PP20.38

Description des équipements utilisés pour le traitement des effluents des usines papetières et leurs critères

Par
Marc-André Morin

Pour
Environnement Canada

Août 1992

TABLE DES MATIERES

Introduction 1

Traitement préliminaire 3

Traitement primaire 6

- Bassin de sédimentation 8
- Clarificateur gravitationnel 10
- Clarificateur par flottation 14

Traitement secondaire 16

- Traitement anaérobique 16
- Traitement aérobique 18
  - Bassin d'oxydation 18
  - Bassin aéré de stabilisation 20
  - Systèmes de boues activées 22
  - Boues activées à oxygène pur 25
  - Système de traitement secondaire avec support biologique 26

Conclusion 28

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Tamis en continue	4
Figure 2	Cellule de flottation	5
Figure 3	Procédé de sédimentation "grit chamber" . .	9
Figure 4	Principe de précipitation par adjuvant chimique	10
Figure 5	Clarificateur gravitationnel circulaire	12
Figure 6	Clarificateur gravitationnel rectangulaire	12
Figure 7	Clarificateur par flottation	15
Figure 8	Types de réacteurs anaérobiques	17
Figure 9	Bassin d'oxydation	18
Figure 10	Lagune aérée	20
Figure 11	Types d'arrangements des réacteurs et décanteurs	23
Figure 12	Système de boues activées avec oxygène pur	25
Figure 13	Système de traitement avec support biologique	26
Figure 14	Filtre biologique à disques rotatifs . .	27

INTRODUCTION

Depuis quelques années, les industries manufacturières sont de plus en plus incitées à se soucier de leur environnement. De plus en plus, les gouvernements fédéral et provincial mettent en place de nouvelles réglementations dans les secteurs industriels les plus dommageables pour l'environnement.

L'un des secteurs qui fût le premier touché par ces règlements fût le secteur des pâtes et papiers. Le principal but visé par la réglementation des fabriques de pâtes et papiers est la réduction des MES, de la DBO et de la toxicité.

Pour ce faire, les industries doivent se munir d'équipements plus performants et plus perfectionnés pour le traitement des eaux usées de la fabrique.

Il existe une grande quantité d'équipements disponibles sur le marché pour réduire ce type de pollution et les plus utilisés et les moins coûteux à employer dans l'industrie des pâtes et papiers sont les suivants:

- Pour un traitement préliminaire, on utilise surtout les tamis et les cellules de flottation pour enlever les gros débris de l'effluent. On utilise également des décanteurs de matières lourdes ou bien des tamis suivis de raffineurs.

- Pour un traitement primaire, on utilise généralement des bassins de sédimentation, des clarificateurs par gravité ou des clarificateurs par flottation.

- Pour un traitement secondaire, on utilise surtout des lagunes aérées ou des systèmes de boue activée aérobique. On peut cependant voir dans certain cas d'emplacement restreint des traitements anaérobiques ou des traitements par biofiltres. On étudie même dans certains cas l'utilisation de l'hyperfiltration et de la cristallisation dans le but d'enlever la toxicité de l'effluent.

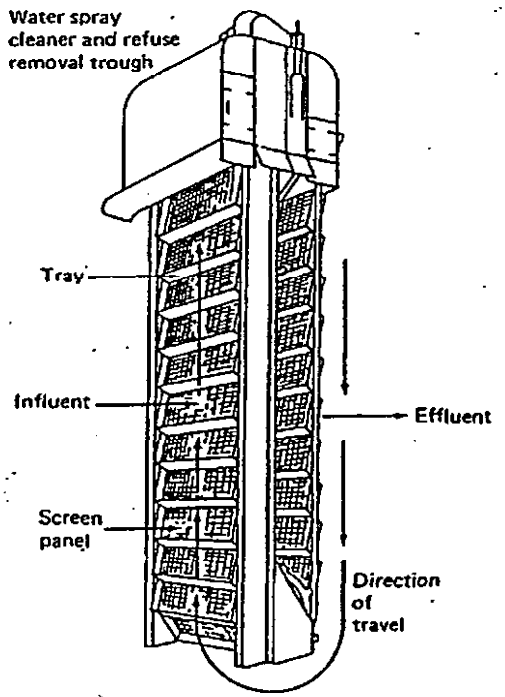
TRAITEMENT PRELIMINAIRE

Le traitement préliminaire comprend des procédés de traitement initial destinés à éliminer les gros débris tels que des copeaux, des écorces, des roches, du sable et les débris qui peuvent venir endommager les équipements des procédés primaires et secondaires. Certains traitements peuvent aussi neutraliser les résidus acides ou alcalins. On les utilisent également pour uniformiser les caractéristiques particulières des effluents, qui surviennent normalement au cours de l'exploitation d'une usine de pâtes et papiers.

Il existe principalement quatre procédés utilisés dans l'industrie des pâtes et papiers pour le traitement préliminaire des effluents, soit le tamisage, le tamisage suivit d'un raffinage, le décantage des sables et autres débris et les cellules de flottation. Le but de tels procédés est d'éviter d'endommager les pompes, la tuyauterie et l'équipement de déshydratation des matières solides par des débrit de grosse dimension.

Le tamisage se fait généralement soit par des grilles installées dans l'effluent à différents endroits dans l'effluent, soit par un système de tamis en continue permettant le nettoyage immédiat et la libre circulation des eaux en tout temps (voir figure 1).

Figure 1 Tamis en continues

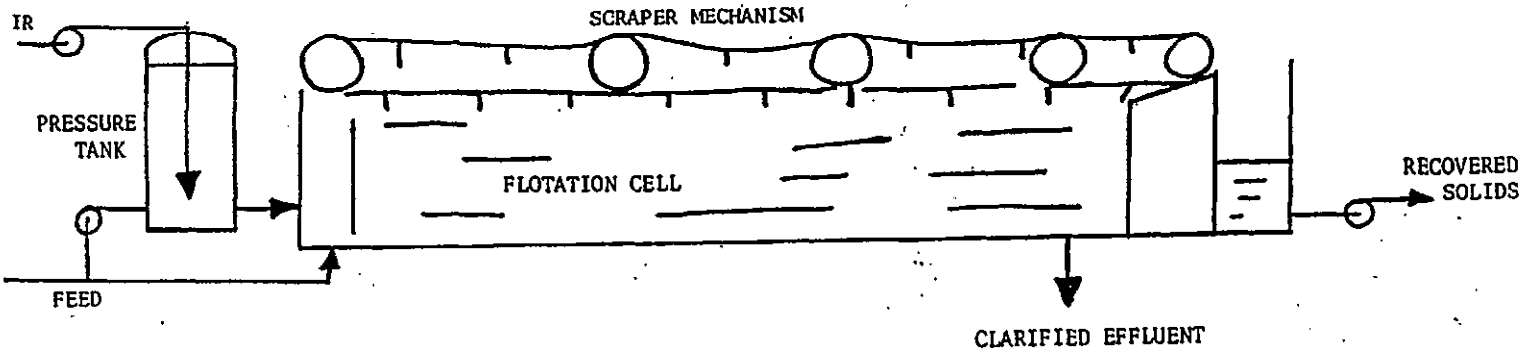


Le raffinage des gros résidus se fait généralement dans le but de permettre à ces débris de passer les tamis sans problème et ainsi être traités par les traitements primaire et secondaire. Par contre, ce procédé n'est que très peu utilisé dans l'industrie papetière.

Un autre procédé souvent utiliser dans l'industrie papetière est la cellule de flottation. Cette cellule est tout simplement un bassin muni d'un racloir situé sur la surface de l'effluent ou du bassin. Ce racloir enlève les gros résidus décorce de bois pouvant endomagé le système de traitement des eaux. Ce système est surtout

utiliser sur les effluents du département de préparation du bois (voir figure 2).

Figure 2 Cellule de flottation



Le dernier procédé préliminaire traité est celui de la sédimentation des sables, des roches etc. Ce procédé est très simple et il consiste a faire passer l'effluent dans une chambre à bas débit favorisant ainsi la décantation des matières lourdes dans le fond du bassin.

TRAITEMENT PRIMAIRE

Le traitement primaire a pour principale fonction d'éliminer les MES (matières en suspensions) des effluents industriels ou municipals.

Le traitement primaire élimine 80 à 95% de la partie décantable des matières solides en suspension. Le reste des matières en suspension sont des matières non-décantables qui devrons être éliminées par l'addition de produits chimiques pour activer la décantation.

Les adjuvants de décantation ou de floculation sont l'alun, le chlorure ferrique et les polyélectrolytes. Ces adjuvants ont pour mission première d'agglomérer les particules trop légères en particules plus larges et plus lourdes facilitant ainsi leur décantation. Normalement, la précipitation par ajout d'ajuvants chimiques requiert un rapide mélange. Une période de floculation est ensuite prévu pour permettre un bon travail de adjuvants. La période de mixage est d'environ 30 secondes et le temps de rétention pour la floculation doit être d'environ 20 minutes.

Comme une partie de la DBO dépend des matières en suspension dans l'effluent, le traitement primaire réduit habituellement la DBO totale d'environ 10 %.

Dans les traitements primaires, nous nous arrêterons sur trois types de traitement, le traitement par bassin de sédimentation, le traitement par clarificateur à gravité et le traitement par clarificateur à flottation.

BASSIN DE SEDIMENTATION

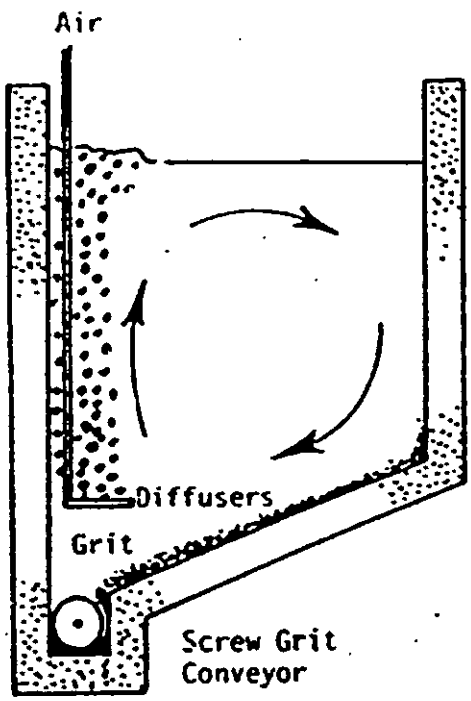
Les bassins de sédimentation sont le plus simple traitement possible. Le procédé est généralement formé d'une paire de bassins de 5 à 10 fois plus longs que larges, leurs profondeurs varient de 10 à 15 pieds. Le temps de rétention dans ces bassins varie entre 6 à 12 heures, ce qui permet aux matières solides décantables de se déposer dans le fond des bassins. Les bassins sont nettoyés régulièrement à l'aide d'un appareil de terrassement. Bien que le coût initial de ces bassins soit peu élevé, leur nettoyage peut être coûteux parce qu'il n'y a pas de moyen pratique de déshydrater les boues avant leur évacuation et l'évacuation des boues à faible consistance est très difficile. Cependant, lorsqu'ils sont bien construits et que leur emplacement est bien choisi, leurs coûts de nettoyage peuvent facilement être inférieurs aux coûts d'exploitations d'un décanteur primaire. Les bassins sont généralement par paire pour pouvoir faire le nettoyage sans pour autant arrêter la production.

Les critères de design de ce genre de traitement sont assez larges. Par contre, en pratique, on construit ceux-ci pour pouvoir traiter entre 24 450 et 32 600 litres/jour/m^2 de surface soit entre 24.45 et 32.60 m^3/jour/m^2 de surface.

Il existe d'autres types de bassins de sédimentation sur le marché tels que les petits bassins aérés "grit chamber". Il

s'agit de petits bassins aérés d'environ 3 minutes de rétention. L'air est diffusé par le bas de la chambre y formant ainsi un tourbillon. Ce tourbillon a pour effet d'emporter les solides en suspension et de les dirigers vers la paroi inférieure du bassin où se trouve une vis sans fin (voir figure 3).

Figure 3 Procédé de sédimentation "grit chamber"

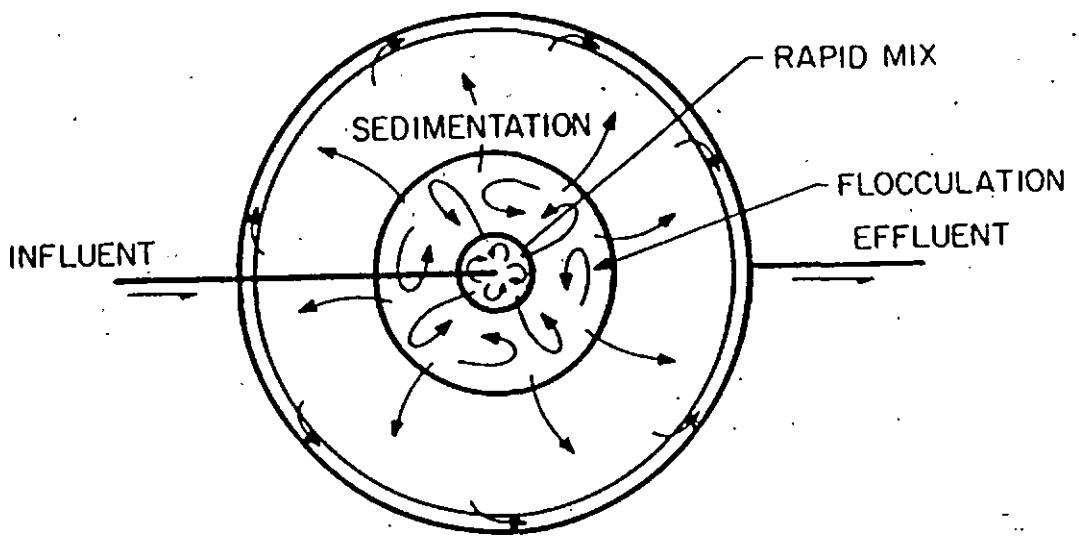


L'utilisation de ces bassins de sédimentation sont très peu favorisée par rapport au clarificateur circulaire de sédimentation beaucoup plus compact et efficace pour les papetières.

CLARIFICATEUR GRAVITATIONNEL

Les clarificateurs gravitationnels sont la plupart du temps de grands bassins de forme circulaire à fond conique munis d'un mécanisme de raclage du fond. Ce raclage permet d'évacuer les boues et les résidus sédimentés au cours de l'opération de traitement. La rotation du racloir se fait de façon très lente, soit de 2 à 3 tours par heure. Le fond conique fait un angle d'environ 60° avec la verticale. L'effluent à traiter entre par le centre et ressort quelques heures plus tard par un tuyau sur le coté du clarificateur. Dans plusieurs industries, on ajoute à l'entrée du clarificateur, dans la zone de brassage, un floculant permettant d'aglommérer les fines fibres aux autres et ainsi favoriser la sédimentation (voir figure 4).

Figure 4 Principe de précipitation par adjuvant chimique



Un clarificateur gravitationnel utilisé dans l'industrie des pâtes et papiers peut traiter de 600 à 1200 g/jour/ft^3 de superficie de bassin. Les clarificateurs les plus utilisés sont les clarificateurs circulaires (voir figure 5). Cependant, il existe d'autres types de clarificateurs tels les clarificateurs rectangulaires (voir figure 6). Pour les clarificateurs gravitationnels circulaires, les boues sont évacuées par le centre au fond à une consistance d'environ 1.5 à 5%. Elles sont ensuite pompées vers des filtres rendant leur consistance à environ 25%.

Il existe deux sortes de pompes pour évacuer les boues, soit les pompes centrifuges qui ne fonctionnent bien qu'en bas de 5 à 6 % de consistance et les pompes à déplacement positif qui fonctionne très bien jusqu'à 10% de consistance. Un prétraitement grossier est nécessaire dans les deux cas pour éviter que de grosses particules ne viennent abimer les pompes à boues.

Les critères de design pour les clarificateurs gravitationnels circulaires sont quand même simples. Normalement le temps de rétention doit être d'environ 2 heures. La profondeur minimale est de 3 mètres pour des clarificateurs de diamètres variant entre 9 et 20 mètres et d'un minimum de 4,5 mètres pour des clarificateurs de 60 mètres et plus. Le diamètre minimal utilisé en industrie est d'environ 6 mètres. Le fond du bassin est généralement incliné et la pente est d'environ 8% en direction du centre favorisant ainsi l'extraction des boues.

Figure 5 Clarificateur gravitationnel circulaire

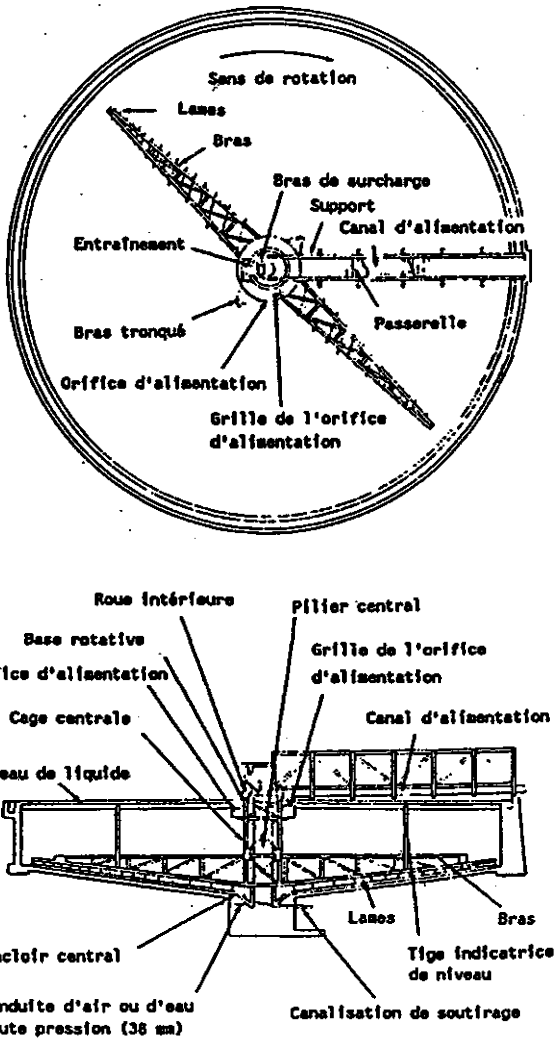
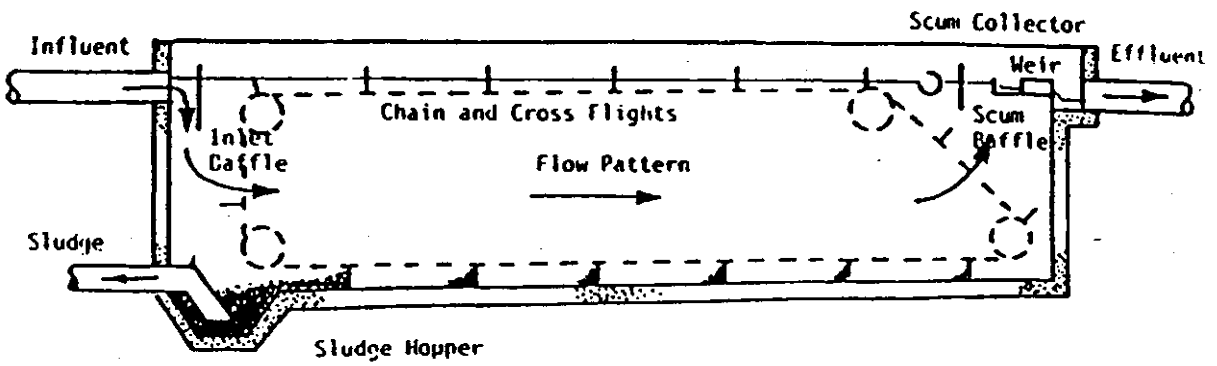


Figure 6 Clarificateur gravitationnel rectangulaire



De tels systèmes ne peuvent cependant pas traiter plus que 42 m^3/jour/m^2 de surface sans diminution du rendement final. Il est cependant plus raisonnable de construire le clarificateur avec une charge hydraulique entre 24 et 28 m^3/jour/m^2 de surface même si la baisse de charge n'améliore pas la qualité de l'effluent. La raison, qui est bien simple, est que lors de la conception du clarificateur, les débits d'effluent utilisé sont des débits moyens, donc le système doit pouvoir traiter des débits supérieurs au débit moyen. Il faut également tenir compte du besoin futur en traitement des effluents de l'entreprise.

CLARIFICATEUR PAR FLOTTATION

Le clarificateur par flottation conventionnel n'est pas aussi utilisé dans les pâtes et papiers que le clarificateur gravitationnel. Son utilité se fait surtout sentir lorsque les matières en suspension ou débrit tendent à rester à la surface ou lorsque que l'on veut faire la récupération de fibres exemptes de sable et autres déchets (voir figure 7).

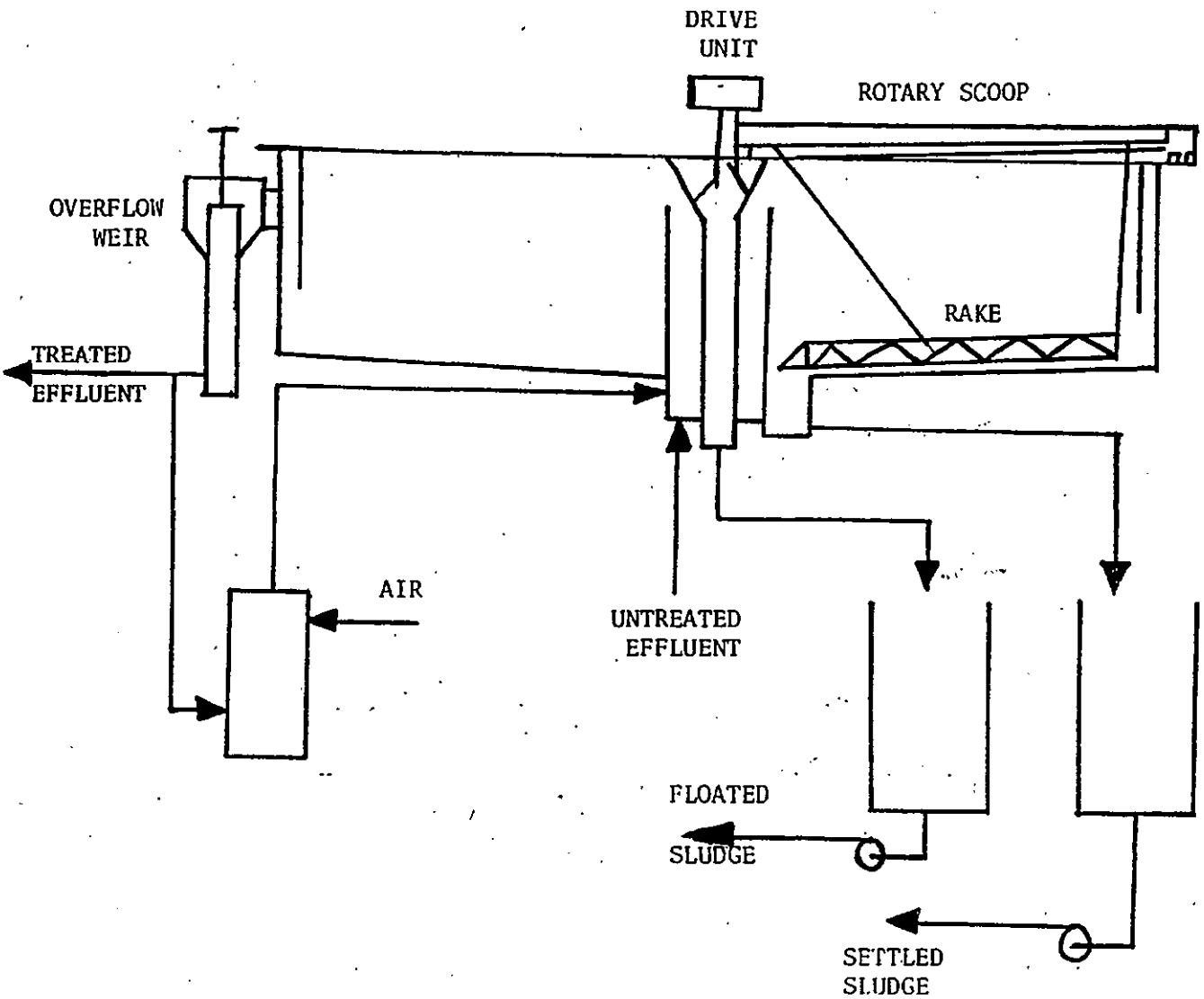
La base de ce système est d'introduire dans le fond du bassin ou dans l'entrée du bassin de l'air sous pression. Cette air sous pression est relâché de façon à produire de très fines bulles qui s'attacheront aux solides en suspensions, ces solides en suspensions seront ainsi emportés à la surface.

Il existe aussi des clarificateurs par flottation utilisant des agents de floculation et ayant un racloir au fond du bassin pour évacuer les matières en suspension plus lourdes ayant tendance à descendre au fond. C'est le cas ici des kroftas utilisés dans les pâtes et papiers comme prétraitement afin de diminuer la charge en MES. Ces appareils sont généralement installés à l'intérieur de l'usine.

Il est cependant important de préciser que ces équipements de clarification par flottation ont des frais d'exploitation plus élevés que les autres systèmes. Cette

différence entre les coûts d'exploitation est explicable par le coût dû au système d'alimentation d'air combiné au coût des floculants utilisés.

Figure 7 Clarificateur par flottation



TRAITEMENT SECONDAIRE

Après un traitement primaire, l'effluent est en général débarrassé d'une grande partie des MES mais la DBO et la toxicité demeurent pratiquement inchangées. C'est justement pour enlever la DBO et la toxicité que l'on utilise les traitements secondaires. En général, ces traitements sont des traitements biologiques. Dans les traitements secondaires biologiques, il existe deux catégories de systèmes, les systèmes anaérobiques et les systèmes aérobiques.

TRAITEMENT ANAÉROBIQUE

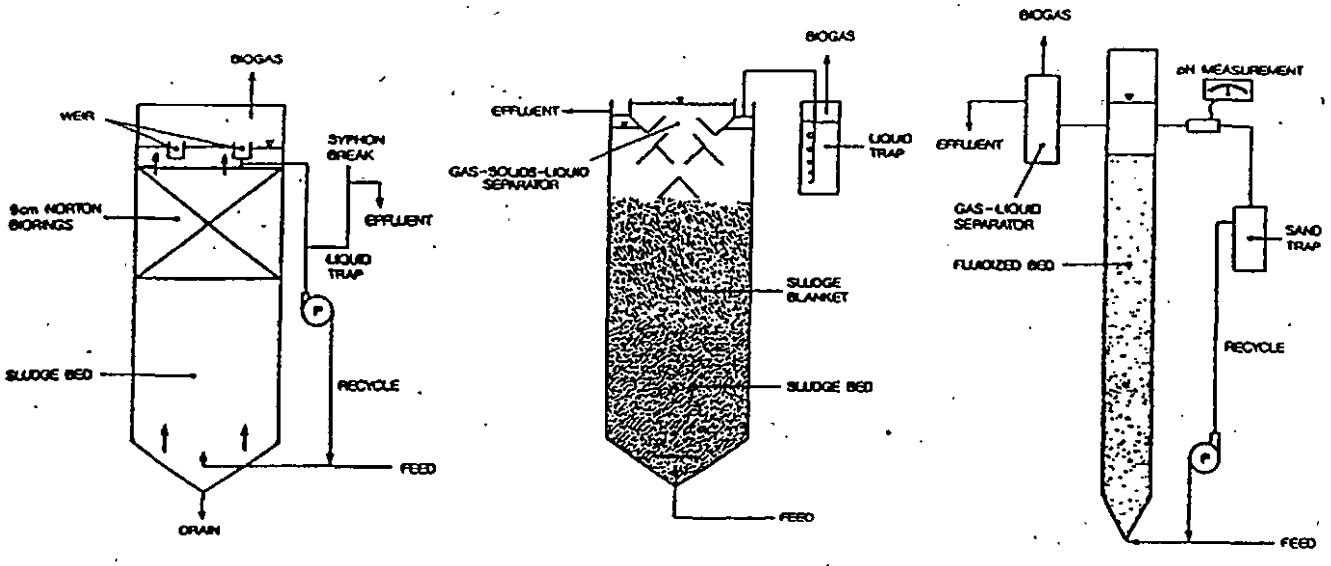
Les principaux avantages des traitements anaérobiques sont leur efficacité, la récupération et la réutilisation du biogas (méthane) produit par la décomposition des composés organiques et leur très bonne performance lorsque l'effluent est très concentré et régulier. Ces procédés ont un rendement d'enlèvement de la DBO variant en 40 et 90%. Cependant, le système doit fonctionné en collaboration avec un traitement aérobique pour que le rendement soit bon. Les traitements anaérobiques produisent près de trois fois plus d'énergie en gaz que l'énergie nécessaire pour le traitement.

Par contre, ce type de procédé comporte aussi des inconvénients par exemple les effluents doivent être très concentrés et réguliers, la régularité du volume des effluents

ainsi que leur température sont aussi très importantes. En plus de tous ces inconvénients, les systèmes anaérobiques sont beaucoup plus fragiles et beaucoup plus complexes que les systèmes aérobiques. De plus, les traitements anaérobiques ne réduisent pratiquement pas la toxicité des effluents car leur temps de rétention est faible.

Il existe à titre d'information trois types de réacteurs anaérobiques utilisés dans les pâtes et papiers: soit l'hybrid, le biopaq et l'anitron (lit fluidiser) (voir figure 8).

Figure 8 Types de réacteurs anaérobiques



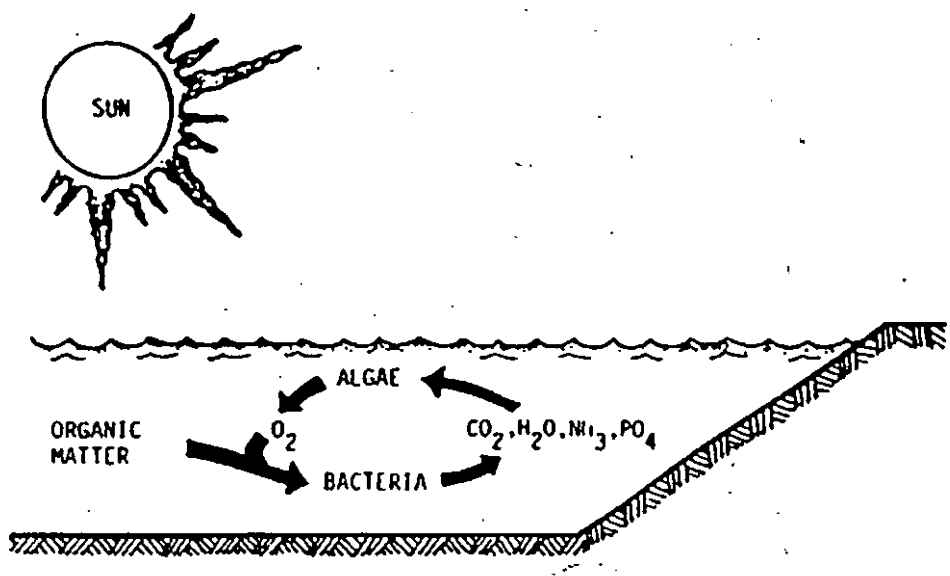
TRAITEMENT AÉROBIQUE

Pour l'industrie papetière, c'est le genre de traitement qui est le plus avantageux. Les traitements aérobiques sont simples sans problème d'utilisation majeur. Ils sont bien connus par les entreprises et les consultants qui les fabriquent. Ils ne sont généralement pas très coûteux et sont assez efficace avec la DBO et la toxicité selon les cas.

BASSIN D'OXYDATION

Ce traitement est le plus simple de tous les traitements secondaires, il s'agit d'immenses bassins capables de recevoir de grande quantité d'effluent (voir figure 9). La charge recommandée pour réduire de 50 à 90% la DBO dans des bassins d'oxydation est entre 4,89 x 10^{-5} et 5,8 x 10^{-5} Kg/m^3/jour avec un temps de rétention entre 20 à 60 jours.

Figure 9 Bassin d'oxydation



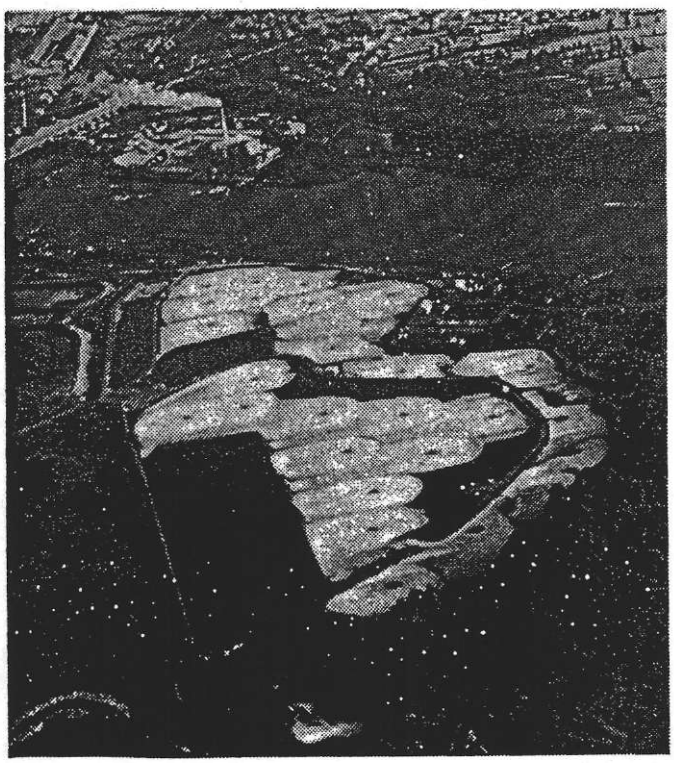
Ce type de traitement à deux principaux avantages. En premier lieu, il est capable d'accepter sans problème un déversement accidentel peut importe son ampleur. Deuxièmement, il n'a pratiquement pas besoin de maintenance car il est dépourvu de tout système mécanique.

Cependant, ces gigantesques bassins ne sont que très peu utilisé par l'industrie car ils ont besoin d'énormes superficies.

BASSIN AÉRÉ DE STABILISATION

Les bassins aérés ou plus généralement appelés lagunes aérées sont une extension naturelle des bassins d'oxydation (voir figure 10). Cependant, avec les bassins aérés, on peut augmenter la charge de façon significative tout en conservant le même taux de réduction de DBO.

Figure 10 Lagune aérée



Pour ce genre de traitement des nutriments sont parfois nécessaires. Les nutriments utilisés sont l'azote et le phosphore. Ils sont ajoutés à l'effluent selon un ratio prédéterminé de 1 partie de phosphore et 5 parties d'azote pour 100 parties de DBO.

Dans l'industrie papetière, les temps de rétention généralement utilisés pour ce genre de système sont de 5 à 10 jours. Cependant plusieurs système utilisent 15 jours de rétention. Avec ces temps de rétention, on obtient un rendement d'enlèvement entre 80 et 90 %.

Les critères de design sont une charge maximum de 1,8 E-4 Kg/m^3/jour ce qui engendrera une production de solide en suspensions entre 0,045 et 0.09 Kg/Kg de DBO. La température idéal pour un tel traitement se situe entre 20 et 40 °C. En dessous de 20 °C, la réduction de la DBO diminue jusqu'à un taux d'enlèvement variant entre
70 à 75%. Pour une diminution de 10°C sous les températures idéales, un temps de rétention de 35% supérieur doit être prévu pour obtenir le même pourcentage de réduction de la DBO.

Le désavantage d'un tel système est le même que celui des bassins d'oxydation c'est à dire la superficie nécessaire pour l'installation d'un tel équipement. En plus du problème d'espace, ce genre de traitement coûte cher en aération car les aérateurs doivent dissoudre 2,43 à 3,04 x 10-2 Kg/w*jour d'oxygène pour que le système soit efficace.

SYSTEMES DE BOUES ACTIVÉES

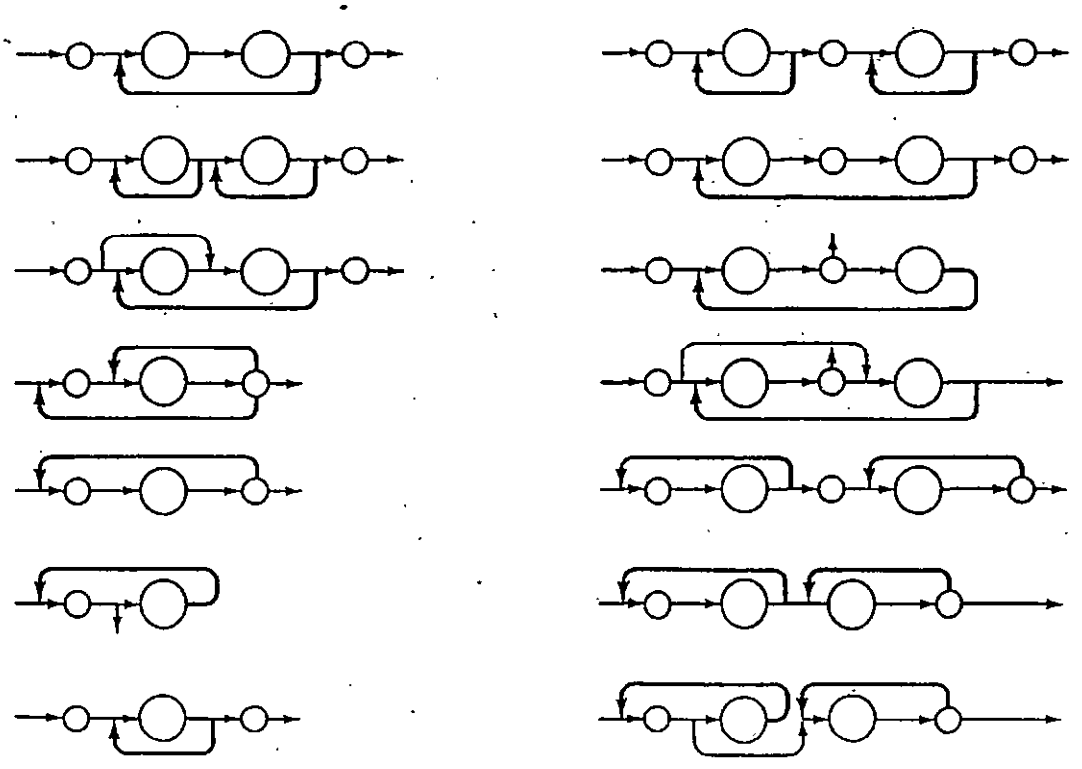
Le système de boues activées est un procédé mis au point pour les industries n'ayant pas assez d'espace, ou ayant des problèmes de traitement dû aux changements climatiques des saisons. Le système de boues activées est une extension du système par bassin aéré de stabilisation. Le traitement est principalement basé sur une oxydation et une culture bactérienne contrôlé. Dans ce procédé, des nutriments (azote et phosphore) sont ajoutés et le bassin est aéré pour permettre aux bactéries de survivre.

Le secret du système de traitement par boues activées est le recyclage de ces mêmes boues. Le recyclage de ces boues se fait du décanteur secondaire au réacteur de boues activées.

Le procédé par boues activées est généralement capable d'accepter 1,6 kg de DBO/m^3 de volume d'aération pour un pourcentage d'enlèvement de la DBO d'environ 90%. Le temps de rétention utilisé par ce type de système est de 3 à 8 heures. Ces systèmes sont donc beaucoup plus compacts que les bassins de stabilisation et moins sensibles aux températures froides de l'hiver. Par contre, si la température de l'effluent dépasse les 38°C, un système de refroidissement sera nécessaire pour éviter l'endommagement de la culture bactérienne. Les bactéries ont besoin d'un ratio de nutriment DBO:N:P de 100:5:1 et l'oxygène nécessaire et de 1 kg/kg de DBO enlevée.

Ce type de système doit être suivi obligatoirement par un décanteur secondaire. Ce décanteur sert dans un premier temps à enlever les MES générées par le traitement de boues activées et dans un deuxième temps à permettre la récupération et le recyclage de ces mêmes boues (voir figure 11). Les traitements par boues activées produisent normalement entre 0,23 et 0,34 kilogramme de boues par kilogramme de DBO enlevé. Le clarificateur secondaire est normalement construit pour traiter environ 24450 litres/mètre^2/jour.

Figure 11 Types d'arrangements des réacteurs et des décanteurs



Les grands cercles représentent les réacteurs de boues activées et les petits cercles les décanteurs.

La première installation de traitement par boues activés fût installée en 1953. Depuis, certaines modifications ont été apportées. De ces modifications, deux autres procédés sont nés, soit le "contact stabilisation" et l'"extended areation".

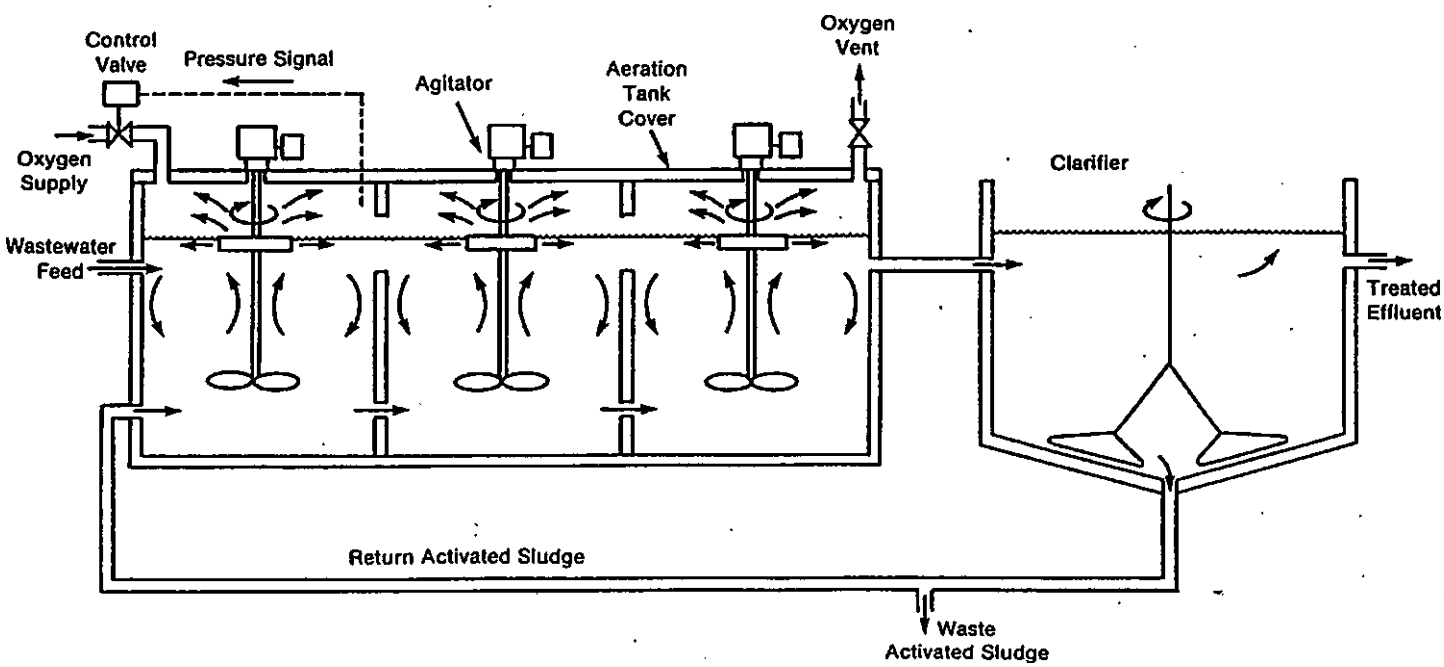
Le procédé par "contact stabilisation" signifie que le recyclage des boues se fait dans un bassin autre que le réacteur de boues activées. Les boues sont combinées à l'effluent dans le bassin de contact avant l'entrée du réacteur de boues activées. Ce bassin peut être le décanteur primaire dans certain cas.

Dans le procédé "extended aeration", le temps de rétention est allongé pour permettre un taux d'enlèvement de la toxicité plus élevé. Le temps de rétention de ce genre de système est de 1 à 3 jours avec une possibilité de traiter une charge de 0,904 à 1,2 kg/mètre^3 pour une efficacité de 80% et plus d'enlèvement de la DBO.

BOUES ACTIVÉES A L'OXYGENE PUR

Ce procédé n'est pas très répandu car il s'avère coûteux d'utilisation et ne règle pas nécessairement les problème de toxicité. Cependant, il est l'un des plus efficace dans l'enlèvement des solides en suspension. Un effluent très concentré de 5000 à 7000 mg/litre est cependant nécessaire pour diminuer les coûts d'opération. Une concentration en oxygène dissout d'environ 5 ppm est également nécessaire. Son rendement d'enlèvement de la DBO se situe entre 87 et 97 %. Le système peut traiter de 6,02 à 9,03 kg de DBO/m^3 de surface. Il est important de noter que l'oxygène non utilisé est recyclé de façon à réduire les coûts d'opérations (voir figure 12).

Figure 12 Système de boues activées avec oxygène pur



SYSTEME DE TRAITEMENT SECONDAIRE AVEC SUPPORT BIOLOGIQUE

Le système de boues activées avec support biologique est un système assez nouveau et encore peu populaire en Amérique. Il est cependant utilisé dans plus de 10 moulins au Japon où l'espace disponible au traitement est très limité. La force de tels systèmes réside dans l'espace minime qu'ils occupent (voir figure 13). D'après plusieurs études, ce système a un très bon rendement d'enlèvement de la DBO. Cependant, le temps de rétention est très court et n'enlève donc pas nécessairement la toxicité de l'effluent. L'un des filtres les plus utilisé est le filtre biologique à disques rotatifs (voir figure 14).

Figure 13 Système de traitement avec support biologique

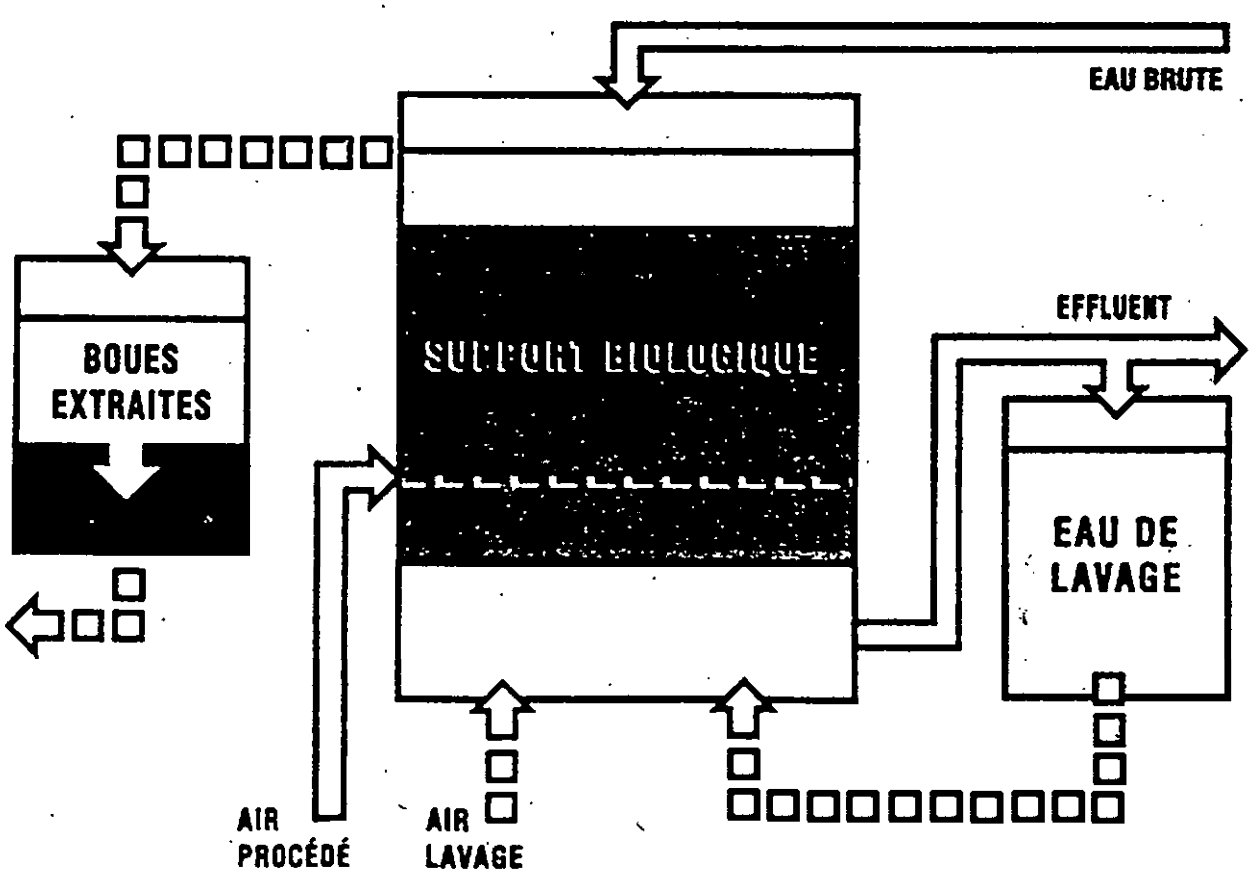
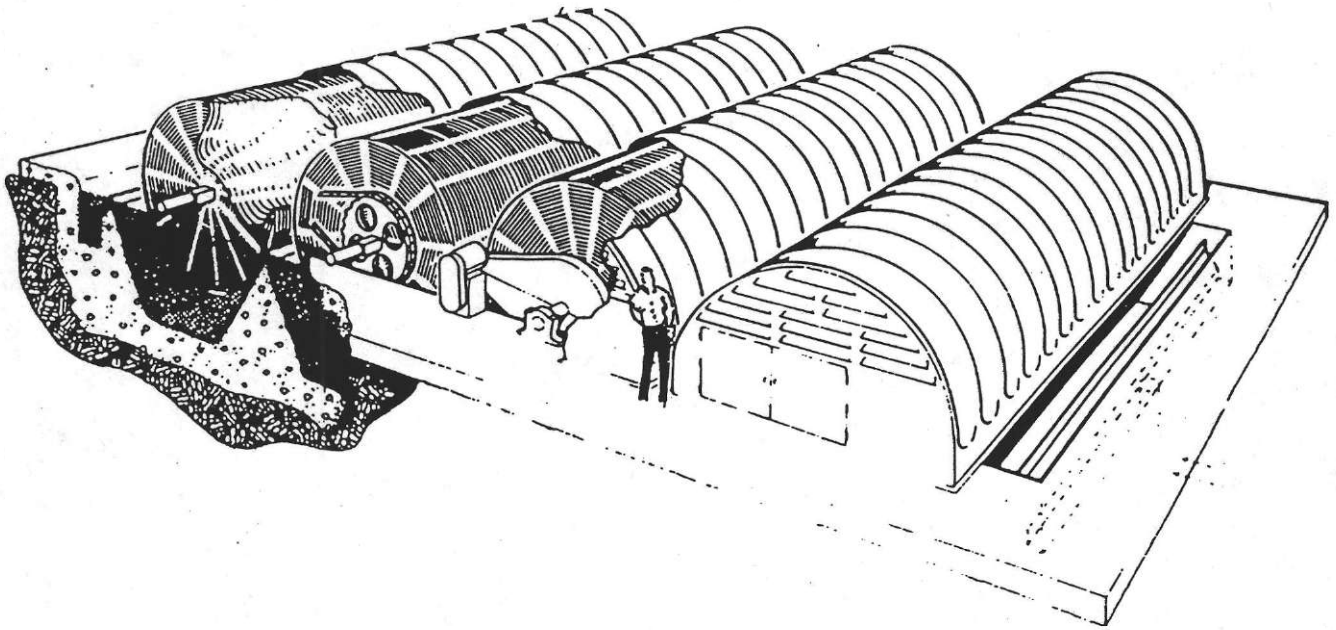


Figure 14 Filtre biologique à disques rotatifs



CONCLUSION

Comme nous avons remarqué durant ce travail, il existe une grande quantité d'équipement disponible pour le traitement des eaux usées. Ces traitements comportent des avantages et des inconvénients. Cependant, certains équipements sont plus performant que d'autre et seront probablement plus utilisés.

Dans le cas du traitement préliminaire, nous pouvons facilement supposer que les industries s'équiperons principalement de tamis en continu et de cellules de flottation.

Dans le cas du traitement primaire, la majorité des usines s'équiperont de décanteurs primaires circulaires.

Dans le cas du traitement secondaire, la grande majorité des usines s'équiperont de systèmes à boues activées. La plupart recycleront probablement leurs boues du décanteur secondaire vers le décanteur primaire. Quelques usines vont cependant opter pour des systèmes de biofiltration.

Pour finir, nous pouvons dire que la grande majorité des usines vont devenir conformes aux nouveaux règlements. Cependant, aucune d'entre elles ne visent un rejet zéro.

CRITERES DE DESIGN DES REACTEURS SECONDAIRES DES SYSTEMES DE TRAITEMENT DES EAUX USEES

Système	Temps d'aération	Charge acceptée en DBO	Taux d'efficacité
Bassin d'oxydation	20 à 60 jours	4,9 à 5,8 E-5 Kg/m^3/jour	50 à 90%
Bassin aéré de stabilisation	5 à 10 jours	1,84 E-4 Kg/m^3/jour	80 à 90%
Boues activées (convent.)	3 à 8 heures	1,6 Kg/m^3	90%
Boues activées (extended areation)	1 à 3 jours	0,903 à 1,20 Kg/m^3	80%
Boues activées (oxygène pur)	1,5 à 2 heures	6,02 à 9,03 Kg/m^3	90%
Boues activées (filtres rotatifs)	2 à 3 heures	61,13 litre/jour/m^2	85%

BIBLIOGRAPHIE

Casey, James P : Pulp and Paper chemistry and chemical technology, troisième édition, volume 2, pp 1248, 1271

MISA : Best available technology for the Ontario pulp and paper industry, Ontario, Sept 1991, pp 190, 223

Perry, Robert H : Perry's chemical engineers' handbook, seizième édition, USA, pp 26-38, 26-51

Smook, G.A. : Manuel du technicien et de la technique en pâtes et papiers, Trois-Rivières, pp 424, 434