

**Objet**

La sédimentation a pour objet de laisser se déposer le floc décantable et, par conséquent, de diminuer la concentration des solides en suspension qu'il faudra retenir par filtration. Les bassins utilisés à cette fin ne doivent pas être considérés comme des bassins de coagulation, car coagulation et floculation doivent l'une et l'autre être achevées dans des bassins de floculation.

**Principes**

L'eau ne traverse pas les bassins en écoulement homogène mais au contraire assez irrégulier. L'état d'un bassin d'écoulement est donc très différent de celui d'un bac de sédimentation calme: l'objectif est de réaliser des conditions telles que l'écoulement soit aussi uniforme que possible pendant une période assez longue pour permettre le dépôt de la plus grande quantité de matières solides décantables, avant que l'eau parvienne à l'orifice de sortie.

Or la sédimentation dépend de nombreux facteurs: *a)* la dimension, la forme et le poids du floc; *b)* la viscosité et, par conséquent, la température de l'eau; *c)* la période moyenne utile de sédimentation; *d)* la profondeur utile des bassins; *e)* la surface des bassins; *f)* la vitesse de débordement; *g)* la vitesse d'écoulement; *h)* la conception des ouvertures d'entrée et de sortie des eaux. Chacun de ces facteurs pose des problèmes de calcul et d'exploitation. La théorie de la décantation est complexe et de peu de secours, parce que le floc n'est pas uniforme, en sorte qu'il est impossible de déterminer quantitativement ses propriétés de sédimentation et que d'autre part l'influence des courants turbulents est imprévisible. Aussi l'étude de ces six facteurs en rapport avec la conception et l'exploitation repose-t-elle sur des bases largement empiriques.

### Caractéristiques du floc

Le floc est caractérisé par l'importance de son volume par rapport à son poids, même si une bonne partie de ce volume est occupée par de l'eau. Le floc ne sédimente donc pas aussi rapidement qu'un solide de même poids mais plus dense, c'est-à-dire de volume et de surface moindres. C'est une des raisons pour lesquelles on s'efforce d'obtenir par floculation des floes fermes et compacts plutôt que floconneux. Les floes bien formés doivent décanter beaucoup plus vite que les sédiments dans les bassins classiques. On utilise, par exemple, une vitesse de sédimentation de 0,75 m/h, soit 3 m en 4 h, valeur prudente, de manière à avoir une marge de sécurité pour les périodes de mauvaise coagulation et pour la sédimentation des floes légers dans les eaux froides. En aucun cas (voir plus loin), la vitesse de débordement ne doit excéder la moitié de la vitesse de sédimentation; le point essentiel est donc d'obtenir la production d'un floc qui tombe rapidement.

### Viscosité de l'eau

La viscosité de l'eau influe notablement sur la vitesse de sédimentation. A 30°C, par exemple, cette vitesse est 2,3 fois plus grande qu'à 0°C. Les bassins de sédimentation destinés aux eaux froides doivent donc être conçus en fonction de cette caractéristique, dont on n'a peut-être pas suffisamment tenu compte dans les usines existantes. Cela expliquerait qu'il faille souvent traiter les eaux froides à la silice activée pour augmenter la densité du floc et assurer sa sédimentation dans les conditions de traitement prévues.

### Période moyenne utile de décantation

La « durée de rétention » d'un bassin s'entend du temps nécessaire pour remplir ce bassin au débit normal d'alimentation; par exemple pour un bassin de 100 m<sup>3</sup>, elle sera de 4 h si le débit d'alimentation est de 25 m<sup>3</sup>/h. Toutefois, comme on l'a déjà indiqué, l'eau ne se déplace pas en masse uniforme, mais en un courant qui remue l'eau du bassin et produit des courants et des tourbillons complexes. Ce phénomène peut être mis en évidence par addition, pendant un temps bref, d'un colorant ou d'un sel dans le courant d'arrivée et observation de sa distribution dans le bassin. La durée de rétention correspond approximativement à la « durée de traversée observée du bassin », c'est-à-dire à la période moyenne utile de sédimentation. En fait, le rendement d'un bassin est égal au rapport de la durée de traversée à la durée de rétention théorique, ou « efficacité du déplacement »:

$$\text{Efficacité de déplacement} = \frac{\text{Durée de traversée}}{\text{Durée de rétention}} \times 100$$

Cette efficacité doit être supérieure à 30 %. La durée de traversée se mesure par la méthode décrite à la fin du présent chapitre, dans la section intitulée Contrôle de laboratoire.

### **Profondeur d'un bassin**

De la surface et de la profondeur d'un bassin dépendent sa capacité et, par conséquent, la durée de rétention. Mais la profondeur est bien moins importante que la surface. Le floc doit se séparer de l'eau courante avant que celle-ci atteigne la sortie du bassin. Etant donné que le floc devrait sédimenter à plus de 0,6 m/h, il pourrait théoriquement être extrait de l'eau en 1 h dans un bassin de 0,6 m de profondeur. Mais ce bassin devrait être continuellement débarrassé de ses boues, ce qui poserait des problèmes. Aussi, dans la pratique, adopte-t-on pour une durée de rétention de 4 h une profondeur de bassin d'environ 3 m au-dessus de la zone de sédimentation et de stockage. Pour les bassins à fond plat, on prévoit souvent une profondeur totale de 3,6 m.

### **Superficie des bassins**

Le rendement des bassins de sédimentation classiques à écoulement horizontal est d'autant meilleur que la surface relative est plus grande, c'est-à-dire quand la profondeur correspond au minimum indiqué ci-dessus et que la surface et la profondeur combinées assurent la durée de rétention nécessaire. Comme on l'a déjà dit, la profondeur n'est importante que dans la mesure où il faut réserver un certain espace pour le dépôt des boues et limiter la vitesse de circulation de l'eau qui les recouvre à une valeur insuffisante pour que ces boues soient entraînées. La surface du bassin intervient dans le rendement par l'intermédiaire de la vitesse de débordement qui ne dépend que de cette surface et de la vitesse d'écoulement.

### **Vitesse de débordement**

Elle est exprimée en unités de volume par unité de surface et par jour ou simplement en mètres par heure. Les normes établies sont fondées sur la vitesse de sédimentation du floc. Un floc dense et bien formé sédimente à environ 3 m/h. La vitesse de débordement ne doit pas excéder la moitié de cette valeur, soit 1,5 m/h, c'est-à-dire que le débit de sortie ne doit pas dépasser  $36 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{jour}$ , ce qui pour un bassin de 3 m de profondeur donne une durée de rétention de 2 h.

L'expérience a montré que ce débit maximal n'est satisfaisant que si la coagulation et la floculation sont bien réglées et si l'on utilise, lorsqu'il y a lieu, dans les eaux froides en particulier, des accélérateurs de coagulation,

augmentant le poids du floc. Dans la pratique, par conséquent, il faut ménager une marge de sécurité en adoptant des débits moindres; par exemple, une vitesse ascensionnelle de 0,75 m/h ou un débit superficiel de  $18 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{jour}$  assurent une durée de rétention de 4 h et une vitesse d'arrivée de l'eau dans les goulottes de sortie suffisamment faible pour que le floc fin ne risque pas d'être entraîné dans les filtres, à condition, toutefois, que la longueur de la goulotte de sortie soit choisie en conséquence.

### Bassins de sédimentation

Dans la conception des bassins de sédimentation il faut tenir compte de nombreux facteurs: forme et nombre des bassins, longueur, largeur, profondeur, vitesse d'écoulement, durée de rétention, volume prévu pour le dépôt des boues, méthode d'extraction de ces boues, dispositifs d'entrée et de sortie de l'eau, caractéristiques de coagulation de l'eau à traiter. Il convient de ne pas attacher trop d'importance à la durée de rétention théorique car ce sont les dispositifs d'entrée et de sortie de l'eau, le rapport entre la longueur et la largeur du bassin, et enfin la profondeur de celui-ci qui régissent la durée de traversée efficace moyenne, ordinairement très inférieure à la durée de rétention théorique. Les meilleurs résultats sont obtenus avec des bassins rectangulaires, longs et étroits, relativement peu profonds, munis d'un dispositif d'entrée de l'eau brute à une extrémité et d'un dispositif de sortie de l'eau traitée à l'autre, de telle manière que le sens du courant ne soit pas inversé. Toutefois, les principes généraux indiqués ici sont applicables aux bassins de diverses formes, et même aux bacs à écoulement radial ou circulaire.

Dans les bassins à circulation radiale, les volumes d'eau acheminés augmentent progressivement à partir du centre et, par conséquent, le débit par unité de surface diminue à mesure que l'eau est entraînée vers les goulottes de sortie périphériques. Cette disposition est favorable puisque la circulation de l'eau est particulièrement lente à proximité de la goulotte.

Mais dans les bassins cylindriques où les goulottes d'entrée et de sortie de l'eau sont aménagées pour ainsi dire « dos à dos » sur certains rayons choisis, la circulation n'est ni uniforme ni progressivement décroissante parce que l'eau introduite dans les déversoirs radiaux suit des trajectoires circulaires de longueur variable. Comme les bassins de ce type sont nombreux, le problème est d'y assurer une sédimentation aussi efficace que possible. On y est parvenu en les cloisonnant radialement à partir du centre soit sur une demi-longueur de rayon, soit jusqu'à la périphérie mais en perforant la moitié périphérique de la cloison. On peut également disposer ces cloisons de telle manière que l'eau passe alternativement au-dessous et au-dessus d'elles, réduisant ainsi à un minimum les possibilités de circulation en court-circuit à un niveau donné. On a pu, en utilisant une ou plusieurs de ces cloisons, améliorer le rendement des bassins.

Le coût de la construction des bassins circulaires de béton est relativement élevé et, lorsque la superficie de terrain nécessaire est importante, il faut prévoir plusieurs bassins. Aussi préfère-t-on généralement les bassins rectangulaires, auxquels s'appliquent plus particulièrement les indications données ci-après.

Les différents modèles brevetés de bassins à courant ascendant assurant le contact des solides en suspension dans l'eau brute avec le floc déjà formé sont très différents et feront l'objet d'une section distincte.

Deux bassins au minimum sont nécessaires pour assurer la continuité de fonctionnement pendant le curage de l'un d'eux.

La durée minimale de rétention doit être de 4 h; elle doit être basée sur la capacité maximale de l'installation, de manière à assurer une marge de sécurité pour les périodes de mauvaise floculation.

Les dimensions des bassins doivent être telles que la longueur soit au moins double de la largeur et de préférence supérieure. Une profondeur de 3 à 4,5 m permet au floc qui sédimente de parcourir une distance assez courte et de tomber au fond avant que l'eau atteigne la sortie du bassin. Comme il est indiqué ci-dessus, il faut prévoir un espace pour le dépôt des boues.

Les dispositifs d'entrée de l'eau brute doivent être conçus et leurs proportions calculées de telle manière qu'après floculation l'eau ne soit pas exagérément agitée par l'écoulement et la turbulence dans les déversoirs, ce qui risquerait de rompre le floc formé. Le canal amenant l'eau brute doit avoir des proportions assurant une vitesse n'excédant pas 0,45 m/s; il doit débiter derrière un déversoir noyé ou des chicanes perforées, ou encore à l'intérieur d'une canalisation perforée, de sorte que l'eau soit répartie aussi uniformément que possible sur toute la largeur de l'extrémité du bassin prévue pour l'arrivée de l'eau brute. A ces dispositifs, il faut ajouter un tranquillisateur ou un déflecteur, perforé d'ouvertures circulaires ou rectangulaires, laissant passer l'eau à une vitesse de 0,12 à 0,24 m/s, réduisant le plus possible les mouvements tourbillonnaires et favorisant une circulation uniforme dans tout le bassin. Pour obtenir ces vitesses, la surface totale des fentes doit être petite. On améliore l'écoulement à l'aide de fentes dont l'ouverture est obtenue au moyen de volets inclinés de 15° sur la direction de l'écoulement. En choisissant la vitesse inférieure, soit 0,12 m/s, lorsque les deux bassins fonctionnent, on évite que la vitesse n'excède la valeur supérieure, soit 0,24 m/s, lorsque seul un bassin est en service. Il est fréquent que les fentes soient réparties à des intervalles uniformes sur toute la hauteur ou les trois quarts supérieurs de la paroi. Plus récemment, on a construit des cloisons pleines en chicane sur les deux tiers supérieurs, de manière à orienter le courant d'eau brute vers le tiers inférieur. Mais ce dispositif n'empêche pas l'établissement de courants tourbillonnaires dans la partie inférieure du bassin et n'assure pas l'uniformité de l'écoulement sur toute la largeur du bassin. On peut cumuler les avantages des deux méthodes en plaçant les fentes dans les deux tiers médians de la chicane, ce qui permet d'éviter la circulation

superficielle en court-circuit cependant que la résistance à l'écoulement par les fentes répartit le flux sur toute la largeur du bassin. La paroi tranquillisatrice sera à une distance de 1 à 3 m de l'entrée de l'eau brute, selon les dimensions du bassin. Pour éviter les remous stationnaires, il faut aussi envisager de doter les grands bassins de plusieurs cloisons secondaires, perpendiculaires à la paroi tranquillisatrice et longues de 3 m environ.

Les déversoirs doivent occuper toute la largeur de l'extrémité de sortie du bassin et s'étendre latéralement sur une distance suffisante pour obtenir une longueur totale de déversement adéquate. Les déversoirs noyés ont longtemps été en faveur parce qu'ils évitaient la turbulence. Mais la tendance actuelle à l'aménagement de déversoirs très longs exige un meilleur déversement pour assurer l'uniformité d'écoulement dans les canaux ou conduites de collecte. On conseillait autrefois un débit maximal de 500 m<sup>3</sup>/jour et par mètre de longueur, mais pour l'exploitation courante, on préfère le réduire à 20 % ou 40 % de ce chiffre. Avec une série de petits seuils en V, profonds d'environ 6 cm, espacés de 15 à 30 cm, le déversement s'effectue de manière plus sûre qu'avec un déversoir plan, très long et à lame mince.

L'espace prévu pour le dépôt des boues sera fonction des caractéristiques de l'eau brute et de la dose moyenne de coagulant prévue.

En augmentant de 0,15 à 0,30 m la profondeur du bassin, on devrait obtenir un espace de dépôt suffisant pour les eaux colorées de turbidité moyenne; mais lorsque celle-ci est importante, il est préférable de prévoir 25 % du volume pour la sédimentation.

L'évacuation des boues se trouve facilitée si le fond est en pente (1 : 12) vers une rigole centrale, descendant elle-même vers une extrémité du bassin; mais le fond des bassins de petites dimensions peut être plat. Il faut également prévoir un dispositif permettant d'extraire les boues par jet d'eau.

La canalisation amenant l'eau décantée aux filtres doit avoir des proportions telles que la vitesse soit maintenue à moins de 0,4 m/s, et les coudes doivent être conçus de manière à éviter toute turbulence qui aurait tendance à briser le floc subsistant dans l'eau décantée.

Initialement, c'est pour prévenir la formation de glace que les bassins ont été couverts, mais ce dispositif présente aussi l'avantage d'exclure la lumière et, par conséquent, d'empêcher la croissance des algues sur les parois.

Les bassins sont calculés en fonction des facteurs suivants: *a*) quantité d'eau à traiter; *b*) durée de rétention souhaitée; *c*) vitesse de débordement choisie. La figure 3 facilite la détermination des dimensions que doivent avoir les bassins de sédimentation. En supposant, par exemple, qu'on projette une usine de filtration capable de traiter 3780 m<sup>3</sup>/jour et qu'on ait choisi une durée de rétention de 4 h et une vitesse de débordement de 18,3 m<sup>3</sup>/jour × m<sup>2</sup>, la vitesse ascensionnelle serait approximativement de 0,75 m/h. A partir du débit et de la durée de rétention, le nomogramme conduit à un volume d'environ 625 m<sup>3</sup>. La vitesse de débordement et la



vitesse d'écoulement donnent une surface de 206 m<sup>2</sup>. La durée de rétention et la vitesse de débordement donnent une profondeur d'environ 3 m pour la partie des bassins située *au-dessus* de la portion de dépôt des boues. Les 25 % prévus pour ce dépôt représentent environ 0,6 m, en sorte que les bassins utilisés dans cet exemple auraient une profondeur totale de 3,6 m. Considérant qu'il faut au minimum deux bassins et que la longueur de chacun d'eux doit être de 2 à 3 fois sa largeur, la surface totale de 206 m<sup>2</sup> serait répartie entre deux bassins d'environ 103 m<sup>2</sup> chacun. Une longueur de 16,8 m et une largeur de 6 m donneraient une surface de 101 m<sup>2</sup> et un rapport longueur/largeur d'environ 2,8 : 1. La largeur totale de 10 m pour les deux bassins conduit, d'après le nomogramme, à un débit de déversement de 12 m<sup>3</sup>/h × m, ce qui est acceptable. Mais on peut réduire la vitesse d'arrivée de l'eau en utilisant un déversoir à deux lames, à 1-1,5 m de la sortie du bassin, ce qui double la longueur du déversoir, la portant à 24 m, et donne un débit de déversement de 6 m<sup>3</sup>/h × m.

### Exploitation et surveillance

L'exploitation des bassins de sédimentation construits conformément aux principes énoncés ci-dessus et qui reçoivent des eaux bien floclées est extrêmement simple. Le bassin de sédimentation ne peut pas remédier à une mauvaise flocculation, mais si sa capacité est importante et si la durée de rétention a été calculée compte tenu des cas de flocculation retardée, l'opérateur se trouve en mesure d'ajuster les doses de coagulant. Les méthodes résumées ci-après renseignent sur l'application des mesures correctives éventuellement nécessaires.

### Chicanes et tranquillisateurs

Beaucoup de bassins sont dépourvus de dispositif assurant une répartition uniforme de l'eau arrivant après flocculation, par exemple une canalisation dotée d'ouvertures sur toute la longueur du bassin. C'est une lacune grave, car toute vitesse d'arrivée assez élevée tend à briser le floc convenablement formé, à provoquer des courts-circuits ou des tourbillons. On peut installer une chicane transversale pour calmer le courant arrivant dans le bassin, mais la meilleure méthode consiste à associer à cette chicane un tranquillisateur placé à 3 m environ de l'entrée. Comme il est indiqué précédemment, on peut tempérer les courants superficiels et diminuer les risques d'entraînement de boues en disposant les fentes dans le tiers médian des tranquillisateurs.

Dotées d'ouvertures trop grandes, les cloisons n'opposent pas une résistance suffisante pour diminuer les courants tourbillonnaires et assurer une répartition uniforme de la circulation d'eau; munies de fentes trop petites, elles suscitent un effet de jet contraire aux fins recherchées. Comme cela a

été indiqué, des résultats satisfaisants ont été obtenus avec des ouvertures qui totalisent une surface telle que la vitesse moyenne soit de 0,12-0,25 m/s. Il est conseillé d'adopter la plus faible de ces deux valeurs car elle donnera un taux maximal n'excédant pas 0,24 m/s lorsque toute la circulation devra passer par un seul bassin pendant les périodes de nettoyage de l'autre. Reprenons l'exemple des deux bassins mentionnés plus haut: avec un débit total de 4000 m<sup>3</sup>/jour, une largeur de 6 m, et une profondeur de 3,6 m à l'entrée, les tranquillisateurs auraient 6 m de large sur 3,8 m de hauteur, ce qui laisse un franc-bord de 0,15 m. Un débit de 4000 m<sup>3</sup>/jour équivaut à 46,3 l/s. Pour une vitesse de 0,12 m/s, la surface totale des ouvertures devrait être de 3900 cm<sup>2</sup>. Cette surface pourrait être divisée en 70 ouvertures, soit 35 par bassin, d'une superficie d'environ 56 cm<sup>2</sup> chacune, disposées en deux rangées de 12 et une rangée de 11. La rangée inférieure serait placée à un tiers de la hauteur de la cloison à partir du fond, c'est-à-dire à 1,2 m; les autres rangées seraient respectivement placées à 1,5 et 1,8 m au-dessus du fond.

Dans les installations modernes, les tranquillisateurs sont habituellement en béton; mais comme ils ne supportent qu'une très faible charge, ils peuvent être construits en bois. Des planches de 30 cm de large, de 5 cm d'épaisseur et de 3 m de longueur sont utilisables dans les bassins de petites dimensions mentionnés ci-dessus. Elles seraient placées de chant et soutenues à leurs extrémités par des montants de 15 cm × 15 cm. Pour faire les perforations, on découperait, sur les bords des planches, des entailles rectangulaires d'environ 5 cm de profondeur et de 11 cm de longueur, commençant à 0,3 m de chaque côté de la cloison et espacées de 0,45 m.

### Chicanes spéciales

Beaucoup de bassins actuellement en usage ont des cloisons centrales autour desquelles l'eau tourne de 180° avant d'être entraînée vers les déversoirs situés du même côté que les dispositifs d'entrée. Cet aménagement présente l'avantage d'éviter les longues conduites d'évacuation, mais l'inversion de la circulation crée des mouvements tourbillonnaires ou des contre-courants et des zones mortes à circulation très ralentie. Pour suivre la trajectoire générale de l'eau dans ces bassins, il suffit d'y plonger des flotteurs. On en construit facilement en fixant en croix deux tôles de 120 cm × 60 cm chacune, et pliées médialement à angle droit, à l'extrémité d'une perche de 5 cm × 5 cm de section et de 2 m de long environ convenablement lestée pour que le tout émerge de 45 cm environ verticalement. Le flotteur suit les courants à la profondeur des ailettes métalliques plutôt que les courants superficiels; il n'est guère influencé par les vents.

Grâce à ces dispositifs, on a observé que la circulation de l'eau tend à se limiter à un courant en circuit fermé au voisinage de l'extrémité de la cloison, et que l'eau des coins du bassin reste immobile. On peut remédier à cette

situation en installant dans la première moitié du bassin une chicane spéciale de bois, octogonale, à l'extrémité de la cloison centrale. En longueur, cette chicane doit avoir 20 % environ de la largeur de la première moitié du bassin. Elle sert à diriger le courant vers le coin des zones mortes du bassin. L'observation des trajectoires suivies par les flotteurs peut d'ailleurs suggérer d'autres dispositifs.

### **Déversoirs de sortie**

Parmi les défauts le plus fréquemment relevés dans les bassins de sédimentation actuellement en usage, il convient de citer ceux des déversoirs de sortie. Beaucoup d'installations ont été construites pour obtenir un débit de déversement de 20 m<sup>3</sup>/h ou plus par mètre de longueur du déversoir. La vitesse d'arrivée de l'eau décantée est alors élevée, si bien que le floc non décanté est entraîné par-dessus les déversoirs. On peut ramener la vitesse de déversement à 5-10 m<sup>3</sup>/h par mètre dans les bassins existants; il suffit d'aménager des canaux ou des goulottes de bois à 1,8 m environ des points d'issue des bassins, en prévoyant à chaque extrémité de la goulotte la hauteur voulue pour obtenir le déversement souhaité. Ce faible débit requiert que les déversoirs soient horizontaux pour assurer la distribution de l'eau sur toute leur longueur. La répartition est facilitée par des seuils en V de 90°, espacés d'environ 15 cm et d'une profondeur de 5 cm.

S'il est impossible, pour des raisons techniques, d'installer des déversoirs à double bord verseur, on peut allonger le déversoir existant en installant perpendiculairement à lui et de chaque côté du bassin des goulottes de bois débitant l'eau dans les canaux d'évacuation préexistants. La longueur de ces déversoirs ne doit pas excéder 20 à 30 % de la longueur latérale du bassin, sinon ils risqueraient d'amasser de l'eau partiellement décantée.

### **Épaisseur des dépôts de boues**

Les opérateurs doivent déterminer la répartition des boues dans les bassins de sédimentation et mesurer leur épaisseur. A cette fin, il est commode de fixer une planche de bois carrée d'environ 30 cm de côté à l'extrémité d'une tige graduée, de telle manière que la planche soit horizontale lorsque la tige est verticale. L'opérateur se rend compte du moment où la planche atteint les boues molles, puis les boues plus consistantes, que surmontent les dépôts récents. La hauteur de boue se déduit par différence entre la profondeur connue du bassin au point de sondage et la profondeur à laquelle se trouve immergé le dispositif lorsqu'il entre en contact avec les boues.

### **Extraction des boues**

Les boues doivent être extraites des bassins dès que la portion prévue pour leur dépôt est comble car si l'espace ménagé au-dessus d'elles devient

insuffisant, la couche supérieure mal solidifiée est entraînée par le courant. Il est même parfois nécessaire de procéder à cette extraction plus souvent encore lorsque les boues contiennent des algues et autres matières organiques putrescibles et que les eaux ne sont pas préalablement chlorées. Quand les bassins sont équipés de moyens d'extraction mécaniques (cas de certaines installations importantes pour le traitement des eaux très turbides), les boues sont bien entendu évacuées fréquemment, voire continuellement.

Dans les petits bassins, l'évacuation des boues est facilitée par une inclinaison du fond, soit vers l'entrée où s'accumulent les sédiments lourds, soit au centre vers les canaux de collecte qui, à leur tour, se dirigent vers des canaux en pente du côté d'entrée des bassins. Les robinets à boisseaux placés sur ces conduits lorsqu'ils sont bien ouverts débitent l'eau sous une pression suffisante pour entraîner les boues; celles qui malgré tout subsistent sont dirigées vers le canal de drainage à l'aide d'un jet. Pour avoir une action suffisante, il faut utiliser un tuyau d'incendie de 2 à 2,5 pouces alimenté sous 3,4 à 4 atm.

Les boues chargées de matières organiques, par exemple de colorants précipités ou d'algues, se décomposent dès que la température de l'eau dépasse 15°C environ et communiquent à l'eau qui les recouvre un goût et une odeur désagréables. Pour parer à cet inconvénient, il faut soit extraire fréquemment les boues, soit pratiquer la chloration, soit utiliser périodiquement du charbon actif. Dans les bassins à ciel ouvert, on éliminera presque totalement les algues et le mucus qui tapissent les parois en appliquant un mélange de sulfate de cuivre et de chaux entre la ligne d'écoulement normal et 0,6 m au-dessous du niveau de l'eau; ce traitement est décrit au chapitre 3 (p. 30). La croissance excessive d'algues dans les eaux des bassins de sédimentation à ciel ouvert peut justifier la chloration préalable de l'eau brute.

#### **Bassins de sédimentation couverts**

Dans les bassins de sédimentation couverts, l'eau est à l'abri de la lumière solaire, ce qui prévient la croissance des algues et réduit le risque de gel, mais accroît les difficultés de la surveillance, à moins que des trous d'homme n'aient été prévus pour faciliter les contrôles. Aussi les bassins à ciel ouvert, de construction plus économique, sont-ils justifiés dans les climats tropicaux et subtropicaux, sous réserve que les précautions décrites ci-dessus aient été prises.

#### **Bassins de contact**

Dans nombre de pays, les constructeurs de bassins de contact ont fait breveter divers modèles selon leurs caractéristiques, par exemple les proportions; les installations ne sont donc nullement normalisées et seuls les principes exposés ci-dessus peuvent être appliqués.

Le fait que ces bassins assurent dans une chambre unique le mélange, la floculation, la mise en état du floc, la sédimentation et l'extraction manuelle ou automatique des boues les rend assez séduisants. Ils se distinguent surtout par la production d'une floculation en présence du floc préalablement formé; l'eau traverse de bas en haut le floc en cours de décantation qui constitue le « voile de boue », si bien qu'il y a contact entre le floc lourd qui descend et le floc résiduel plus fin entraîné par le mouvement ascendant de l'eau. Cela favorise la formation de floes plus volumineux par agglomération de substances légères. Le but est d'obtenir un floc qui tombe à une vitesse double de la vitesse ascensionnelle de l'eau; il y a ainsi séparation et le floc ne dépasse guère un niveau situé à 1,5 m au-dessous des réservoirs de sortie. Le processus est facilité par l'application du coagulant à l'eau en cours de floculation plutôt qu'à l'eau brute et, dans beaucoup de cas, par la remise en circulation de l'eau après floculation à travers la zone d'agitation.

La mise au point de tels bassins pour adoucir l'eau par la chaux et le carbonate de soude, lorsque les boues sont lourdes, a conduit à l'adoption de vitesses ascensionnelles atteignant 3 m/h et à une période totale de rétention en bassin de 1 h. Il s'ensuit que le floc obtenu doit tomber à 6 m/h, c'est-à-dire deux fois plus vite que l'eau ne monte. On ne saurait donc utiliser ces chambres sans avoir la garantie que la floculation réunira les conditions voulues; autrement l'application des bons principes de la méthode serait infructueuse et les économies d'encombrement inutiles.

Comme le floc d'alumine ne sédimente pas aussi rapidement que le carbonate de calcium, il est préférable de réduire le débit adopté pour la coagulation, par exemple à la moitié du débit indiqué ci-dessus, soit 1,5 m/h afin de ménager une marge de sécurité. Cela donnera une durée de rétention totale de 2 h c'est-à-dire deux fois moindre que dans les bassins classiques.

Le choix de ces bassins spéciaux de préférence aux bassins de floculation et de sédimentation classiques sera fonction de plusieurs facteurs: compétence du personnel d'exploitation, variations des caractéristiques d'écoulement de l'eau brute, en particulier fluctuation de qualité, facilité de la floculation, coût relatif des produits chimiques d'addition en vue d'accélérer la sédimentation, prix de la construction et frais d'entretien.

### **Exploitation**

Ces bassins spéciaux doivent être contrôlés selon les instructions données dans les manuels préparés par les constructeurs.

L'eau montant au-dessous du niveau de clarification devra contenir 0,5 % à 2,0 % p/p de matières solides, ce qui favorisera la floculation par contact entre le floc préalablement formé et le floc en suspension dans l'eau d'arrivée. La concentration de matières solides est maintenue par équilibre entre le floc en formation et celui qui décante dans la zone d'évacuation des boues

dont il est extrait fréquemment. Un cinquième environ de l'eau circulante sert à l'évacuation des boues.

Le niveau supérieur du floc en suspension est dit « d'opacité ». On peut déterminer sa position en immergeant un projecteur électrique étanche dans l'eau jusqu'à obtention d'un obscurcissement par le floc. Le problème est de régler le dosage des coagulants et l'extraction des boues de telle manière que la floculation s'effectue bien et que le niveau d'opacité ne dépasse pas une limite de sécurité, par exemple une ligne tracée à 1,5 m au-dessous des déversoirs d'évacuation. L'agitation est très difficile avec des eaux à basse température et lorsqu'il s'agit d'éliminer une floculation et une turbidité faibles. Aussi utilise-t-on fréquemment de l'argile ou du carbonate de calcium pour alourdir le floc. On peut également traiter l'eau à la silice activée pour obtenir un floc contenant de l'alumine, de densité supérieure.

D'une manière générale, ces bassins doivent faire l'objet d'une surveillance constante, de manière que les doses de coagulants puissent être modifiées aussitôt que la qualité de l'eau brute ou le débit varient, et dès qu'on observe dans la zone de clarification des floes mal formés ou écumeux.

### Contrôle de laboratoire

La sédimentation est contrôlée par les observations exposées précédemment et que viennent compléter les résultats des tests de turbidité et de coloration de l'eau décantée, et de l'examen du floc résiduel. Si les résultats sont mauvais, il importe au plus haut point de savoir s'ils sont dus à une mauvaise floculation ou à la médiocrité de la sédimentation ; mais généralement c'est le premier facteur qui est à incriminer. Le critère fondamental reste l'efficacité des dispositions prises pour préparer l'eau à la filtration. Elles se jugent à la durée d'utilisation des filtres entre deux nettoyages successifs, à la facilité de ce nettoyage et à la qualité de l'eau filtrée obtenue (voir chap. 7).

Si le traitement est efficace, la turbidité de l'eau décantée doit être inférieure à 10 parties par million (ppm)<sup>1</sup> et de préférence à 5 ppm. Toute turbidité supérieure s'accompagne généralement d'une opacité due à des solides non coagulés, très différente de celle qu'engendre la présence d'un floc non sédimenté. En fait un effluent satisfaisant ne doit présenter ni couleur ni turbidité véritable, seules les particules de floc résiduel flottant en eau claire pouvant produire un trouble apparent. C'est ce que révèlent les projecteurs immergés dont il a été question précédemment.

---

<sup>1</sup> Voir la note du chapitre 13, en bas de la page 245.

### Détermination du temps de parcours d'un bassin par addition de sel à l'entrée.

L'emploi d'un colorant pour suivre le passage de l'eau à travers un bassin est simple, mais ne fournit de résultats quantitatifs que si l'on dispose d'un colorimètre précis pour comparer des échantillons à des solutions étalons du colorant utilisé. La méthode décrite ci-dessous donne sur le fonctionnement des bassins des indications que les observations habituelles seraient incapables de fournir. Si, techniquement, on pourrait lui reprocher de ne pas tenir compte de la différence de densité entre la solution saline et l'eau, il faut reconnaître que cet écart est négligeable dans la pratique courante.

#### Principe

L'épreuve consiste à verser rapidement du sel dans le courant d'alimentation du bassin étudié, puis à faire de fréquents dosages de ce sel dans l'effluent. Naturellement, la première apparition de sel à la sortie correspond à l'arrivée d'une partie de l'eau brute salée. Le passage peut demander 10 à 20 min. Mais on constate qu'une partie de l'eau salée ne sort du bassin que longtemps après la fin de la période de rétention théorique. Les variations de la teneur en sel de l'effluent indiquent que la circulation de l'eau est irrégulière ou que certaines portions des eaux d'alimentation tournent en circuit fermé. On dose le sel en mesurant la teneur en chlorures d'échantillons prélevés les uns à l'entrée, les autres à la sortie du bassin.

#### Mode opératoire

1. Ajouter à l'entrée la quantité de sel nécessaire pour assurer en 1 min une concentration de chlorures d'environ 300 ppm dans l'eau brute au point d'application. La teneur du sel en chlorures est de 60 % p/p; si bien que 500 ppm de sel assurent les 300 ppm de chlorures souhaités.

Par exemple, l'eau coulant à raison de 4000 m<sup>3</sup>/jour représente une circulation de 2778 l/min; pour traiter à 500 ppm ce volume il faut ajouter  $500 \times 2778 \times 10^{-6} = 1,39$  kg de sel. Dissoudre cette quantité dans 40 l d'eau environ et verser la solution dans l'eau brute en un point de mélange facile, par exemple dans la canalisation d'entrée.

2. Commencer immédiatement à prélever deux séries d'échantillons, l'une d'eau brute salée, l'autre d'effluent, en prélevant le premier échantillon au moment du déversement de la solution salée dans l'eau d'alimentation du bassin, et les échantillons suivants à des intervalles de 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 150, 180, 210, 240, 300, 360 et 480 min par exemple.

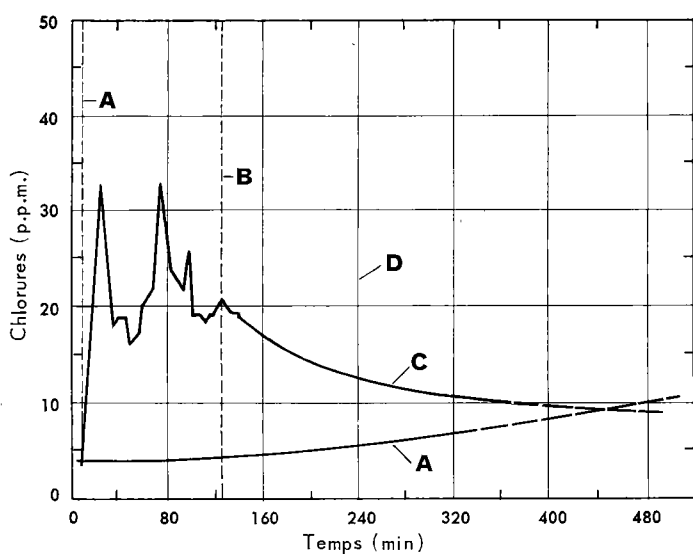
3. Doser les chlorures dans les deux séries de 18 échantillons d'eau brute salée et d'effluent.

4. Dresser le graphique de la teneur des échantillons en chlorures (ordonnées) en fonction du temps écoulé entre les prélèvements (abscisses).
5. Tracer les deux courbes de dosage des chlorures, l'une correspondant aux échantillons d'eau brute salée, l'autre aux échantillons d'effluent.
6. Découper soigneusement l'aire circonscrite par ces deux courbes.
7. Déterminer le centre de gravité de cette aire en plaçant le morceau de papier en équilibre sur l'arête d'une *lame vive parallèle à l'axe des ordonnées*.<sup>1</sup>
8. Relever la durée correspondant à la position de la lame.

La figure 4 illustre l'application de cette méthode. Elle représente les résultats de l'étude d'un bassin à durée de rétention de 4 h, soit 240 min. On y voit que la teneur en chlorures de l'eau brute salée (A) est tombée de 300 ppm (au moment du déversement) à moins de 5 ppm en 10 min; qu'ensuite

FIG. 4

GRAPHIQUE POUR LA DÉTERMINATION DU TEMPS DE PARCOURS D'UN BASSIN DE SÉDIMENTATION



WHO 70010

- A.** Admission, avec chute initiale de la teneur en chlorures et concentration ultérieure
- B.** Temps de parcours
- C.** Sortie
- D.** Durée de rétention théorique

D'après l'American Water Works Association (1950), p. 180, grâce à l'obligeance de cette association.

<sup>1</sup> La position du centre de gravité peut aussi se calculer par détermination mathématique des moments de force selon l'axe vertical.

elle a progressivement augmenté jusqu'à 10,0 ppm par la diffusion retardée d'une partie du sel. Mais on constate surtout que la teneur en chlorures de l'effluent (C) s'est élevée en 30 min à 32 ppm, puis a diminué, et a remonté pour atteindre en 80 min un second pic de 32 ppm; elle a ensuite fluctué et a diminué progressivement à moins de 10,0 ppm en 460 min. Ces valeurs révèlent le passage dans le bassin, en 30 à 80 min, de deux courants en circuit fermé. La détermination du centre de gravité de l'aire circonscrite par les deux courbes A et C indique une durée de 125 min (B), valeur souhaitée. Le rendement du déplacement est égal au quotient de la durée de traversée par la durée de rétention:  $125 : 240 = 0,52$ , soit 52 %. Dans l'ensemble, le rendement du bassin est satisfaisant, mais il faut en atténuer les tourbillons. A cet effet, on pourrait aménager un tranquillisateur perforé.

Pour juger de l'efficacité du déplacement, on pourra s'aider des valeurs suivantes:

Rendement des bassins excellents . . . . .	63 %
Rendement des bassins satisfaisants . . . . .	30 %-50 %
Rendement des bassins médiocres . . . . .	5 %-30 %