

la couleur. Par exemple, les chimistes savent préparer à coût raisonnable trois colorants rouges d'une même famille : le CI 16011, le CI 15970 et le CI 16100 (voir la figure 6). Ces molécules diffèrent seulement par des groupes hydroxyle ($-OH$) et sulfonate ($-SO_3Na$), hydrophiles, et par des groupes méthyle ($-CH_3$), hydrophobes. À des températures et à des pH égaux (le pH mesure l'acidité du bain colorant), les fibres fixent dix pour cent de plus du premier

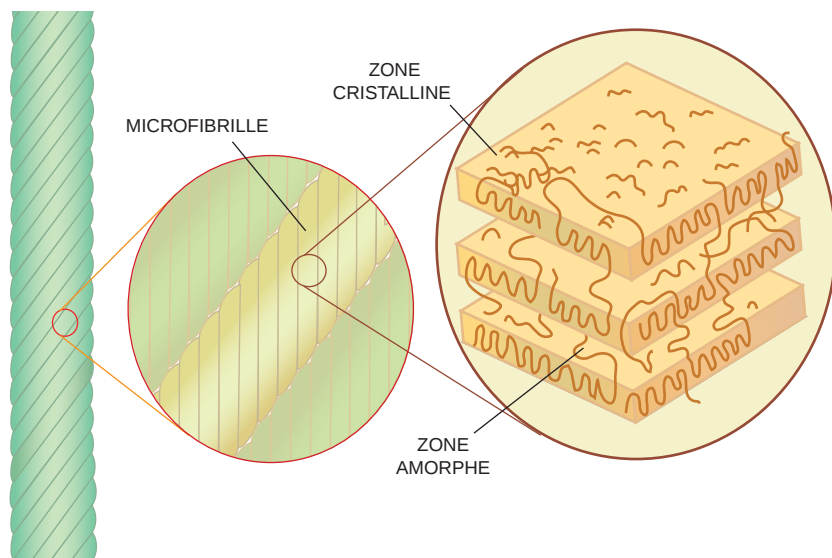
composé que du deuxième, et 50 pour cent de plus que du troisième : plus le colorant est hydrophobe, mieux il se fixe sur la fibre, et mieux il résiste au lavage (la couleur est peu modifiée).

Les colorants hydrophobes ont également l'intérêt de mieux satisfaire les législations sur la pollution imposées depuis 20 ans : plus un colorant est hydrophobe, plus le rendement de teinture est élevé, et moins la rivière est colorée. En revanche, plus le colorant

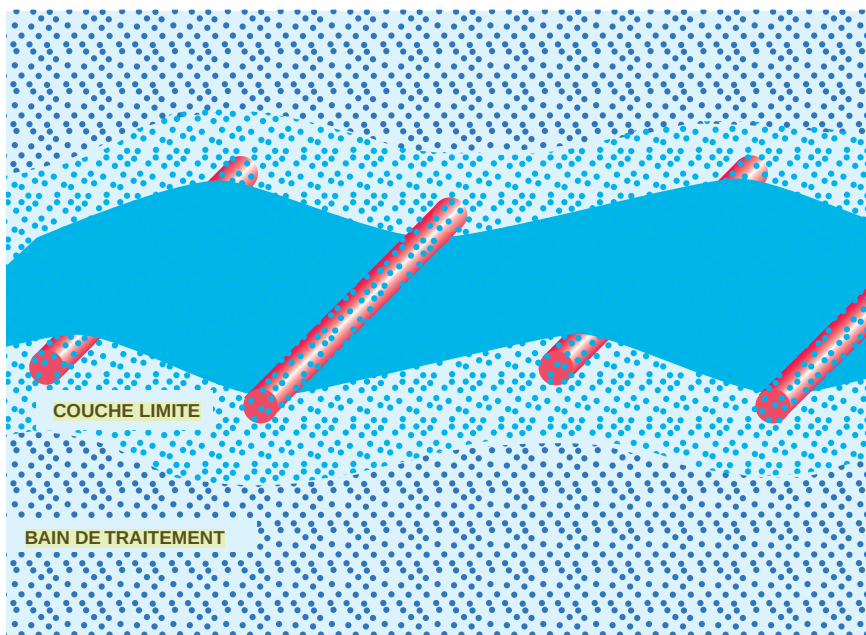
est hydrophobe, et plus le risque de mauvais unisson est grand : le colorant risque de ne pas se répartir également sur le tissu s'il se fixe de façon irréversible dès qu'il vient au contact de la surface ; comme la fibre n'est pas saturée en colorant, la teinte n'est pas uniforme. De surcroît, comme l'époque où l'eau était gratuite et l'énergie peu coûteuse est révolue, on économise l'eau. Enfin il existe une limite à l'hydrophobicité du colorant, qui est sa solubilité dans l'eau (quand il y est dissout et non en suspension). Ce problème est résolu par l'emploi de pompes doseuses, qui régularisent les concentrations en colorant dans le bain en cours de teinture (on dissolvait jadis tout le colorant au début du traitement, et le bain s'épuisait lentement, d'où des difficultés de reproduction des couleurs).

Les échanges entre le bain et le tissu

Il y a encore 30 ans, on teignait les tissus en les immergeant dans de grandes cuves où l'on agitait une solution du colorant. Toutefois le tissu n'entraînait ainsi en contact qu'avec la couche de liquide directement adjacente (voir la figure 3). On a compris que, pour teindre

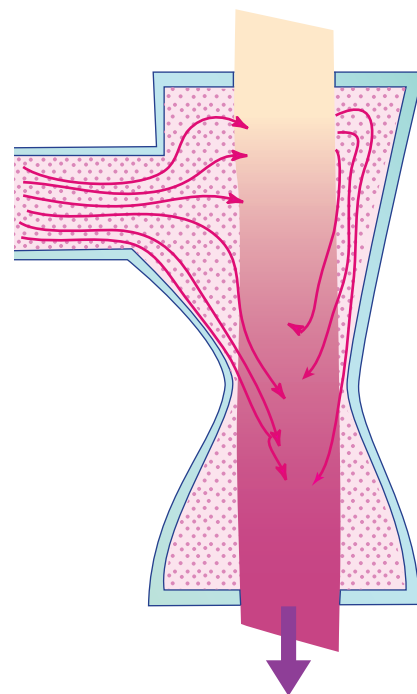


2. LES FIBRES sont composées par association de microfibrilles, lesquelles sont des alternances de zones où les macromolécules sont désordonnées (zones amorphes) et de zones cristallines où les macromolécules sont régulièrement arrangées (cet arrangement est grossi à droite).



3. DANS UNE SOLUTION d'un colorant, seul le colorant présent dans la couche limite, au contact immédiat du tissu, diffuse dans le tissu et le colore (à gauche). Pour que tout le colorant du bain participe à la teinture, on suce la solution colorante à travers le tissu

ou l'on fait passer le tissu (bande verticale, à droite) et la solution colorante dans un tuyau rétréci : la solution est alors plaquée contre le tissu, parce que la pression du liquide est réduite dans la zone rétrécie, où le liquide est accéléré au voisinage du tissu.



rapidement, on devait éviter cette «couche limite». De nombreuses techniques ont été inventées, tels le suçage du bain à travers le tissu ou le «jet» : on fait passer le tissu et la solution colorante dans un conduit rétréci ; l'accélération du liquide s'accompagne d'une réduction de la pression au voisinage du tissu – c'est la loi de Poiseuille – qui plaque la solution colorante contre le tissu.

On maîtrise alors la cinétique d'échange entre le colorant dans le bain et le colorant sur le tissu en réglant la circulation des fluides et les paramètres chimiques de l'opération. Ainsi, la température des bains détermine le coefficient de diffusion : à haute température, les molécules sont plus rapides et, donc, migrent plus vite entre les fibres et à l'intérieur d'elles.

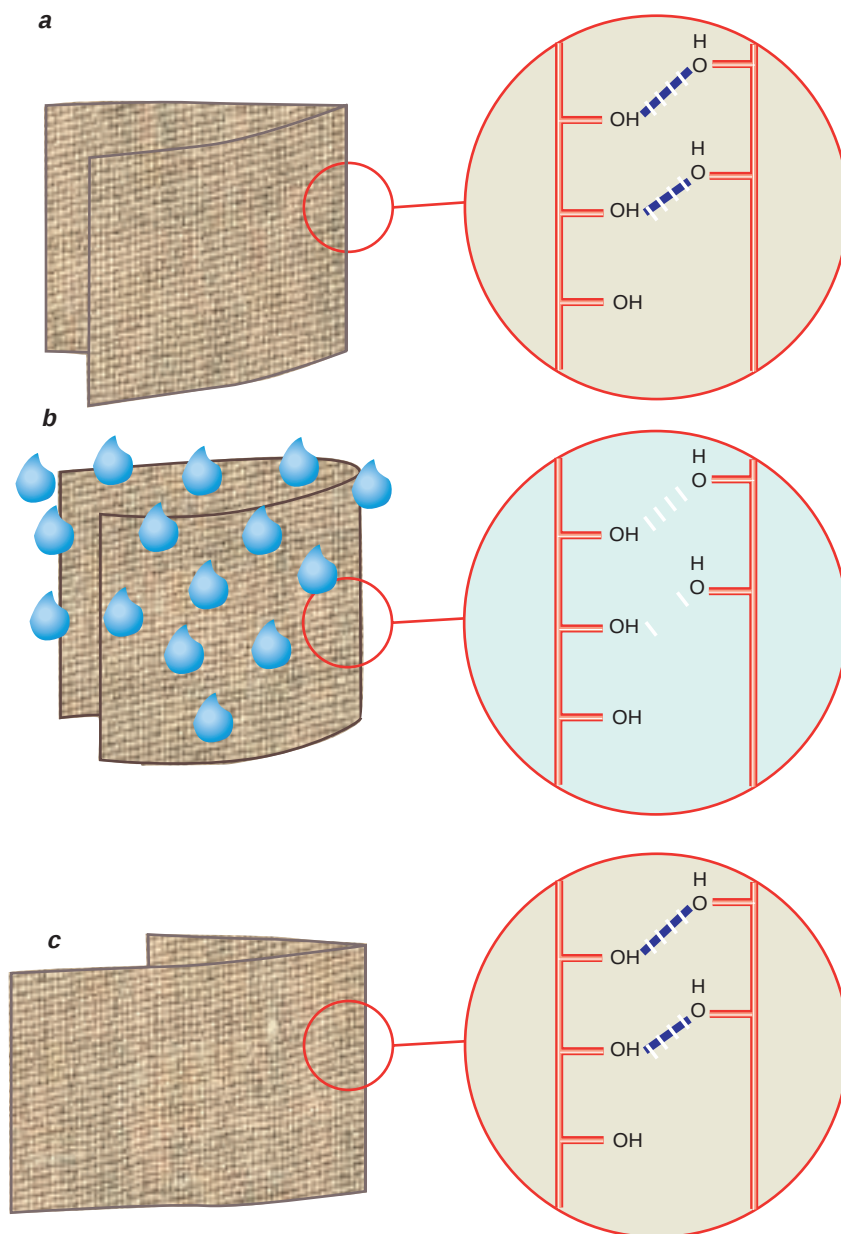
Toutefois la fixation du colorant sur la fibre correspond à la création de liaisons chimiques «hydrophobes» : l'énergie des molécules de colorant est inférieure quand ces molécules sont au contact du tissu que quand elles sont en solution dans le bain colorant. De ce fait, l'établissement des liaisons hydrophobes s'accompagne d'une libération de chaleur. Cette dernière est gênante, car elle réduit la quantité de colorant sur le tissu conformément au principe énoncé par le chimiste français Henry Le Chatelier : lorsqu'un système est en équilibre stable, toute modification de ses paramètres provoque un déplacement de l'équilibre qui s'oppose à la modification.

Par conséquent, si l'on chauffe une solution colorante, le système s'adapte de telle façon que l'échauffement soit réduit : moins de colorant se fixe. Pour colorer rapidement, on doit chauffer, mais pour colorer beaucoup, on doit ne pas trop chauffer.

Freins et accélérateurs de teinture

La mise au point d'agents d'unisson impose ainsi la prise en compte de nombreux phénomènes simultanés. Examinons, par exemple, la coloration de la laine par un colorant anionique. Un tel colorant a une molécule formée d'un gros groupe colorant négativement chargé et d'un petit ion positif. Par exemple, certains centres chromophores sont sulfonés, c'est-à-dire qu'ils sont liés à un groupe $-\text{SO}_3\text{Na}$, lequel se dissocie

en $-\text{SO}_3^-$ et Na^+ quand le solvant le permet (c'est le cas de l'eau). Or la laine porte des groupes amine $-\text{NH}_2$, qui, en milieu acide, se transforment en groupes chargés ammonium $-\text{NH}_3^+$, auxquels se lie fortement la partie négativement chargée du colorant. Pour ralentir la fixation du colorant et obtenir un meilleur unisson, on ajoute dans le bain de teinture un sel, tel le sulfate de sodium : beaucoup plus petit que le colorant, l'ion sulfate SO_4^{2-} se fixe sur les groupes ammonium de la laine beaucoup plus rapidement que le colorant (voir la figure 5).



4. LES PLIS DES TISSUS sont dus à l'établissement de liaisons hydrogène entre macromolécules voisines (a). Quand de tels tissus sont mouillés (b), ces liaisons sont rompues, puis rétablies au séchage, en d'autres sites (c). On évite ces modifications en saturant les groupes susceptibles d'établir des liaisons hydrogène.