journées d'étude *Les filigranes, une marque à explorer* (organisée le 20 octobre 2018) et *Histoire du papier et de la papeterie – Actualités de la recherche* (organisée le 11 octobre 2019), Paris, site de l'HiCSA, mis en ligne en novembre 2020, p. 56-69.

ISBN : 978-2-491040-06-2

# LES FEUTRES INTERCALAIRES DANS LA FABRICATION MANUELLE DU PAPIER À TRAVERS L'ESPACE ET AU COURS DU TEMPS

JACQUES BREJOUX

Papetier Maître d'Art, Moulin de Puymoyen (Charentes)

C'est probablement à partir de la fin du XIII<sup>e</sup> siècle que les fabricants européens de papier ont commencé à utiliser des feutres intercalaires pour constituer leurs porces<sup>1</sup>.

Jusque-là, de l'Extrême-Orient à l'ensemble du monde islamique, les porces étaient montées sans intercalaires en les superposant comme elles le sont encore aujourd'hui dans toutes les régions d'Extrême-Orient où l'on continue à pratiquer les techniques antérieures aux fabrications industrielles. C'est même sans aucun doute, avec la formation de la feuille, la seule partie qui n'a connu aucune modification dans les processus hérités des siècles passés. Le reste, matières premières, préparation des pâtes, pressée, séchage, est contaminé par des techniques modernes qui simplifient et accélèrent le processus. Cela s'explique le plus souvent par des raisons économiques.

Quand, au cours d'une visite d'atelier japonais ou coréen, quelqu'un pose la question :

*« Pourquoi les feuilles se séparent-elles si facilement alors qu'elles ont été superposées quand elles contenaient encore plus de 90 % d'eau et qu'elles ont été pressées ? »,*

la réponse invariable de la part du papetier est la suivante :

*« C'est parce qu'il y a du dispersant ».*

Le dispersant est un mucilage appelé *néri* au Japon, extrait de racines ou de tiges de diverses plantes<sup>2</sup> ou bien un produit de synthèse. Il est considéré à cause de son aspect gluant comme une sorte de colle qui permettrait aux fibres d'adhérer entre elles. Or c'est tout le contraire qui se passe : fortement hydrophile, de charge électronégative, il modifie la viscosité de l'eau dans la cuve tout en augmentant la potentialité de liaisons hydroxyles entre les fibres

- 1** Porce : ensemble de plateaux de feuilles et de feutres constituant une pressée. Porce blanche : pressée sans feutres.
- 2** Le plus souvent la racine de l'hibiscus *Manihot*.

et le mélange eau-*néri*. Pendant la formation de la feuille, au fur et à mesure que l'eau inséparable du *néri* s'évacue par égouttage, couchage et pressée, les fibres se lient entre elles exploitant ces liaisons fibres-eau-*néri* libérées et les transformant en liaisons fibres-fibres.

Les deux autres arguments évoqués tiennent au type de fibres employées et à leur longueur supposée<sup>3</sup> (voir **fig. 1, 2, 3**)



**Fig. 1.** Néri (racine d'hibiscus Manihot). Papeterie Naito, Japon © J. Brejoux



**Fig. 2.** Formation sans néri. Papeterie Naito, Japon © J. Bréjoux



**Fig. 3.** Formation avec néri. Papeterie Naito, Japon © N. Dumain

Or il se trouve que les proportions de dispersant ne sont pas constantes et parfois, qu'aucun dispersant n'est utilisé. Il se peut également que les fibres ne soient pas toujours longues comme par exemple pour le bambou ou les pailles ou encore qu'elles soient coupées comme c'est le cas pour le santal vert utilisé par la confection du *papier Xuan*. Bien plus, les papiers islamiques

**3** Longueur supposée parce qu'il s'agit souvent non pas d'une fibre mais de plusieurs fibres non séparées qui donnent cette impression.

hérités des techniques chinoises du VIII<sup>e</sup> siècle, à part l'exception yéménite décrite par Alan Gacek<sup>4</sup>, ont toujours été fabriqués à partir de fibres textiles recyclées, principalement chanvre et lin<sup>5</sup>. C'était le cas il y a encore quatre-vingt ans en Asie centrale et moins de vingt-cinq ans au Cachemire indien sans que cela change quoi que ce soit à la façon de monter les porces. Donc la raison de cette absence d'adhérence doit se trouver ailleurs.

En considérant qu'il n'existe pas de différence entre les premiers papiers occidentaux et les papiers islamiques, en dehors du gélatinage qui remplace l'amidonage des feuilles, il n'y a aucune raison technique qui impose l'usage des intercalaires. Il faut donc essayer pour vérifier.

Depuis une douzaine d'années nous utilisons au moulin de Puymoyen, comme au XIV<sup>e</sup> siècle, des marteaux pour battre les pâtes de vieilles toiles de lin et de chanvre, technique qui se rapproche des techniques de préparation de pâtes en Extrême-Orient. J'ai pu ainsi vérifier avec succès qu'il était possible de se passer d'intercalaires comme nous allons l'exposer.

Pendant deux millénaires en Extrême-Orient et en Occident, à partir de textiles recyclés, d'écorces, de bambous et de paille ou seulement de textiles dans le monde arabo-musulman, les papetiers ont eu pour principale préoccupation l'obtention d'un mélange de fibres aussi homogène que possible qui puisse être filtré sur une surface plane.

Après préparation des fibres par différents traitements destinés à en éliminer les matières non cellulosiques et éventuellement les blanchir comme dans le cas des fibres de pailles, de bambous et d'écorces ou dans le cas de textiles déjà bien usés par la fermentation, il est procédé à un battage ou pilonnage auquel va éventuellement s'ajouter une coupe.

Quelles que soient les fibres utilisées, le battage est soit manuel avec une batte ou des mailloches sur une surface plane plus ou moins rugueuse ou avec un pilon et un mortier, soit mécanique à l'aide d'un pilon à pédale ou d'un pilon mu par un arbre à cames entraîné par une roue. Des meuletons ont également été utilisés (voir **fig. 4 et 5**).

4 Gacek A. "On the making of local paper", *Revue des mondes musulmans et de la Méditerranée*, 2002, p. 79-93. [En ligne] <https://journals.openedition.org/remmm/1175>, consulté le 15 mai 2020.

5 Pour tout ce qui concerne les plantes utilisées en papeterie asiatique voir le site Khartasia : <http://khartasia-crcc.mnhn.fr/>.



**Fig. 4.** Pilon à pédale pour battre les pailles. Musée du papier Hua Baho Zahi, Fuyang, Anhui, Chine  
© J. Bréjoux



**Fig. 5.** Meuleton écrasant des fibres de Kenaf. Musée du papier Hua Bao Zahi, Fuyang, Anhui, Chine  
© L. Sauvage

Ces techniques, dérivées des techniques de broyage des grains pour en faire de la farine, de l'huile avec les olives ou les graines à huile, et aussi de foulage de la laine, ont été utilisées d'Est en Ouest pendant mille cinq cents ans jusqu'à la mise au point en Occident à la fin du <sup>XIII</sup><sup>e</sup> siècle, d'un système original fonctionnant de manière autonome, appelé pile à maillets, qui était uniquement destiné à la fabrication de la pâte à papier<sup>6</sup>.

D'un côté, la masse de pâte est composée de plus ou moins 25 % de fibres sèche et donc de plus ou moins 75 % d'eau, densité nécessaire pour empêcher la matière de gicler sous les coups et suffisante pour assurer une certaine plasticité. C'est la massette, la batte ou le pilon qui doivent être bien maniés par le batteur pour répartir les coups et travailler sur l'ensemble de la pâte.

De l'autre côté, 5 à 10 % de matière sèche en fonction de l'avancée du travail, sont dilués dans un bac où l'action de plusieurs maillets assure la circulation et le travail du mélange fibres-eau.

Plus tard avec l'apparition des cylindres hollandais la dilution sera plus importante, entre 3 et 5 %.

Pour toutes les pâtes d'écorce cette concentration à 25 % de siccité s'avère incontournable. En effet dès qu'on augmente la dilution en utilisant soit une pile à maillets soit beaucoup plus tard un cylindre hollandais, les fibres séparées ou non, longues de 12 mm et parfois beaucoup plus, libres de circuler à leur aise dans le bain, vont alors se réagglutiner. Le cylindre ou les maillets ne provoquent pas une agitation suffisante pour les empêcher de se réunir une

**6** Bien qu'en Catalogne il arrivait encore au siècle dernier que des piles soient utilisées pour écraser des fruits destinés à la fabrication de divers alcools.

fois séparées et assurer l'homogénéité de leur dispersion. Seul éventuellement le cylindre garni de lames de la « *naginata* »<sup>7</sup> parvient à le faire en provoquant.



**Fig. 6.** Naginata. Papeterie Naito, Japon  
© N. Dumain



**Fig. 7.** Naginata en action. Centre technique du papier, Kochi, Japon © J. Brejoux

Cela explique sans doute pourquoi les Orientaux n'ont jamais cherché à combiner plusieurs maillets dont les frappes alternées assurent la circulation de la pâte dans le creux d'une pile. Le problème se pose moins avec le chiffon de toile dont les fibres usées par des dizaines d'années d'utilisation, de lessives et une fermentation, sont donc très assouplies ou encore les autres textiles usés mécaniquement (cordes, filets, sacs, voiles) qui sont employés pour des fabrications plus grossières. Toutes ces fibres dépassent rarement 7 ou 8 mm. Mais cela ne les empêche pas de produire des mottons parfois difficiles à disperser.

Le but du battage est toujours de séparer le plus possible les fibres les unes des autres. Plus les fibres seront séparées, plus homogène sera leur réunion, plus nombreuses seront les liaisons qu'elles développeront entre elles et plus la feuille produite sera uniforme dans son épaisseur.

Tout ce travail ne se fait qu'en compression. Ce qui est remarquable dans ce processus c'est qu'à aucun moment, sauf si on coupe, les fibres ne sont transformées; elles sont beaucoup trop ténues pour échapper aux coups successifs des pilons qui les dispersent sans cesse.

Les fibres n'ont pas besoin d'être longues pour former la feuille car cela gênerait leur dispersion et donc l'homogénéité de la feuille; elles seraient une source de mottons, ces petites boulettes évoquées plus haut que l'on observe dans quantité de papiers traditionnels.

**7** Naginata : signifie hallebarde en japonais. Cylindre garni de lames en forme de faucilles, fonctionnant dans un bac fermé comme celui d'un cylindre hollandais et destiné à accélérer la dispersion des fibres après le battage.

Cette opération est complétée au Japon, en Corée et à Taïwan par l'ajout du dispersant dans la cuve de fabrication évoqué plus haut.

Après une agitation vigoureuse de la pâte la feuille s'élabore par couches successives extrêmement ténues déposées successivement sur le tamis. C'est la technique du *nagashizuki*. Le mélange fibres-eau-dispersant, qui reste constamment très liquide, se répartit sur le tamis grâce aux mouvements imposés à la forme par le papetier jusqu'à ce qu'il éjecte le surplus d'eau et de fibres dont la viscosité empêche l'égouttage.

Cette formation de feuille est quasi constante au Japon, en Corée et à Taïwan où l'on n'utilise que *Broussonetia*, *Edgevorthia* et *Wikstroemia*. En Chine, où il est fréquent d'utiliser bambous et pailles (de riz, de céréales, de kénaf) mélangés à des fibres de santal vert (*Ulmus cavaleriei* H) que l'on coupe, le fait que les fibres soient très courtes et qu'on utilise très peu de dispersant fait qu'on assiste à une simple filtration régulière en un ou deux passages du tamis dans la cuve. L'égouttage quasi instantané n'est simplement ralenti que par la lenteur du geste du papetier.

La notion de raffinage qui naît dans le courant du XVIII<sup>e</sup> siècle en Europe avec l'utilisation du cylindre hollandais, va changer complètement ces pratiques. Le mot raffinage apparaît dans l'article de Goussier sur le papier dans l'encyclopédie de Diderot et d'Alembert en 1768 au moment où il décrit les premiers cylindres. Ce raffinage introduit un phénomène de cisaillement et d'écrasement auxquels la fibre ne peut pas échapper lorsqu'elle passe en force entre les lames du cylindre et de la platine, action qui change sa structure. Ce phénomène ne s'est produit que progressivement au fur et à mesure du perfectionnement des cylindres hollandais qui, au début, ont surtout permis d'éviter la fermentation des chiffons et de travailler plus rapidement de plus grandes quantités de pâte.



**Fig. 8.** Au premier plan un cylindre hollandais de laboratoire Lamhort 1937. Au deuxième plan un cylindre hollandais du dernier tiers du XIX<sup>e</sup> siècle. Au troisième plan deux creux de pile à maillets, 2007 © Gérard Martron

Pour les périodes et les techniques qui nous concernent il semble plus judicieux de parler d'affinage ou d'affleurage. Ce sont les mots employés par Jérôme de La Lande en 1761 dans *l'Art de faire le Papier* et par Desmarests dans *l'Encyclopédie des Arts et Métiers Mécaniques* de 1788 pour les piles à maillets.

Dans les pâtes travaillées de cette façon, les fibres, qu'elles soient directement tirées des plantes comme celles qui ont succédées aux chiffons en Extrême-Orient, qu'elles soient d'origine textile comme celles qui ont été utilisées dans tout le monde islamique et en Occident, ne subissent aucune transformation importante. Ce travail de préparation de la pâte consiste surtout à les disperser. Plus on les disperse, plus le mélange sera homogène et plus on pourra exploiter les liaisons qu'elles auront développées avec l'eau pour les transformer en liaisons de fibre à fibre. Ainsi 1 000 fibres incomplètement dispersées ne donneront que 200 ou 300 accroches. Totalement dispersées elles en donneront 1 000 et un épaïr beaucoup plus régulier. D'une certaine façon il s'agit simplement d'exploiter en les réorganisant d'une façon différente après les avoir défaites, les liaisons qui existent naturellement dans la plante d'où la fibre est extraite. La principale difficulté vient de la nature des fibres qu'on utilise. Les plus dures et les plus longues opposent une résistance mécanique bien plus grande. D'abord extraites des plantes par rouissage, on n'a pu en venir à bout qu'après une longue période d'usure dans le cas des cordages, des voiles et des filets ou de centaines de cuissons répétées pour les vêtements, le tout complété par un processus de fermentation, avant le battage final. Les pâtes dites *traditionnelles* sont les plus *chimiques* parmi toutes celles qu'on a utilisées dans l'histoire du papier. Les fibres vierges qui les ont remplacées en Extrême-Orient sont beaucoup plus faciles à extraire et à travailler. Le plus souvent une simple cuisson à la cendre précède le battage ou bien un long temps de fermentation comme pour le bambou.

Quand on parle de raffinage, la fibre est transformée, fibrillée et absorbe plus d'eau qu'elle ne le ferait naturellement ; retenant plus l'eau, elle s'égoutte donc plus lentement et surtout elle est beaucoup plus réactive et nerveuse.

Les expériences menées depuis 2017 au Moulin du Verger nous ont permis de constater qu'à partir d'une pâte de chiffons simplement battue il est possible de se passer d'intercalaires comme cela se faisait aux origines du papier et comme on l'a toujours fait dans le monde islamique. Cela apprend beaucoup sur la formation de la feuille et explique notamment certains phénomènes de délaminages couramment observés sur des papiers islamiques.

Pendant la formation de la feuille avec une forme plongée, le premier geste de l'ouvreur oriente les fibres qui se déposent majoritairement perpendiculairement



aux vergeures et l'eau liée à ces fibres est arrachée par le courant provoqué par le mouvement. Instantanément les fibres se lient entre elles et forment une barrière qui ralentit considérablement l'égouttage du reste des fibres non encore liées. C'est un phénomène que l'ouvreur utilise en branlant la forme pour répartir harmonieusement les fibres pendant cette fin d'égouttage. Ce geste de formation de la feuille est difficile à maîtriser pour les apprentis papetiers, la feuille étant souvent égouttée avant qu'ils aient le temps de l'effectuer.

La première couche de pâte a utilisé un maximum de liaisons hydroxyles, la deuxième couche s'est organisée de façon différente et elle aussi exploite un maximum de liaisons pendant la fin de l'égouttage à travers la première couche.

Il existe ainsi un déficit de liaisons entre les deux couches. Cela n'apparaît jamais parce l'épaisseur est infime mais dans le cas du délaminage on distingue très bien les deux structures : celle au contact du tamis est vergée, l'autre est vélin. C'est ce qui explique qu'il soit possible de superposer les feuilles sans qu'elles adhèrent entre elles (voir **fig. 9 et 10**).



**Fig. 10.** Porce sans intercalaire après pressée. Papier Xuan, Red star, Hong Xuing, Jingxiang, Anhui Chine © J. Bréjoux



**Fig. 9.** Porce sans intercalaire avant pressée. Papier Xuan, Red star, Hong Xuing, Jingxiang, Anhui, Chine © J. Bréjoux

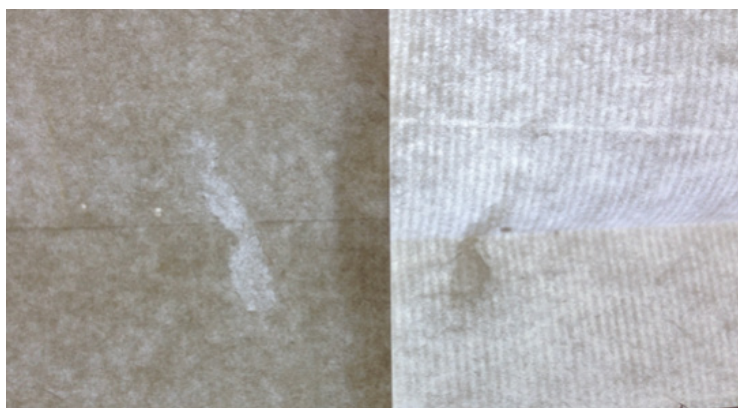
En effet dans la porce sans feutre, jamais les surfaces des feuilles en contact ne sont de même nature et la surface côté tamis a déjà utilisé son potentiel de liaisons ce qui fait que pour que les feuilles adhèrent entre elles il faudrait une pression très importante.

Il n'est pas nécessaire de presser très fortement la feuille. La totalité des liaisons assurant sa cohésion et sa solidité sont déjà là avant la pressée (à condition que les fibres aient été très correctement dispersées), ce qui n'est pas le cas avec les pâtes très raffinées où l'eau reste intimement liée aux fibres et doit en être expulsée pour assurer la cohésion qui se fait au moment de la pressée.

Pour pouvoir séparer les feuilles après la pressée qui est très légère en Asie, il faut attendre que les liaisons se soient consolidées c'est à dire que la feuille soit assez solide pour être manipulée. Une douzaine d'heures suffisent. Les techniques de séchage sur une surface plane verticale et l'emploi de la brosse à la fois pour transporter la feuille et l'appliquer soit sur la planche soit sur le mur, permettent de ne pas trop la déformer.

Ces déformations sont fréquentes dans les papiers islamiques où elles se lisent dans les vergeures. Dans tous les cas, les fibres recyclées de lin et de chanvre assurent moins de liaisons spontanées que les fibres vierges des papiers orientaux. En Occident il a fallu attendre le raffinage pour descendre à des grammages inférieurs à 40 g/m<sup>2</sup> alors qu'un papier d'Extrême-Orient de 40 g/m<sup>2</sup> est très épais...

Ce constat se trouve confirmé par un autre phénomène constaté sur certains papiers islamiques. Ces papiers amidonnés sur leurs deux faces, ce qui assure à chacune une plus grande cohésion, peuvent aisément être séparés en deux feuilles d'épaisseur plus ou moins égales correspondant l'une à la couche côté tamis, l'autre à la couche supérieure. Contrairement à ce que l'on pourrait penser il ne s'agit pas de deux feuilles résultant de deux plongées successives. Cela confirme l'homogénéité des deux faces de la feuille l'une par rapport à l'autre et la non adhérence des feuilles entre elles après la pressée. Les expériences sur le délaminage ont été menées par mon collaborateur depuis quarante ans, Didier Navarot.



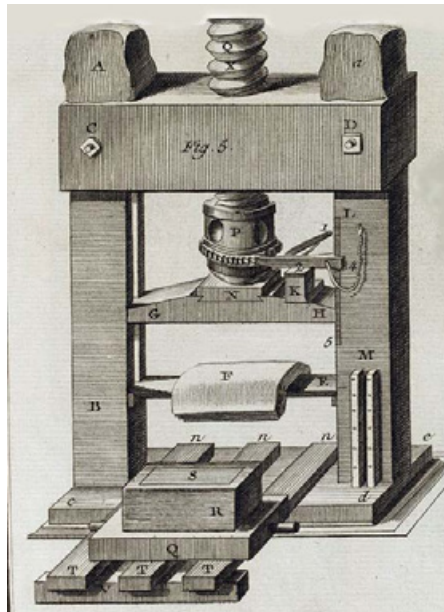
**Fig. 11.** Délaminage : à droite contact tamis, à gauche couche supérieure de la feuille.  
Moulin du Verger © J. Brejoux

Il est toujours surprenant de constater le sonnant d'une feuille asiatique qui n'a subi qu'une pression constante de 4 à 5 g/cm<sup>2</sup> pendant une douzaine d'heures, pression bien inférieure à celle que subit le papier occidental entre ses feutres intercalaires. Cette pression est suffisante pour assurer son homogénéité,

la séparer des autres et l'appliquer avec quelques précautions sur une planche de séchage. Bien qu'il soit difficile de comparer une pression instantanée et une pression constante, la presse occidentale à vérin développe  $400 \text{ g/cm}^2$ , pendant un temps limité. En tenant compte de l'élasticité des feutres, de la quantité de feuilles et de feutres et du temps de pressée, à aucun moment les feuilles ne subissent réellement cette pression.



**Fig. 12.** Presse à pression constante. Musée du papier Ino-Cho, Kochi, Japon  
© J. Brejoux



**Fig. 13.** Presse utilisée en Occident à partir du XIII<sup>e</sup> siècle. Encyclopédie Diderot d'Alembert

Si on laisse cette pression de départ jusqu'à égouttage complet de la porce on s'aperçoit qu'au bout d'une douzaine d'heures il ne reste qu'une centaine de grammes par centimètres carrés.

Mais la pressée ne dure que quelques minutes, car il faut libérer les feutres pour la porce suivante. Cette forte pression est juste nécessaire pour évacuer un maximum d'eau dans un temps limité.

Un récent séjour, du 28 février au 13 mars 2020, à Boukhara en Ouzbékistan a permis d'observer le travail du Maître enlumineur Davron Toshev qui produit son propre papier. Il utilise les fibres d'un murier local (*Morus alba*). Après un étuvage de branches d'une cinquantaine de centimètres de longueur provenant de rejets d'environ un centimètre et demi de diamètre et un écorçage, les lanières fraîches sont cuites pendant une douzaine d'heures avec de la cendre (pH autour de 9.5). Ensuite le liber est séparé de l'écorce à l'aide d'un couteau. Cette dernière opération se fait à l'inverse de ce qui se pratique généralement en Extrême-Orient, les écorces étant pelées avant la cuisson. Ces fibres pilonnées trente heures et utilisées sans dispersant, se comportent à l'égouttage comme une pâte occidentale de chiffons. Pour mémoire, à quantités égale de pâte, un papetier japonais battra une quinzaine de minutes, un papetier coréen dont le murier est un peu plus coriace, une demi-heure (voir **fig. 14 et 15**).



**Fig. 14.** Battage des fibres de murier (*Morus Alba*). Atelier de Davron Toshev, Bukhara, Ouzbékistan © J. Brejoux



**Fig. 15.** Battage de vieilles toiles déchiquetées. Moulin du Verger © J. Brejoux

En battant avec un petit maillet deux cents grammes de chiffons grossièrement effilochés pendant une quinzaine de minutes on obtient l'équivalent d'une pâte utilisée par les papetiers islamiques et ensuite par les Occidentaux. Le travail se faisait à une autre échelle mais le résultat est identique.

La dispersion est d'autant plus facile que la fibre est fine, usée, courte ou coupée, traitée par cuisson alcaline ou fermentée, etc.

Par contre plus elle est vierge, plus elle résistera. Sans broyeurs très puissants qui la transformeront, il est impossible de fabriquer mécaniquement du papier de lin ou de chanvre vierge.

En renouvelant avec cette pâte l'expérience de porce sans intercalaires, on constate que les feuilles se séparent les unes des autres après une pressée de 10 kilogrammes sur une surface de 2 500 cm<sup>2</sup> soit environ 4 g au cm<sup>2</sup>, suivie d'un repos de 12 h avant étendage pour permettre aux liaisons de se consolider. Le papier obtenu est d'un sonnant exceptionnel, d'une raideur, d'une dureté et d'une solidité sans pareille. Mais il est aussi très difficile à discipliner et à mettre à plat. La rigidité des fibres se retrouve dans le papier. Il est aussi d'un épair nuageux que quelques aménagements devraient améliorer comme l'augmentation de la dilution et la hauteur de la couverte. À aucun moment il n'évoque les papiers d'Extrême-Orient.

Une fois amidonné, il se prête admirablement à l'usage auquel il est destiné : calligraphie et reproduction de miniatures persanes.

Quand et où s'est-on mis à utiliser des feutres intercalaires en Occident ? Force est de constater que nous n'en savons rien. La légende qui veut que le papier soit apparu tout à coup à Fabriano avec maillets, formes métalliques rigides, filigranes, feutres, presse, étendage et encollage à la gélatine en 1276, reste peu crédible. Il est probable que comme souvent, différents procédés et perfectionnements se soient simultanément développés en fonction d'une demande de plus en plus importante. Il est vraisemblable aussi qu'une grande partie des innovations soient venues d'Espagne.

Les papiers islamiques amidonnés ne portent pas de traces de feutres. Quand bien même ils auraient été pressés avec des feutres, l'amidonage et le polissage en aurait fait disparaître la trace.

Nous avons vu que la pressée en porce sans feutre a toujours été très légère. Il est possible de l'estimer en pression constante, à une tonne ou une tonne et demie<sup>8</sup> sur une surface d'un quart à un tiers de mètre carré et à une hauteur correspondant à une trentaine de centimètres soit en papier islamique de ces régions, deux cent à deux cent cinquante feuilles, c'est à dire 50 à 60 m<sup>2</sup> de papier.

**8** Deux cent kilogrammes de poids multipliés par cinq ou six sur une presse à levier.

Ainsi pressé le papier reste très humide et fragile. Il nécessite une brosse pour être transféré sur la surface verticale de séchage, mur ou planche.

Il est imaginable que les feuilles soient mises à sécher par deux ou trois en les superposant pour réduire la surface de séchage.

Cela suppose dans le cas d'une production régulière, une bonne surface de séchage. En fonction du climat, le temps de séchage est plus ou moins long. Par temps chaud et une bonne exposition une feuille peut sécher en une heure (**fig. 16 et 17**).



Fig. 16. Séchage sur panneaux de ginkgo. Japon © J. Bréjoux



Fig. 17. Étendoir. Moulin du Verger © Jean-Christophe Pratt

Quelle que soit la solution envisagée, elle atteint très vite ses limites quant à la surface exploitable et les conditions climatiques.

Il faut ensuite amidonner les feuilles et les sécher, une face après l'autre en les étendant sur des cordes.

Ce système est incompatible avec une production régulière fournissant d'un bout de l'année à l'autre un produit qui commence à devenir nécessaire au développement d'un système économique en pleine transformation.

Pour pouvoir sécher des quantités plus importantes, les cordes vont s'imposer. Elles sont déjà utilisées dans le monde islamique pour sécher les feuilles fraîchement amidonnées. Mais il faut une feuille qui ne risque pas de se déformer quand on la transfère de la porce à la corde, d'où la nécessité de presser plus. Cette pression supplémentaire fait que les feuilles sont plus difficiles à séparer et qu'elles ont tendance à adhérer entre elles. C'est sans doute ce qui a provoqué l'emploi de drap cardé ou foulé qu'on appelle feutre. Ces feutres augmentent, en la doublant, la hauteur des porces et rendent impossible l'emploi des presses à contrepoids. C'est à ce moment-là qu'on a aménagé les pressoirs à raisin beaucoup plus puissants. Certaines presses du <sup>XVII</sup><sup>e</sup> siècle développaient jusqu'à quarante tonnes au m<sup>2</sup>. Fonctionnant à pression instantanée; elles compensent le fait que l'évacuation rapide de l'eau diminue rapidement la force exercée, par leur puissance. Cette pressée est complétée ensuite par une porce blanche où les feuilles déjà bien égouttées sont pressées une deuxième fois sans les feutres avant d'être étendues sur des cordes.

Ce sont ces procédés qui ont permis le développement des productions et la baisse des coûts. Toujours produit de luxe, le papier est quand même devenu plus abordable.

Les fabrications du monde islamique ont très vite disparu et les papiers occidentaux, islamisés par une couche d'amidon polie, les ont progressivement remplacés, refoulant vers l'Est l'utilisation de méthodes devenues non rentables en Occident.