



# LE COIN DU LABORATOIRE

## Modalités d'exploitation de la sciure de bois pour les modèles réduits à fond mobile

*English text, p. 385*

*Il peut s'avérer, pour certains modèles à fond mobile, que la sciure de bois est, du point de vue hydraulique, le matériau de fond le mieux adapté au problème. Sa mise en œuvre, du point de vue pratique, présente des avantages (approvisionnement facile, prix de revient peu élevé) et des inconvénients (elle fait la « soupe »; elle se conserve mal). — Présentation de l'expérience acquise quant aux traitements susceptibles de donner à la sciure de bois les qualités qui lui manquent.*

La conception, le réglage et l'interprétation d'un modèle sont déjà semés d'embûches lorsque l'eau est seule en cause; lorsque l'ingénieur, plus ambitieux, se propose de pénétrer le mécanisme de certains mouvements de fond, en rivières, dans un estuaire, dans un port, les difficultés auxquelles il se heurte se multiplient, s'amplifient dans d'immenses proportions. Il ne saurait être question, dans le cadre de cet article, et dans le cadre du Coin du Laboratoire de *la Houille Blanche*, de traiter ne serait-ce qu'un seul des aspects techniques et théoriques de ce problème. Il ne saurait être question par exemple de discuter le choix du matériau et de sa granulométrie, problème fondamental dont la solution dépend d'une multitude de facteurs à

examiner minutieusement dans chaque cas particulier. Notre objectif est à la fois beaucoup plus modeste et beaucoup plus pratique : nous supposons qu'à la suite de toute une série de considérations théoriques ou d'observations expérimentales, on ait reconnu la sciure de bois comme étant le matériau de fond le mieux à même de reproduire fidèlement les conditions naturelles. Or, du seul point de vue pratique envisagé ici, une longue expérience de la sciure nous a montré que si son exploitation présentait des avantages très précieux (prix de revient, facilité d'approvisionnement entre autres), elle soulevait par contre certaines difficultés génératrices de bien des pertes de temps et de bien des tâtonnements que nous serions heureux

d'éviter dans la mesure du possible aux ingénieurs se trouvant amenés, pour des raisons hydrauliques, à choisir ce matériau.

La sciure se présente sous forme de fragments de fibres de bois déchiquetés et assez irréguliers. Une fois plongée dans l'eau, elle flotte d'abord, puis se gonfle d'eau et coule. Elle se rassemble ensuite pour constituer une sorte de « soupe » assez épaisse dont le comportement hydraulique est, d'une façon générale, inacceptable. De plus, elle pourrait rapidement, prenant une teinte verte bien caractéristique et dégageant une odeur assez désagréable. Dans la plupart des cas — en fait dans tous ceux que nous avons eu à traiter — l'utilisation directe de la sciure est par conséquent pratiquement impossible. Il convient donc de la sélectionner assez sévèrement, puis de lui faire subir un traitement susceptible de lui donner les qualités hydrauliques et physiques qui lui manquent.

### I. — Sélection de la sciure de bois

Avant d'exiger de la sciure, ou de lui procurer un comportement déterminé, il est évidemment indispensable de définir, de façon assez précise, certains indices de qualité.

La *densité apparente* caractérise la sciure sèche : c'est le rapport du poids de la sciure au volume qu'elle occupe y compris les vides entre particules.

Du point de vue hydraulique, il faut définir une autre densité que l'on pourrait appeler : « *densité humide* ». Cette notion se rapporte à une sciure immergée depuis longtemps. Après évacuation de l'eau suivant un processus type, chaque grain reste mouillé. Poids et volume sont alors mesurés comme précédemment.

Enfin, le comportement du matériau dans le modèle est étroitement lié à sa capacité de *tassement*. Le tassement de la sciure peut être défini, comme en mécanique des sols, au moyen de l'affaissement provoqué par une charge croissante répartie sur une certaine zone de sa surface. La courbe tassement-charge tend vers une asymptote; sa forme peut être plus ou moins affectée par les divers traitements subis par la sciure.

Outre ses caractéristiques physiques, *l'origine* de la sciure, son « pedigree » pourrait-on dire, constitue un renseignement extrêmement important, dont il convient de tenir compte très soigneusement. En ce qui concerne l'essence du bois d'abord, nous avons utilisé le plus souvent la sciure de sapins (« *Picea excelsa* » ou « *Abies peclinata* »). Il ne semble pas que la nature du terrain joue un grand rôle, bien que les bois

venus lentement en terrain rocheux soient généralement plus serrés que ceux venus en bonne terre.

*Le mode de sciage* intervient lui aussi évidemment. Alors que l'emploi des scies à ruban se généralise de plus en plus, celui de la scie circulaire tend à se cantonner dans des installations anciennes ou des chantiers de montagne. Or, la scie à ruban présente généralement une voie beaucoup plus étroite qui donne des sciures dont une proportion importante est en deçà de la gamme granulométrique exigée par le modèle. Les sciures provenant de scies circulaires à voie plus large semblent présenter de ce point de vue une granulométrie beaucoup plus satisfaisante. Enfin, l'expérience paraît montrer que les dentures à crochets donnent de meilleurs résultats que les dentures droites, qu'il s'agisse de scies à ruban ou circulaires.

La *granulométrie* du matériau enfin joue un rôle de tout premier plan; elle peut évidemment varier d'un modèle à l'autre, mais dans chaque cas elle doit être choisie minutieusement et déterminée aussi bien que possible. A titre d'exemple, notre modèle de l'estuaire de la Seine (échelles : 1/800 en plan, 1/100 en hauteur) fonctionne avec une sciure dont la granulométrie est comprise entre 0 et 3 mm. Le contrôle de la granulométrie exige naturellement un tamisage que nous exécutons au tamis vibrant. Les scies du type ci-dessus nous donnent environ 50 % de sciure utilisable pour la granulométrie indiquée.

### II. — Préparation de la sciure de bois

Comme nous l'avons déjà mentionné, la sciure ainsi sélectionnée reste généralement impropre à une utilisation directe sur le modèle. Son comportement hydraulique est défectueux. L'opération du *chaulage* qui lui est imposée a pour but de remédier à cet inconvénient. Le traitement consiste à brûler légèrement la sciure par la transformation exothermique de la chaux vive en chaux éteinte. Les particules de sciure ainsi brûlées ont alors beaucoup moins tendance à s'agglomérer et à former cette sorte de pâte, de magma, presque toujours assez mal adaptée à la représentation fidèle d'un fond mobile, tel que l'on en rencontre dans la nature. Après chaulage, les particules prennent un aspect plus « sec » et acquièrent une certaine individualité. Les opérations se déroulent de la façon suivante : on réalise un mélange intime de chaux vive et de sciure à raison de 1 kg de chaux vive pour environ 120 litres de sciure. On arrose le tout avec de l'eau tout en brassant assez énergiquement. Au bout de quelques minutes, on voit la sciure



FIG. 1.

La réalisation du mélange chaux-sciure.

prendre une teinte plus foncée : on la lave alors dans un bassin, sans renouveler l'eau, en « écrémant » la mousse très abondante et tout à fait caractéristique qui se produit. Cette opération peut être conduite d'autant plus rapidement que l'on réussit à accélérer l'élimination de la mousse grâce à un brassage énergique, obtenu par exemple en faisant circuler le mélange en circuit fermé à l'aide d'une pompe (fig. 2). Lorsqu'il n'y a plus de mousse, on décante soigneusement la sciure si elle doit être utilisée immédiatement. Dans le cas contraire, on la stocke dans le bain sans renouveler l'eau.

Pour le traitement de tonnages importants, les opérations sont grandement facilitées par l'emploi d'une bétonnière.

### III. — Conservation de la sciure

La sciure ainsi chaulée est, dans une certaine mesure, protégée contre la fermentation. Malheureusement, cette protection est loin d'être

parfaite. De plus, sa durée semble assez limitée. Au bout d'un temps plus ou moins long, fonction en particulier de la température et de la rapidité de circulation dans le modèle, le processus de la pourriture se développe, et le matériau peut rapidement devenir inutilisable.

Pour illustrer ce fait, nous ne pouvons mieux faire que préciser le comportement de la sciure traitée sur les deux principaux modèles que nous exploitons avec de la sciure de bois. Sur le modèle de la Medjerdah (Tunisie), des débits solides importants assurent au matériau une circulation suffisamment rapide pour que, après quatre ans, il demeure épargné par la fermentation, du moins en ce qui concerne les particules soumises au transport solide.

Dans le modèle de l'estuaire de la Seine, beaucoup plus lent, la sciure devient rapidement inutilisable, en l'absence de précautions supplémentaires.

On pourrait évidemment envisager de renouveler fréquemment le matériau. Mais d'une part on renonce ainsi à l'une des qualités pratiques fort intéressantes de la sciure : son prix de revient peu élevé (un modèle comme celui de la Medjerdah contient environ 40 m<sup>3</sup> de sciure de bois); d'autre part, et surtout, l'exploitation de tels modèles, déjà très laborieuse, se trouverait considérablement compliquée par la nécessité de se livrer périodiquement au remplacement de tout le matériau de fond : c'est en fait le réglage



FIG. 2.

Un brassage énergique du mélange accélère l'élimination de la « mousse ».

du modèle dans son ensemble qui, chaque fois, se trouverait à reprendre quasi entièrement.

C'est ainsi que l'on se trouve conduit, pour conserver le même matériau, à adopter des anti-forments. Les produits de ce genre ne manquent certes pas : xylophène, chloracétaldéhyde, etc., donnent des résultats excellents, mais leur coût élevé en interdit l'utilisation. Douée d'une efficacité à peu près équivalente, l'aldéhyde formique coûte bien moins cher. Par contre, elle peut présenter des inconvénients pour le personnel et demande à être utilisée avec précaution. Sur le modèle de la Seine, par exemple, l'aldéhyde formique a été employée avec succès : depuis novembre 1951, la sciure y est conservée en bon état, mais on veille à ce que la concentration d'aldéhyde formique ne descende pas en dessous de 0,3 % du poids total de l'eau du modèle.

#### IV. — Conclusion

Les quelques considérations qui précèdent ne constituent en aucune façon un plaidoyer en faveur de la sciure de bois comme matériau pour les modèles à fond mobile. Chacun sait qu'avant

de mettre au point les modalités d'exploitation d'un matériau, l'ingénieur doit choisir ce matériau parmi la gamme très large non seulement de ceux qui ont effectivement été employés (sables, charbons, ponce, pouzzolanes, plastiques pulvérisés, etc., etc.), mais aussi de tous ceux que peut lui suggérer son imagination ou son ingéniosité suivant le problème qui lui est posé, ou les conditions particulières dans lesquelles il se trouve placé.

Si, pour des raisons hydrauliques, la sciure de bois semble pouvoir répondre à ses désirs, les difficultés auxquelles se heurte sa mise en œuvre (comportement hydraulique assez défectueux à l'état naturel et tendance à pourrir) ne doivent pas décourager l'utilisateur et lui faire renoncer à d'autres avantages (facilités d'approvisionnement et prix de revient assez faibles) qui, pour être purement pratiques, n'en sont pas moins fort précieux. C'est ce qui ressort en tout cas de notre propre expérience, dont nous sommes heureux de pouvoir faire bénéficier les autres Laboratoires d'Hydraulique. De tels échanges nous semblent, quant à nous, particulièrement fructueux.

LABORATOIRE DAUPHINOIS D'HYDRAULIQUE.  
Neyric - Grenoble.



**LABORATORY PRACTICE**

## Methods of using sawdust for moving bottom scale models

*From a hydraulic point of view and for some movable bed models, sawdust may prove to be the most satisfactory bottom material. Practically speaking, sawdust has some advantages (ease of supply, low cost price) and some disadvantages (it makes a "soup"; it is not easily preserved). This article describes the treatments which can be applied to give sawdust the qualities it lacks.*

*Texte français, p. 381*

*See French text, p. 383 for illustrations*

Difficulties in conception, regulation and interpretation of a model are already formidable in cases where water only is concerned, but when engineers, being more ambitious, set themselves the task of penetrating the mechanics of certain movements of bottoms in rivers, estuaries and ports, they come against difficulties which multiply and increase to immense proportions. Within the scope of this article and of the Laboratory Practice section of *la Houille Blanche*, there is no question of dealing with any of the technical and theoretical aspects of this problem. There will, for example, be no discussion of the choice of the material and its granulometric measurement; this is a fundamental problem and its solution depends on many factors which must be carefully considered in each particular case. Our objective is both much less ambitious and much more practicable: we will suppose that, after a whole series of theoretical considerations or experimental observations, sawdust has been recognized as the bottom material best suited to the accurate reproduction of the natural conditions. However, from the practical point of view considered here, long experience of sawdust has shown us that although it has some valuable advantages (cost and availability, among others), it also raises some difficulties, involving loss of time and effort, which we should be glad to eliminate, as far as possible, for those engineers who, for hydraulic reasons, are obliged to use this material.

Sawdust consists of cut-up, fairly irregular fragments of wood fibre. It floats when first placed in water, then becomes saturated and sinks. It then

concentrates to form a kind of thick "soup" which generally behaves in an unsatisfactory manner from a hydraulic point of view. In addition, it decays rapidly, becoming a quite characteristic green and giving off an unpleasant odour. As a result of this, in most cases and, in fact, in all those we have experienced, direct use of sawdust is practically impossible. It is therefore necessary to choose it fairly carefully and then to subject the material to a treatment which will endow it with the hydraulic and physical qualities which are lacking.

### I. — Choosing the sawdust

Before choosing or treating the sawdust, it is obviously essential to make a fairly precise definition of quality criteria.

The *apparent density* distinguishes dry sawdust; it is the relation of weight of the sawdust to the volume it occupies, including the spaces between particles.

It is necessary, from a hydraulic point of view, to define another density which could be called "*wet density*". This idea concerns sawdust which has been immersed for a long time. When the water has been drained off by a standard process, each grain remains wet and both weight and volume are then measured in the same way as before.

Behaviour of the material in the model is, in

fact, closely related to its *settling* capacity. As in soil mechanics, settling of sawdust can be defined by means of the subsidence caused by an increasing pressure distributed over a certain area of its surface. The settlement load curve approaches an asymptote; its shape may be more or less affected by the various treatments applied to the sawdust.

Apart from its physical characteristics, the *origin* of the sawdust, or its pedigree as one might call it, constitutes an extremely important point which should be very carefully considered. Firstly, as far as concerns the type of wood, pine sawdust (" *pinus excelsa* " or " *abies pectinata* ") was the most frequently used in the Neyrpic Laboratory. The nature of the ground does not seem to play a large part although wood grown slowly on rocky ground is generally closer grained than wood coming from good quality land.

The *sawing method* used is also obviously important. While band saws are becoming more and more common, circular saws tend to be confined to old installations or mountain sawmills. Nevertheless, the band saw generally has a much narrower set which produces a large proportion of sawdust of which the size range is lower than model requirements. Sawdust resulting from use of circular saws of large set appears to be much more satisfactory from the granulometric point of view. Finally, experience seems to show that hook-teeth give better results than straight teeth, whether a band or circular saw is employed.

The *granulometry* of the material is of the utmost importance; obviously it may vary from one model to another, but in every case it must be chosen scrupulously and must be as well determined as possible. As an example, our study model of the Seine estuary (scales = 1/800 horizontal, 1/100 vertical) operates with sawdust having between 0 and 3 mm grain size. The check kept on grain size naturally entails screening, which is carried out in the Neyrpic Laboratory with a vibrating screen. About 50 % of the sawdust produced by the saws mentioned above is within the given granulometric range.

## II. — Preparation of sawdust

As already mentioned, sawdust selected in this way generally remains unsuitable for direct use on the model. Its hydraulic behaviour is defective. The *liming* process applied to it removes this inconvenience. The treatment consists of burning the sawdust slightly by the exothermic transformation of quicklime into slaked lime. Sawdust particles burnt in this way have much less tendency to agglomerate and to form a kind of paste or magma which is nearly always ill-suited to the correct representation of a moving bottom found under natural conditions. After liming, the particles assume a " drier " appearance and acquire a certain individuality. The operation is carried out as follows : 1 kg of quicklime is added to about 120 litres of sawdust and the two are thoroughly mixed.

Water is then added while stirring the mixture vigorously. After a few minutes, the sawdust becomes a darker colour; it is then washed in a basin, without changing the water but skimming off the very abundant and quite characteristic foam which is produced. The quickest way of carrying out this operation is to accelerate foam formation by subjecting the mixture to violent agitation by, for instance, pumping it through a closed circuit (fig. 2).

When no foam remains, the water is poured off if the sawdust is to be used immediately; if not, it is stored in the basin without changing the water. When a large tonnage is to be treated, a concrete-mixer will greatly simplify the operation.

## III. — Preservation of the sawdust

Sawdust which has been limed in this manner is, to some extent, protected against fermentation. Unfortunately, this protection is far from being perfect and, in addition, it does not last very long. After a more or less long period (which depends on the temperature and the speed of circulation in the model), the process of decomposition develops and the material rapidly becomes quite unusable.

As an illustration of this fact, we cannot do better than describe the behaviour of the treated sawdust used on the two principal models operated using this material. On the Medjerdah River (Tunisia) model, high solid discharges cause the material to circulate at a sufficiently rapid speed for it not to have been attacked by fermentation after 4 years of use, at least insofar as those particles subjected to solid transport are concerned.

In the much slower Seine estuary model, sawdust rapidly becomes unusable unless some special precautions are taken.

The material could obviously be renewed frequently but, in the first place, this would nullify one of the principal qualities of sawdust : its' low price (a model like that of the Medjerdah uses about 40 m<sup>3</sup> of sawdust) and, in the second place, use of these models, which is already very laborious, would become yet more complicated by the need for periodical replacement of the bottom material. In fact, the whole model would have to be almost entirely re-adjusted each time.

For these reasons, antifermenters are used so that the same material may be conserved. Products of this nature are certainly not lacking : xylophène, chloracetaldehyde, etc. give excellent results but their cost is prohibitive. Formaldehyde, which has a roughly equivalent effect, is much less expensive. As opposed to this, it may cause some inconvenience to those handling it and care is necessary. For example, formaldehyde has been used with success on the Seine model. Since November 1951, the sawdust on this model has been kept in good condition but the concentration of formaldehyde has not been allowed to drop below 0.3 % of the total weight of water in the model.

#### IV. — Conclusion

The few preceding remarks do not in any way constitute a plea in favour of sawdust as a material for moving bottom models. It is well known that, before preparing the methods of use of a material, the engineer must choose this material from a very wide range; the latter encompasses not only those substances which have already been used (sand, coal, pumice, pozzuolana, powdered plastic, etc.), but also all those suggested by his imagination or ingenuity when he considers his problem, or the particular conditions prevailing.

If, for hydraulic reasons, sawdust seems to fulfil his requirements, the difficulties arising in its application (hydraulic behaviour somewhat defective to the natural condition, and tendency to decay) should not discourage the user and make him discard the compensating advantages (ease of supply and fairly low cost) which, from a purely practical point of view, are no less valuable. This has been our own experience, which we are now glad to pass on for the benefit of other hydraulics laboratories. It seems to us that such exchanges of information are of particular benefit to all concerned.

LABORATOIRE DAUPHINOIS D'HYDRAULIQUE.  
Neyric - Grenoble.

