

**QUELQUES  
PROBLÈMES CLASSIQUES  
D'HYDRAULIQUE  
VUS SOUS L'ANGLE DU TRAITEMENT  
DE L'EAU**

**PAR J. MIGNOT \***

Le métier de traiteur d'eau consiste, comme vous le savez, à mettre en œuvre des procédés de traitement physicochimiques ou mécaniques, qui transforment l'eau brute disponible en un liquide aussi adapté que possible aux besoins de l'individu, de l'industrie ou aux exigences des rejets.

Cette mise en œuvre fait appel à toutes les spécialités techniques et, en particulier, à l'hydraulique, qui y trouve des développements ou des aspects particuliers, du fait des impositions spécifiques aux traitements mêmes. Il est rarement possible de faire de l'hydraulique sans tenir compte du traitement, comme il serait impossible de mener correctement un traitement sans tenir compte des lois de l'hydraulique.

Ainsi, l'emplacement d'une prise d'eau sera conditionné par les impératifs classiques de l'hydraulicien, mais aussi par le souci d'aspirer le moins possible de détergents, de ne pas prélever une eau de salinité ou de température variables de façon importante, de ne pas prendre l'eau dans une zone d'eau peu profonde à écoulement lent qui peut être un véritable bouillon de culture des micro-organismes du phyto et du zoo plancton, etc.

De même, la conception d'un ensemble prise d'eau, adduction, traitement peut-être impérativement inversée suivant le schéma prise, traitement et adduction si la qualité de l'eau le nécessite.

Une étude de similitude sur modèle réduit change complètement d'aspect lorsque l'eau est polluée, et qu'il faut ajouter aux lois classiques de similitude, les données tenant compte du traitement.

Les circuits et la régulation d'une station de traitement d'eau ne peuvent se concevoir uniquement sur des bases hydrauliques. Tantôt il faut respecter des vitesses limites d'écoulement, au-delà desquelles le processus chimique en cours s'en ressent, tantôt il faut respecter des temps de réaction chimique, venant à l'encontre de la stabilité de la régulation.

Enfin, l'idéal de l'hydraulicien s'oppose quelquefois à l'idéal du traiteur d'eau, qui doit alors adopter un compromis.

J'arrête là mon énumération, qui serait fastidieuse si je ne choisissais pas quelques cas caractéristiques vous montrant nos difficultés pour marier au mieux les lois classiques de l'hydraulique et les connaissances du traiteur d'eau.

Je commencerai par vous parler du problème du « Choix des pertes de charge en conduite, en fonction des caractéristiques physicochimiques d'une eau, et des traitements qu'on peut lui faire subir avant son transport ».

---

**Choix des pertes  
de charge en conduite en fonction  
des caractéristiques physicochimiques  
d'une eau et des traitements  
qu'on peut lui faire subir  
avant son transport**

---

Considérons les eaux profondes ou superficielles, pures ou chargées, en nous limitant aux eaux froides ou tempérées.

Aujourd'hui, les formules logarithmiques de calcul des pertes de charge en conduite ont pra-

\* Chef du Département « Eau potable », Société Degrémont, Suresnes.

tiquement supplanté toutes les formules empiriques qui ne tenaient pas compte de la nature physique des écoulements. Avec les formules de Colebrook et les corrections qui ont été apportées aux grands nombres de Reynolds en particulier, les hydrauliciens possèdent un outil qui, s'il n'est pas parfait, est quand même suffisamment précis dans la majeure partie des cas, à condition de bien connaître la valeur de la rugosité  $K$  à la paroi.

Nous, traités d'eau, nous nous sentons gênés devant la précision que peuvent fournir les formules et l'imprécision qui naît des critères dont nous devons tenir compte : la nature des conduites, leur encrassement dû à l'eau et le temps au bout duquel il faut encore assurer un débit déterminé.

#### Conduites neuves.

Quand la conduite est neuve, les nombreux études et tests effectués, permettent de connaître avec une précision suffisante la valeur de la rugosité  $K$  à retenir suivant la nature des parois, ses revêtements et ses joints. Ainsi peut-on savoir quel sera le débit maximal que l'on est susceptible d'obtenir. Ce point est important car, si l'eau est refoulée par pompage, il vaut mieux, soit adapter ce pompage en fonction du temps, soit déterminer des ouvrages de traitement un peu plus largement dimensionnés, que de consommer de l'électricité en vannant la conduite à l'arrivée.

#### Conduites encrassées.

Quand la conduite s'encrasse, on ne peut pas actuellement se fixer une valeur de la rugosité en fonction de la nature des parois, sans faire intervenir en parallèle les facteurs d'encrassement liés à la nature physicochimique de l'eau transportée, et le facteur temps. Sans doute, l'avenir nous offre-t-il des perspectives meilleures avec l'espoir de disposer de conduites à parois plastiques ou à revêtement plastifié résistant, non rugueux et parfaitement étanche : le problème se simplifiera alors car, en dehors des dépôts possibles de matières en suspension, la conduite pourra être considérée comme toujours hydrauliquement lisse pour le calcul de la perte de charge linéaire, avec un coefficient de sécurité résultant du nombre et de la nature des joints.

En attendant que ce stade soit atteint, étudions l'encrassement dans le temps de nos conduites actuelles, à la lumière de l'expérience acquise.

#### 1. FACTEUR TEMPS.

Pour fixer notre optique, il faut en premier lieu savoir qu'en traitement et en distribution des eaux, dix ans est l'objectif minimal. Il ne peut être choisi que si l'on se réserve, après ce laps de temps, de doubler une conduite par une autre qui tiendra compte du développement des besoins, et de l'expérience acquise. Par contre, dans la plupart des cas, il faut estimer la valeur de la rugosité au bout de vingt ans, temps correspondant approximativement à l'amortissement d'un ensemble de traitement. Enfin, l'étude d'un réseau de distribution d'eau en ville demande souvent de prévoir l'évolution des conduites au bout de cinquante ans.

#### 2. FACTEURS D'ENCRASSEMENT D'UNE CONDUITE.

Avant d'essayer de déterminer des valeurs de la rugosité des conduites, il faut examiner la nature des facteurs déterminants de leur encrassement.

Dans notre domaine, la gamme des vitesses en conduite n'est pas de 4 à 6 m/s comme dans les conduites forcées des aménagements hydrauliques, mais de 0 à 2,50 m/s en général, ces vitesses pouvant être très variables aux différentes heures de la journée, ou suivant les saisons. D'où le premier facteur d'encrassement :

##### a) La teneur en matières en suspension.

Aux faibles vitesses, sables et argiles peuvent se déposer ou se combiner aux dépôts calcaires, et aux concrétions ferrugineuses. Les possibilités de chasse et la nature des parois viennent en correctif à ce facteur.

b) Ensuite intervient la possibilité de dépôts ou de corrosions résultant d'une eau qui n'est pas à son équilibre carbonique : il y aura risque de corrosion, suivant la nature des parois, si l'eau est agressive vis-à-vis du calcaire. Il y aura risque de dépôts si l'eau est entartrante.

Il y aura encore risque de corrosion si l'eau, bien qu'à son équilibre carbonique, garde un pouvoir corrosif vis-à-vis des métaux : ce sera en particulier le cas des eaux faiblement chargées en bicarbonates. Ce sera encore le cas des eaux assez fortement minéralisées, dont le pH d'équilibre est bas.

c) Interviennent également les teneurs en fer et manganèse, sulfates et chlorures, conjuguées à l'état d'aération de l'eau, à sa teneur en matières organiques, à sa teneur en matières en suspension et à la présence de bactéries et ceci, que cette eau soit ou non à son équilibre carbonique. Il n'est pas rare de constater dans certaines conduites des cratères profonds, recouverts de boursouffures énormes souvent dues à la présence conjuguées de bactéries ferrugineuses, de fer, de matières organiques et de boue argileuse.

d) Enfin, certaines conduites sont envahies par des micro-organismes qui en tapissent les parois, tels que les moules d'eau douce — *Dreissensia Polymospha* — dont il semble que la présence soit liée à la qualité de l'eau, et en particulier, à la possibilité de se nourrir des matières organiques formant sur les parois une couche mucilagineuse.

---

#### Classement des eaux

---

Un classement des eaux doit, à notre avis, tenir compte de ces quatre aspects, mais non pas du seul critère d'agressivité ou de corrosivité.

J'ai essayé de faire une synthèse des diverses publications citant les mesures effectuées avec diverses eaux et diverses conduites, en tenant compte de l'optique du traiteur d'eau, et je vous propose le classement suivant, où sont forcément liées les caractéristiques physicochimiques de l'eau et la nature des parois des conduites.

Ce classement est assez voisin de celui publié dans le n° 1 1966 de *La Houille Blanche* par M. Levin, qui traitait des conduites forcées dans un article remarquable de clarté et de synthèse.

**Classe 1. — Les eaux de qualités ou non susceptibles de dépôts, c'est-à-dire :**

- les eaux claires ou les eaux faiblement chargées véhiculées à des vitesses ne permettant pas les dépôts;
- les eaux sans micro-organismes adhérents;
- les eaux toujours à l'équilibre carbonique et non corrosives, véhiculées par des conduites métalliques à paroi lisse, avec ou sans revêtement intérieur;
- les eaux simplement corrosives ou agressives, véhiculées dans des conduites à revêtement vraiment inattaquable.

La valeur de la rugosité est donc celle de la conduite neuve où interviennent la nature de la paroi, le nombre et le type de ses joints.

On peut prendre :

$$K = 0,1 \text{ à } 0,25 \text{ mm en } 20 \text{ ans,}$$

$$K = 0,2 \text{ à } 0,5 \text{ mm en } 50 \text{ ans.}$$

**Classe 2. — Les eaux assimilables à des eaux de distribution publique, de minéralisation moyenne, soit :**

Les eaux claires, c'est-à-dire avec un taux de matières en suspension inférieur à 1 mg/l, ces eaux étant en général à l'équilibre carbonique, mais avec de légères fluctuations dues soit à l'évolution de la nature de l'eau, soit à l'ajustement plus ou moins précis du traitement de correction du pH, à condition bien entendu, que ces fluctuations n'entraînent pas des vitesses d'action importantes (donc eaux de TAC de 7 à 15 °F).

Ces eaux doivent également être dépourvues de micro-organismes, de fer et de manganèse, de salinité importante et de matières organiques.

Il semble que les valeurs de rugosité les plus probables sont :

$$K = 0,5 \text{ mm en } 20 \text{ ans,}$$

$$K = 1 \text{ mm en } 50 \text{ ans.}$$

**Classe 3. — Eaux assimilables à des eaux de distribution publique de qualité variable ou de minéralisation plus forte.**

Ce sera le cas des eaux assimilables à la classe 2, véhiculées par des conduites non revêtues, ou avec un revêtement plus ou moins poreux, mais en plus :

- avec présence momentanée de matières en suspension en quantité faible (1 à 5 mg/l);
- et avec présence momentanée de plancton liée à des taux de matières organiques de 2 à 3 mg/l.

Les valeurs de rugosité correspondantes sont :

$$K = 0,5 \text{ mm en } 10 \text{ ans,}$$

$$K = 1 \text{ mm en } 20 \text{ ans,}$$

$$K = 2 \text{ mm en } 50 \text{ ans.}$$

Ce sera également le cas des eaux assimilables à des eaux de distribution publique, mais présentant une minéralisation plus importante, de l'ordre de 15 à 20 °F, avec quelques fluctuations peu importantes autour de l'équilibre carbonique.

C'est également le cas des eaux préchlorées, flocculées et décantées, non agressives ou véhiculées dans une conduite protégée intérieurement.

**Classe 4. — Eaux non claires, très peu agressives ou très peu entartrantes.**

Eaux de surface contenant des matières en suspension précipitables par variation de vitesse de transport, le taux restant inférieur à 500 mg/l de matières argileuses, avec pratiquement très peu de sable.

Eaux de surface ou de source ou eaux profondes, présentant en permanence un très faible pouvoir agressif ou corrosif sur des conduites non revêtues, ou à revêtement plus ou moins étanche.

Eaux présentant un faible pouvoir entartrant (moins de 5 mg/l d'écart entre le CO<sub>2</sub> libre et le CO<sub>2</sub> équilibrant).

Les eaux de cette classe ne doivent contenir ni micro-organismes adhérents, ni bactéries sulfite-réductrices, ni bactéries ferrugineuses.

Les valeurs moyennes de rugosité correspondantes sont alors de :

$$K = 1 \text{ mm en } 10 \text{ ans,}$$

$$K = 2 \text{ mm en } 20 \text{ ans,}$$

$$K = 6 \text{ mm en } 50 \text{ ans.}$$

Cette classe 4 correspond, en général, aux eaux brutes que nous sommes amenés à véhiculer sur plusieurs kilomètres, ces eaux contenant de 1 à 5 mg/l de matières organiques, et éventuellement, du fer en faible quantité.

**Classe 5. — Eaux brutes chargées ou peu agressives, peu corrosives ou peu entartrantes.**

C'est le cas des eaux de rivières chargées au maximum de 1 g/l de matières en suspension, dont une partie en sable de plusieurs dixièmes de millimètre de diamètre, non éliminé par un dessablage efficace.

Si la conduite n'est pas ou ne peut pas être systématiquement purgée, ces dépôts accroissent de façon importante la perte de charge de la conduite.

C'est le cas des conduites métalliques sans revêtement intérieur ou avec un revêtement non étanche, véhiculant des eaux présentant un certain pouvoir agressif ou corrosif, quoique peu important, équivalent environ à 5 à 10 mg/l d'écart entre le CO<sub>2</sub> libre et le CO<sub>2</sub> équilibrant.

C'est le cas des eaux légèrement entartrantes.

C'est également le cas des eaux chargées de micro-organismes adhérents et de matières organiques, mais ayant subi avant transport une préchloration évitant une importante prolifération sur les parois, sans toutefois la supprimer totalement.

Peuvent également être affectées dans cette classe, les conduites métalliques sans revêtement ou avec un revêtement poreux, véhiculant des eaux contenant du fer et des matières organiques avec défaut d'oxygène, sans bactéries ferrugineuses, et en l'absence d'une préchloration efficace.

Les rugosités moyennes à prendre en compte sont alors :

$$K = 3 \text{ mm en } 10 \text{ ans,}$$

$$K = 6 \text{ mm en } 20 \text{ ans,}$$

$$K = 10 \text{ mm en } 50 \text{ ans.}$$

**Classe 6. — Eaux très chargées ou agressives, ou corrosives, ou entartrantes. - Eaux contenant des micro-organismes. - Eaux contenant du fer ou du manganèse en présence de bactéries.**

Dans cette classe peuvent être placées :

- les eaux très chargées, ayant plus de 1 g/l de matières décantables lourdes, dont du sable;
- les eaux véhiculées par des conduites métalliques, non protégées ou mal protégées, contenant de 10 à 25 mg/l de CO<sub>2</sub> agressif avec moins de 100 à 150 mg/l de chlorures et de sulfates;
- les eaux moyennement entartrantes;
- les eaux véhiculées par des conduites métalliques non protégées ou mal protégées, et chargées de quelques mg/l de fer avec présence de bactéries provoquant des boursouffures importantes en l'absence d'une préchloration;
- peuvent encore être placées dans cette classe, les eaux non préchlorées, chargées de matières organiques et de micro-organismes adhérents.

Les rugosités moyennes à prendre en compte sont alors :

K = 5 mm en 10 ans,

K = 10 mm en 20 ans,

K = 25 mm en 50 ans.

**Classe 7. — Toutes les eaux très entartrantes, les eaux très agressives soit par présence de plus de 25 mg/l de CO<sub>2</sub> agressif, soit par teneur très élevée en sulfates et chlorures (plus de 500 mg/l) avec des taux importants de matières organiques (5 à 15 mg/l).**

On ne peut fixer de limite à la rugosité à prendre en compte, le diamètre des conduites pouvant diminuer considérablement dans le temps, et cela d'autant plus que leur diamètre est plus petit.

En conclusion, vous voyez que l'on aboutit très rapidement à un nombre de classes importantes quand il faut à la fois tenir compte des différentes natures d'eau, en corrélation avec la nature des conduites et des traitements appliqués.

Ce classement est pourtant encore imprécis : il faudrait entrer très avant dans les diverses natures de corrosions ou de dépôts, pour en arriver à une définition plus serrée, au risque de rendre cette classification difficilement applicable.

Je m'excuse d'avoir abusé de votre attention par un énoncé aussi aride, et je passerai maintenant au second sujet, plus concret, de cette communication.

---

### **Problèmes des mesures de débits suivant la nature des fluides utilisés dans une station**

---

Je ne m'étendrai pas sur ce sujet immense, et je me limiterai, à titre d'information, à un simple aperçu des problèmes nombreux que posent dans notre métier les mesures de débits.

Ces problèmes résultent d'abord de la nature même des fluides ou solides considérés : l'eau est un fluide relativement bien connu, mais il n'en est plus de même lorsqu'elle sert de support de char-

riage à des particules de toutes tailles, comme c'est le cas des eaux résiduaires, ou lorsqu'elle est plus ou moins chargée en matières en suspension et ceci de façon variable.

Il faut donc tenir compte de l'homogénéité du fluide et de ses variations, avec les risques de décantation et d'obstruction qui en découlent.

C'est un problème analogue que posent les mesures de débits de réactifs en suspension comme le lait de chaux, les solutions de carbonate de chaux, de charbon actif, etc.

C'est encore un problème de même espèce qui se pose lorsqu'on envisage la mesure de débit en poids de produits pulvérulents sous forme fluidifiée, comme la chaux blutée, le charbon actif.

Un second problème qui se superpose très souvent au premier, est posé par le caractère agressif des fluides considérés :

- l'eau peut être agressive, corrosive ou entartrante;
- les réactifs mis en œuvre sont acides ou alcalins;
- des gaz comme le chlore ne sont pas purs : ils attaquent la plupart des matériaux et déposent leurs impuretés partout où il y a variation de pression.

Ensuite, rares sont les cas où les conditions de température, de pression et de viscosité sont constantes. Ceci est vrai pour l'eau, mais plus encore pour les réactifs comme les solutions concentrées de sulfate d'alumine, de chlorure ferrique ou de silicate de soude. Il en est de même pour le chlore dont la température varie même en fonction du débit.

Pour corser ces difficultés, il nous faut très souvent effectuer des mesures de débits très variables. En effet, il est courant dans une station de traiter des débits variables dans un rapport allant de 1 à 2 à celui de 1 à 6. Dès qu'il s'agit de mettre en œuvre un réactif proportionnellement au débit traité, il faut, en plus, considérer le facteur « dosage », c'est-à-dire la proportion de ce réactif en fonction de la qualité physicochimique du liquide à traiter. Ce dosage varie lui-même couramment dans des rapports allant de 1 à 4 jusqu'à 1 à 8. Finalement, les débits de réactifs varient donc au moins de 1 à 8 et jusqu'à des rapports de 1 à 50. La résolution d'un tel problème est courante.

Enfin, dans de nombreux cas, nous avons à résoudre des problèmes de débits de liquide ou de gaz pulsés, la fréquence de pulsations allant de plusieurs centaines par seconde pour des surpresseurs de gaz à plusieurs unités par minute, dans le cas des pompes doseuses.

De ce très rapide tour d'horizon, on peut conclure que le choix d'un dispositif de mesure de débit n'est pas chose aisée dans notre métier, et qu'il n'est pas souvent possible d'avoir en permanence une grande précision. Si certains traitements peuvent être menés malgré cette imprécision, il est parfois indispensable de conserver sur toute une plage de mesure une précision de quelques pourcent de la valeur instantanée, quand une valeur de pH ou de titre alcalinimétrique doit être impérativement maintenue.

Tous ces facteurs font qu'une mesure de débit correcte, demande toute l'attention de l'Ingénieur qui doit correctement poser son problème, puis

choisir parmi les matériels mis à sa disposition, et le soin du fabricant qui doit poser toutes les questions nécessaires, pour s'assurer que son matériel est bien adapté et bien installé.

Mais tous ces efforts ne sont utiles que si, finalement, l'exploitant apporte un soin constant pour maintenir en état son appareillage.

### Utilisation d'un écoulement discontinu pour maintenir homogène un lit de particules boueuses

Prenez une eau de rivière colorée, chargée de matières en suspension de toutes sortes, de matières colloïdales, de sels de fer, etc. Ajoutez-y un réactif — du sulfate d'alumine par exemple — à raison de quelques dizaines de grammes par m<sup>3</sup> d'eau, agitez rapidement, puis lentement : vous voyez se former au sein du liquide, un nuage de flocons blancs qui agglomèrent petit à petit l'ensemble des particules contenues dans l'eau, et qui s'agglomèrent entre eux. Après la chute des flocons, l'eau superficielle est cristalline.

C'est ce qu'on appelle la floculation qui, comme vous le savez, est un phénomène d'essence électrique : l'addition du floculant neutralise les charges électro-négatives des particules colloïdales qui étaient à l'origine de leur fausse suspension par prépondérance des forces d'attraction. Cette neutralisation provoque alors la précipitation des particules sous l'action des forces de gravitation.

Ces opérations de floculation, de précipitation et de clarification s'effectuent industriellement dans un décanteur.

Il existe deux types principaux de décanteurs : les décanteurs statiques — où la précipitation des particules ne s'effectue que sous l'action du poids de chacun des flocons — et les décanteurs accélérés, où, par une recirculation ou bien par contact avec une masse de flocons boueux déjà formés, on provoque l'agglomération des flocons entre eux, ce qui permet en outre d'obtenir une décantation plus rapide.

Restant dans le domaine technique, je n'effectuerai aucune comparaison d'un système par rapport à un autre, me réservant de vous présenter l'originalité hydraulique d'un de nos décanteurs accélérés appelé « PULSATOR ».

C'est un appareil du type accéléré par contact de boues. L'eau brute à traiter arrive par une tuyauterie (T), dans la cloche (A), d'où elle s'écoule vers les canaux de distribution inférieurs et des ramifications perforées (R), situées au-dessus du radier, et qu'elles couvrent presque en totalité. La surface restante est occupée par des entonnoirs noyés (C), appelés concentrateurs de boue.

L'eau circule à filets parallèles du bas vers le haut, sur toute la surface du décanteur : à la partie supérieure de la cuve, aux parois verticales, s'effectue la collecte de l'eau claire par un réseau de tuyauteries perforées noyées, ou de goulottes (R1) couvrant également toute la surface du décanteur.

Enfin, la cloche est une chambre fermée où aspire en permanence une pompe à vide (P). Cette

chambre peut être mise en communication avec l'atmosphère par une vanne automatique commandée en fonction du niveau d'eau dans la cloche.

Reprenons le processus de floculation dont je parlais tout à l'heure.

Si on fait entrer dans la cloche, puis par le réseau de distribution inférieur, une eau brute mélangée au réactif de floculation, les flocons formés vont être soumis à la poussée dirigée vers le haut résultant de la vitesse ascensionnelle, et à une force dirigée vers le bas due à leur poids.

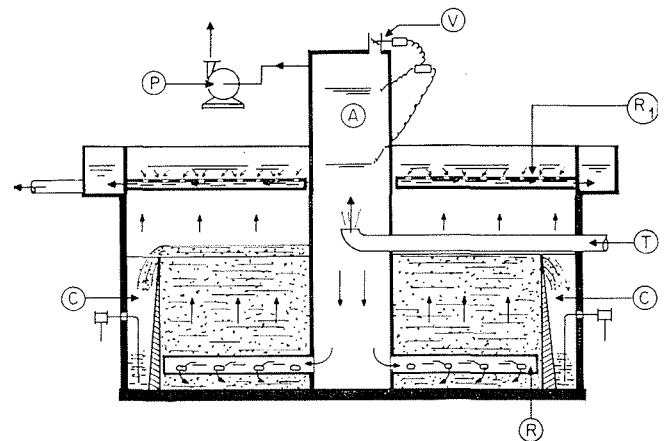
Il faut donc que la vitesse ascensionnelle ne soit pas trop forte, pour que le dépôt des impuretés soit possible.

Si on laisse l'eau entrer lentement et en continu, les flocons vont se déposer au fond, s'y accumuler en se collant les uns aux autres. Ce dépôt va augmenter dans le temps, se concentrer pour former au fond une couche visqueuse, où les forces de cohésion seront très grandes. Pour pouvoir la traverser, l'eau brute devra posséder une vitesse plus importante : il va donc se former des trous de loin en loin sur la surface de cette couche de boues. L'eau brute ne passera plus que par ces trous, et le contact avec les boues déjà formées, sera insignifiant. Comme l'eau dans ces trous aura une vitesse beaucoup plus grande que si elle était répartie sur toute la surface inférieure, la décantation des particules mal floculées ne pourra plus se faire, et l'eau sera sale à la sortie de l'appareil. Par ailleurs, le fond de l'appareil sera très vite embourbé.

Le problème est donc de trouver le moyen d'éviter la formation au fond du décanteur d'un lit de boue hétérogène traversé seulement de loin en loin par l'eau.

Ceci a été résolu par l'introduction discontinuée de l'eau brute sur la surface du décanteur, dont nous reprenons le fonctionnement réel.

La cloche (A) est isolée de l'atmosphère, la vanne (V) étant fermée. La pompe à vide (P) fait le vide dans la cloche, où le niveau d'eau s'élève de 0,60



Décanteur « PULSATOR ».

T: Arrivée d'eau brute. - A: Cloche. - V: Vanne de mise à l'atmosphère. - C: Concentrateurs de boues. - R: Ramifications inférieures de distribution d'eau brute. - R<sub>1</sub>: Collecteurs supérieurs de reprise d'eau décantée. - P: Pompe à vide.

«PULSATOR» settling tank.

T: Raw water inlet. - A: Raw water receiver. - V: Valve to atmosphere. - C: Sludge concentrators. - R: Raw water distribution network. - R<sub>1</sub>: Clear water recovery manifolds. - P: Vacuum pump.

à 1,50 m suivant le type de traitement. Durant cette période, une partie seulement du débit d'eau brute pénètre dans le décanteur.

L'eau atteint le niveau haut préréglé; par un système quelconque à contact la vanne (V) s'ouvre automatiquement, mettant l'eau retenue dans la cloche en communication avec l'atmosphère. On dispose donc d'une charge importante pour assurer une parfaite répartition hydraulique de l'eau accumulée sur toute la surface inférieure du décanteur, par l'intermédiaire du réseau de distribution.

Pendant la durée de la chasse de l'eau de la cloche vers le décanteur, la vitesse ascensionnelle est beaucoup plus forte qu'en écoulement permanent: ceci permet de mettre en expansion des boues qui, auparavant, se décantaient et se concentraient. Cette mise en expansion cesse avec la fin de la chasse: les particules boueuses redescendent alors lentement, pendant que, la vanne de mise à l'atmosphère (V) étant fermée, l'eau brute est réaspirée dans la cloche.

Ainsi, par des chasses courtes et des périodes de repos prolongées, on arrive à maintenir en expansion les boues qui forment un espèce de lit filtrant bien homogène, dont l'efficacité de traitement est très grande.

Ces boues constituées de flocons accolés ont une concentration élevée, qui leur donne une force de cohésion importante. Cette cohésion permet de soumettre le lit de boues à des vitesses ascensionnelles momentanément très élevées et en moyenne très supérieures à celle que peut admettre un flocon tout seul: c'est en cela que le « PULSATOR » est un décanteur accéléré.

De plus, à chaque début de chasse, une partie des boues se déverse dans les entonnoirs (C), qui délimitent le niveau supérieur du lit de boues. Dans ces entonnoirs, la poussée résultant de la vitesse ascensionnelle ne s'exerce pas: les boues peuvent alors se concentrer, avant d'être évacuées par des purges automatiques courtes et espacées.

L'introduction discontinue de l'eau brute dans le Pulsator présente bien d'autres avantages, que

je ne ferai que citer, pour ne pas tomber dans des considérations de traitement propres aux spécialistes:

- l'énergie disponible lors de la chasse se dissipe en mouvements tourbillonnaires et en circulations au niveau du radier, qui provoquent sans organe mécanique dans l'eau, le mélange de l'eau brute et de ses réactifs, avec les boues déjà flocculées;
- cette alimentation discontinue élimine également la concentration des boues au fond de l'appareil, où il est normal de constater que les boues sont moins concentrées que dans la zone même du lit de boues, zone située au-dessus des ramifications de distribution inférieures et des tranquillisateurs qui les coiffent pour éviter la propagation de la turbulence.

Ce décanteur que je viens de vous décrire peut également être réalisé sans utilisation d'énergie électrique: il suffit pour cela de remplacer l'ensemble cloche-pompe à vide par un système de chasse à siphon: seule intervient alors l'énergie hydraulique.

Enfin, un point intéressant est à signaler aux amateurs de coups de bélier: c'est l'étude de la conduite d'alimentation du décanteur, soumise en permanence à un régime d'écoulement variable. En effet, la mise brutale à l'atmosphère de l'eau accumulée dans la cloche crée momentanément une contrepression importante venant s'opposer à l'alimentation par la tuyauterie d'eau brute: celle-ci est freinée, puis accélérée.

Nous avons étudié ce phénomène avec le laboratoire de Chatou.

Ce décanteur original est certes appliqué au traitement de l'eau, en clarification comme en décarbonatation, puisqu'il en existe au monde plus de 70 000 m<sup>2</sup> réalisés. Il a également trouvé dans l'industrie chimique des applications très spéciales, par le simple fait de pouvoir maintenir en suspension un lit de boue concentré, qui est un excellent catalyseur et un accélérateur de réactions.

## Discussion

Président: M. RENARD

M. le Président remercie M. MIGNOT et s'excuse d'avoir tronqué sa conférence de la deuxième partie qui avait trait aux mesures de débit, mais elle présentait un intérêt moindre que « l'écoulement discontinu pour maintenir homogène un lit à particules boueuses ». De même, la description du décanteur « Pulsator » était très intéressante.

A propos du premier sujet: « Choix des pertes de charges optimales dans quelques cas types », M. le Président souligne le mérite qu'a eu M. MIGNOT d'établir une classification des eaux en sept catégories et de déterminer le coefficient de rugosité qui doit être pris en compte dans la formule de Colebrook pour le calcul des pertes de charge, en fonction de la nature physicochimique des eaux. En ce qui concerne la période de cinquante ans, bien que lointaine, il est intéressant qu'elle figure dans les Annales de la S.H.F.: nos successeurs pourront reprendre le problème et vérifier les données actuelles.

M. CARLIER demande si M. MIGNOT peut rattacher les classes d'eau définies dans sa communication à un para-

mètre quantitatif, tel, par exemple, que l'index de Langellier caractérisant le pouvoir agressif ou entartrant d'une eau donnée et permettant de prévoir l'évolution de la rugosité de la canalisation en fonction du temps.

M. CARLIER signale par ailleurs qu'au Congrès de Londres en 1952, M. Peter LAMOND avait présenté une synthèse remarquable de ses travaux.

M. MIGNOT reconnaît qu'il serait bon de chiffrer cette classification en se référant aux expériences et en considérant principalement le pouvoir agressif de l'eau et la vitesse possible d'attaque. M. MIGNOT essaiera de répondre à cette question après avoir revu avec précision la méthode préconisée par Langellier et Peter Lamond.

M. DUBIN croit que l'on peut effectivement lier l'index de Langellier à la variation de la rugosité K dans le temps, mais cela uniquement en laboratoire.

Dans la pratique, les conduites sont soumises à des vitesses variables (et la vitesse doit nécessairement agir sur

la rugosité), des températures variables, etc., si bien que la liaison entre K et l'index de Langellier paraît difficile à prendre en considération : il n'y a pas de formule possible.

M. MIGNOR précise que l'eau est une matière vivante qui évolue tellement que l'on ne peut pas la connaître d'une façon déterminée pour pouvoir dire comment il faut la traiter. On peut considérer que les mathématiques donnent l'essence des phénomènes et demander aux traités d'eau de définir les facteurs caractéristiques; puis, à la lumière de l'expérience, voir dans quelle classe est l'eau et faire alors une synthèse des deux résultats.

M. MIGNOR, ayant parlé de vitesse moyenne dans le lit de boue au moment des pulsations, M. GOMELLA, en tant que traicteur d'eau, voudrait savoir quelle est la vitesse moyenne au plan d'eau et quelle est la production par m<sup>2</sup> de l'ouvrage.

M. MIGNOR répond que cela dépend essentiellement de l'eau que l'on a et de son évolution au cours de l'année, des réactifs, des adjuvants que l'on y met ou non, de la teneur des matières en suspension. On peut cependant citer quelques chiffres : pour des eaux peu minéralisées qui flocculent mal, on adopte des vitesses de l'ordre de 3 m/h; pour des eaux de Seine, dont on suit parfaitement la floculation, on prend des vitesses de 8 m/h. Mais il faut tenir compte de l'exploitation : entre le maximum possible d'un appareil et le maximum d'exploitation, on est obligé de choisir des vitesses réduites dans une zone qui va de 2,50 m à 7 ou 8 m/h : on a vu des décanteurs accélérés, bien faits, ne pas pouvoir marcher à la vitesse de 1 m/h sur des eaux peu minéralisées.

M. GOMELLA demande ce qu'il se passe lorsque le distributeur d'eau est amené à avoir des variations de débit.

M. MIGNOR précise que la vitesse ascensionnelle pendant la chasse varie peu avec le débit traité, car elle est fonction d'une charge déterminée et d'une section constante.

Si Q est le débit maximal qui passe dans l'appareil pour une hauteur de chasse de 1 m, le fait de passer de Q à Q/2 ou Q/3 ne change pas notablement les vitesses de pulsation dans le lit de boue. Par contre, si l'on a des boues à un certain niveau conditionné par un déversoir noyé, la concentration qui, à débit maximal, est de l'ordre de 15 à 20 % et même 30 %, va varier, de même que momentanément la hauteur du lit

de boue. Par exemple, si on passe de Q à Q/3, on n'a pas le même niveau de boue, mais, si l'on continue à fonctionner à débit réduit, le niveau de boue va remonter et retrouver son équilibre. D'autre part, le temps de floculation augmente de façon qu'à la sortie on ait toujours une eau de qualité. Quand on repasse au débit maximal, l'excédent de boue se déverse dans les conservateurs et pendant un certain temps, on augmente les extractions.

M. GOMELLA repose la question pour une même eau, mais à des périodes différentes.

M. MIGNOR répond que l'on peut mettre la dose optimale de réactif ou d'adjuvant pour parer aux périodes froides; la floculation de l'eau est déterminée par un facteur électrique; elle est bonne lorsque le potentiel de l'eau est voisin du potentiel 0 : il faut donc mettre la dose d'adjuvant ou de réactif que demande l'appareil électrique qui le contrôle; sinon, quel que soit le décanteur, l'eau sera mal travaillée.

La seule chose que l'on puisse dire, c'est que si l'on travaille sur la surface d'un décanteur où tous les filets sont absolument parallèles, les vitesses localisées sont plus faibles que lorsqu'on utilise un décanteur où seule une partie est prise par la floculation et l'autre pour la décantation : l'avantage du système est d'avoir la vitesse ascensionnelle minimale pour un débit déterminé.

M. GOMELLA demande comment on peut maintenir les conditions de l'équilibre hydraulique de l'appareillage qui fait intervenir non limitativement la viscosité de l'eau (liée à la température), la viscosité de la suspension boueuse (liée à sa concentration), le débit traité, les qualités physico-chimiques de l'eau brute, etc., tous ces paramètres étant variables à la fois au cours d'une journée et en cours d'année dans les stations de traitement.

M. MIGNOR répond que si l'on met des quantités de réactifs déterminées pour des eaux connues, on peut régler l'appareil. Il faut aussi choisir correctement la surface du décanteur, la vitesse ascensionnelle, et bien régler les chasses. On peut également intervenir sur le mode de traitement pour faire face aux différentes variations.

M. le Président s'excuse d'interrompre cette intéressante discussion, compte tenu de l'heure, et propose à MM. GOMELLA et MIGNOR de se retrouver en fin de séance pour la poursuivre.