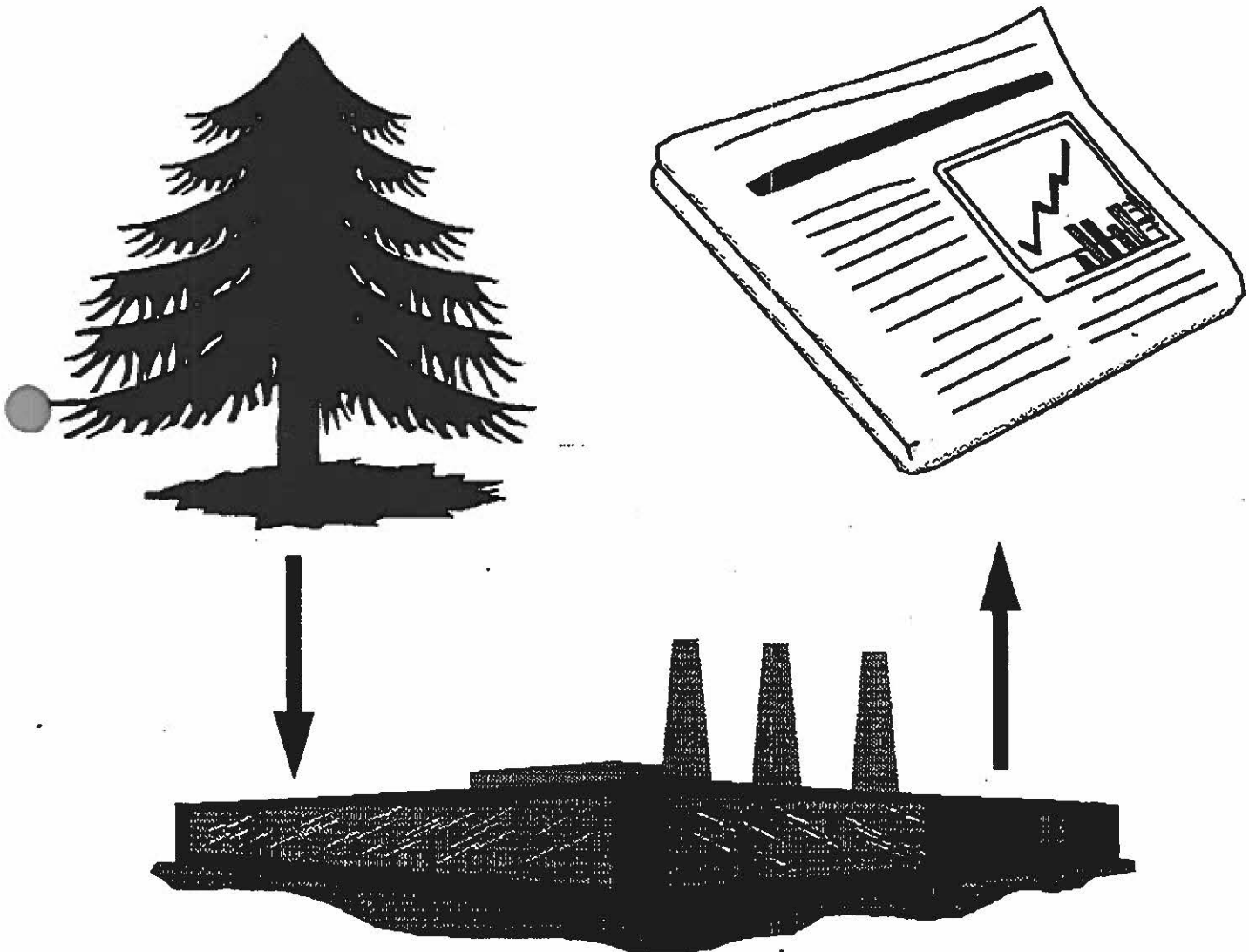

● GUIDE TECHNIQUE SECTORIEL FABRICATION DE PÂTES ET PAPIERS



Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec
● **Direction des politiques du secteur industriel**
Novembre 1995

des systèmes, ou la gestion des boues de traitement, tous ces paramètres auront un impact sur l'efficacité du système de traitement de même que sur la rentabilité de la fabrique.

La localisation des systèmes de traitement doit également être étudiée avec soin. La proximité d'activités récréotouristiques ou même de quartiers résidentiels pourrait occasionner des tensions souvent inutiles avec le voisinage. De plus, les caractéristiques du sol de l'emplacement désiré peuvent entraîner des coûts d'installation additionnels.

Lors de la mise en place des systèmes de traitement, il est souvent indispensable d'instaurer un programme de formation du personnel. Il est essentiel que le personnel de production et d'entretien comprenne les impacts de leurs actions respectives. L'absence de compréhension et de communication entre les responsables de l'atelier du traitement des effluents et le personnel de production est la cause majeure des mauvais résultats de traitement.

5.1.3 Techniques d'assainissement

La plupart des techniques d'assainissement interne comme la réduction de la consommation d'eau et des charges polluantes, ont déjà fait l'objet des chapitres antérieurs. Cette section sera donc principalement orientée vers les techniques d'assainissement externes, c'est-à-dire les traitements en bout de ligne.

Les rejets des contaminants réglementés varient passablement d'une fabrique à l'autre. Tous les paramètres présentés à la page 5-283 ne sont pas nécessairement contraignants pour l'ensemble des fabriques et ne requièrent pas forcément un traitement particulier. Par exemple, les rejets des composés organiques halogénés adsorbables, de polychlorodioxines et de polychlorofurannes se retrouvent de façon plus significative dans les effluents des fabriques utilisant des agents de blanchiment à base de chlore. Les BPC ne sont présents en concentrations notables que dans les effluents de certains procédés de désencrage ou de trituration de fibres

secondaires. La réduction des rejets d'hydrocarbures passe habituellement assurée par des programmes d'entretien ou des traitements internes.

D'autres paramètres, comme le pH et la température, ne représentent souvent pas des contraintes de rejet significatives parce que le fonctionnement des traitements biologiques exige un ajustement préalable du pH et de température de l'effluent. Cet ajustement assure le respect de ces normes. Les normes concernant le rejet de dioxines et de furannes ne sont généralement pas contraignantes pour une fabrique qui n'utilise pas d'agent de blanchiment chloré.

Généralement, les traitements de dépollution des effluents des fabriques de pâtes et papiers visent l'enlèvement des matières solides en suspension et des solides organiques dissous ainsi que la détoxification de l'effluent. Un seul traitement ne permet pas d'atteindre tous les objectifs de rejet. Les papetières ont généralement recours à des traitements primaires et secondaires. Les traitements primaires ont pour fonction première l'enlèvement des MES de l'eau usée. Les traitements secondaires ou biologiques permettent ensuite de réduire le contenu de l'effluent en matières organiques dissoutes et de détoxifier l'effluent. La quantité de matières organiques dissoutes dans l'effluent est souvent présentée sous la forme de demande biochimique en oxygène durant cinq jours (DBO₅).

5.1.3.1 Traitement primaire

Depuis le 31 décembre 1983, les fabriques de pâtes et papiers du Québec sont soumises à une norme concernant le rejet des matières en suspension contenues dans les effluents. La plupart des fabriques opèrent donc, depuis un certain temps déjà, des systèmes de clarification aussi appelés traitements primaires. Les deux techniques de clarification les plus utilisées sont la sédimentation par gravité et la flottation par injection d'air.

La majorité des papetières ont opté pour des systèmes de clarifica-

tion par sédimentation en raison du grand débit des effluents et de la facilité d'opération. Dans des conditions idéales, il est possible de décanter dans n'importe quel bassin naturel ou artificiel non agité, en approximativement deux heures, la majorité des matières en suspension. Cependant pour compenser la variation occasionnelle des charges hydrauliques, les mouvements créés par la circulation de l'eau usée et l'enlèvement des boues, un temps de rétention minimum de quatre heures est requis.

Les lagunes de sédimentation naturelles présentent des avantages en ce qui concerne les coûts d'acquisition. Par contre, la vidange et la déshydratation des matières en suspension accumulées dans le bassin représentent des opérations qui peuvent s'avérer complexes et coûteuses. Ces systèmes présentent aussi plus de risques pour l'environnement. Comme il s'agit souvent d'un simple trou dans lequel l'effluent est dirigé, il est possible que la piètre étanchéité du bassin favorise la contamination du sol et la migration des contaminants vers les milieux aquatiques. L'accumulation de boues dans le bassin peut également permettre le rejet soudain d'une quantité de solides très importante. Les gaz libérés par les réactions bactériennes anaérobies au fond du bassin, principalement du méthane, du sulfure d'hydrogène et de l'ammoniac, renversent le processus de décantation. Ce genre de traitement primaire requiert habituellement deux cellules de sédimentation indépendantes, car l'effluent à traiter doit être dévié pendant la période de vidange des boues.

Pour la majorité des fabriques de pâtes et papiers, le traitement primaire des effluents est réalisé par la décantation des solides en suspension dans des bassins circulaires artificiels possédant un système mécanique de récupération des matières en suspension sous forme de boue (figure 5.1). Ces systèmes sont appelés «décanteur».

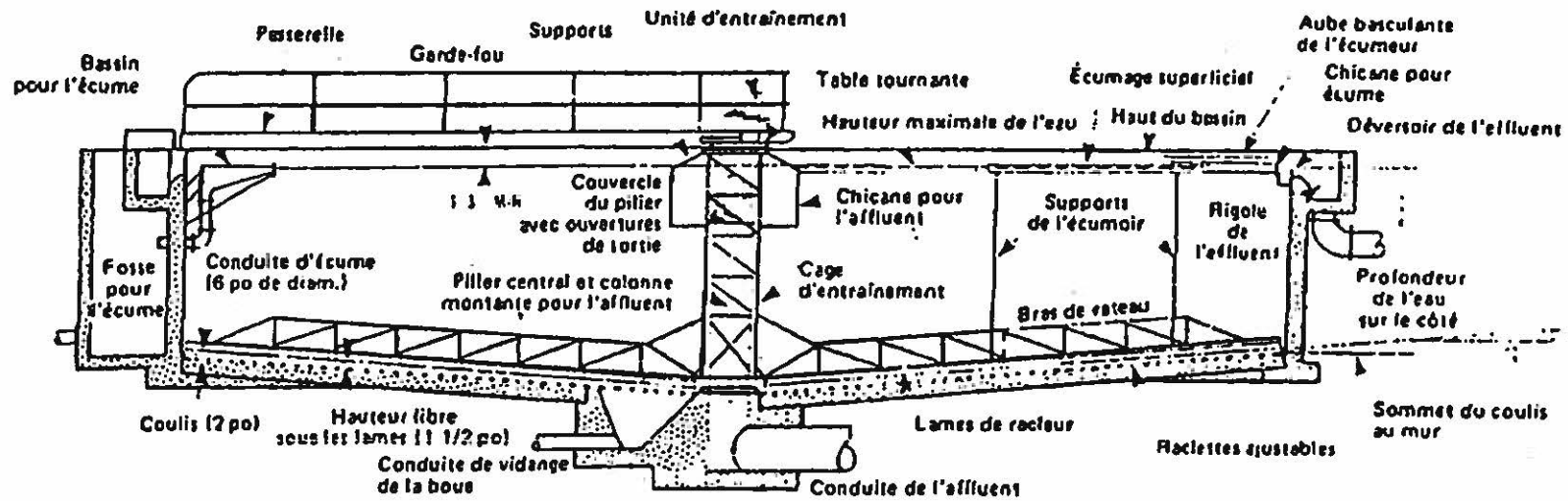
Le fonctionnement du décanteur est simple. L'effluent à traiter est libéré dans un puits d'alimentation central, provoquant un écoulement descendant. Par la suite, l'eau usée se dirige lentement vers les parois du bassin. Les particules solides décantables se déposent au fond du bassin, alors que l'eau traitée est évacuée par

La surverse périphérique. Le fond de ce type de clarificateur est habituellement conique pour faciliter la concentration et la récupération des solides sous forme de boue. L'angle d'inclinaison du fond du bassin est d'environ 8 %. La boue contenant de 2 % à 5 % de matière solide est dirigée, au moyen d'une racle, vers un puits de récupération central et ensuite dirigée vers un réservoir ou un système de déshydratation. L'accumulation de boue au fond du bassin peut occasionner un bris majeur des racles de boue et peut même provoquer le rejet massif de solides.

Comme plusieurs éléments ne sont pas susceptibles de décanter rapidement, l'addition de polymère permettant la floculation des solides augmente l'efficacité de clarification du système de traitement. De plus, d'autres solides de faible densité se retrouvent tout simplement en surface du clarificateur. Plusieurs bassins artificiels de clarification par sédimentation possèdent un système d'écumage pour retirer ce matériel flottant.

Figure 56

Décanteur primaire



Facteur de conversion: 1 po = 2,54 cm

Le traitement primaire des effluents dans un décanteur requiert d'abord une étape de classage (dégrillage) des effluents avant traitement. Ce traitement consiste essentiellement à retirer les particules de grandes dimensions qui risqueraient d'endommager les racles et de bloquer les conduites et les pompes.

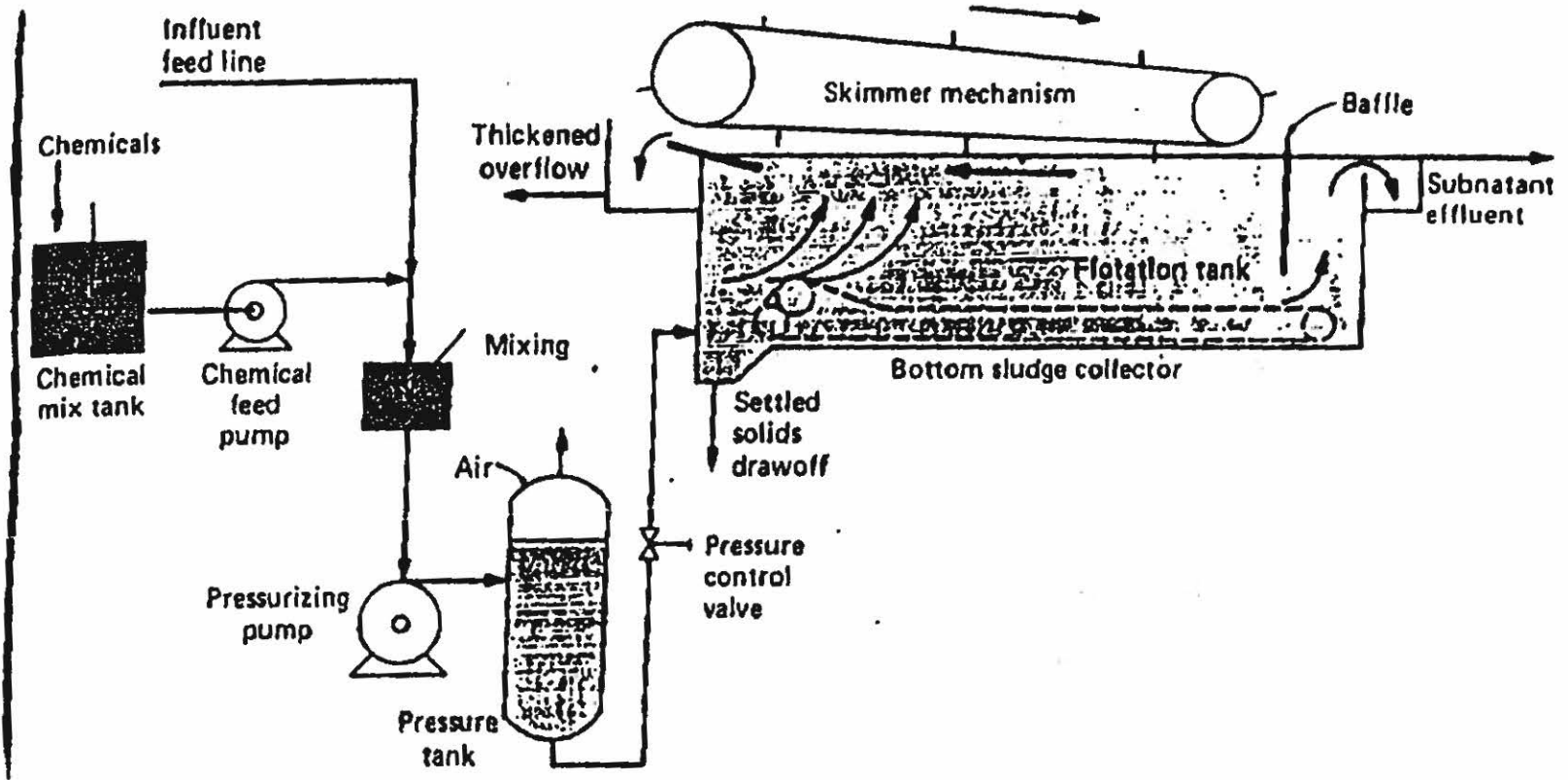
L'efficacité de la séparation des solides est fonction de la vitesse d'ascension de l'eau exprimée en mètres cubes par jour par mètre carré. Dans le secteur des pâtes et papiers, on observe des valeurs variant de 25 à 35 mètres cubes par mètre carré par jour. La profondeur d'un tel bassin varie de 3 à 4,6 mètres.

Ces systèmes de clarification par décantation sont également utilisés pour la récupération des boues biologiques à la sortie des traitements secondaires. Par contre, pour assurer le recyclage efficace des boues secondaires au bassin d'aération, les organes de raclage sont couplés à des tubes de succion qui permettent la récupération des boues en périphérie sans perturbation hydraulique centrale. La vitesse d'ascension de l'eau à l'intérieur du décanteur secondaire est moins élevée qu'à l'intérieur d'un décanteur primaire et varie généralement de 12 à 15 mètres cubes par mètre carré par jour.

Un troisième type de clarificateur, appelé flottateur ou cellule de flottation, permet de séparer les matières solides grâce à l'injection d'air dans la solution à clarifier (figure 5.2). Les clarificateurs par flottation portent souvent le nom de leur fabricant, comme Krofta ou Poséidon. Par le passé, ce type de clarificateur était principalement utilisé dans le procédé de désencrage du vieux papier et comme ramasse-pâte à l'atelier des machines à papiers. Il est aujourd'hui de plus en plus populaire comme traitement primaire partiel ou complet des effluents. Il requiert moins d'espace qu'un clarificateur par décantation conventionnel, ce qui permet généralement de l'installer à l'intérieur des bâtiments, à l'abri des conditions atmosphériques rigoureuses.

Figure 57

Cellule de flottation



La technique de clarification par flottation est plus efficace que la sédimentation pour le traitement de la majorité des effluents du secteur des pâtes et papiers, avec un taux d'efficacité de plus de 98 %. C'est pourquoi il constitue une alternative intéressante pour la récupération et la réutilisation des fibres dans un effluent fortement concentré. Cependant, les coûts d'exploitation d'un tel système pour le traitement en bout de ligne (polymère, énergie, traitement des boues) le rendent souvent moins attrayant. Alors que l'ajout d'agents de floculation peut être considéré avantageusement dans un traitement par sédimentation conventionnel, l'emploi de tels additifs chimiques devient indispensable dans le cas d'un traitement par flottation.

Le principe à la base de ce système de clarification est l'ascension des particules de densité inférieure au liquide. En fixant sur les solides en suspension de minuscules bulles d'air, la densité globale de la nouvelle particule ainsi formée devient plus faible que la densité de l'effluent à traiter. Les solides en suspension voyagent alors vers la surface du cuvier, où ils sont retirés par écumage.

Comme une portion variable des solides, même associés à de minuscules bulles d'air, n'aura pas la densité requise pour atteindre la surface, l'unité de flottation doit être conçue pour recueillir, du moins occasionnellement, des solides décantés. Il est également possible de recueillir, dans des systèmes de clarification différents, les solides facilement décantables avant l'alimentation de l'effluent à la cellule de flottation.

L'efficacité d'enlèvement des matières solides en suspension est principalement fonction du taux de débordement de la cellule (≈ 1 à 2 m/h), de la quantité et du type de polymère utilisé, du type de matériel à retirer des effluents ainsi que du débit d'air injecté dans l'effluent à traiter.

Le mouvement ascendant provoqué par la remontée des particules composées de solides en suspension et d'air provoque la compression des boues en surface. La boue retirée contient une proportion d'air

importante, qui peut provoquer des difficultés de drainage et/ou de pressage.

Lorsque des eaux blanches ou des boues provenant de la cellule de flottation sont réutilisées dans le procédé de fabrication, il faut porter une attention spéciale aux agents chimiques employés pour la flottation. Étant donné que des agents chimiques comme des polymères sont souvent utilisés au niveau de la machine à papier, il faut s'assurer de la compatibilité de tous ces additifs chimiques.

Le nombre d'unités de flottation en opération au Québec, principalement pour des traitements internes, augmente constamment. Cet équipement constitue d'ailleurs une des pièces d'équipement maîtresse des nouveaux ateliers de désencrage. De même, une nouvelle technologie implantée dernièrement au Québec consiste à clarifier la liqueur mixte (solution contenue dans le réacteur biologique) sortant du bassin d'aération, à l'aide d'une cellule de flottation.

D'autres techniques pourraient permettre de séparer les solides en suspension des effluents. On pense, par exemple, à la filtration fine, à la centrifugation ou à la précipitation chimique. Cependant, dans la majorité des cas, le coût de ces traitements et/ou les contraintes techniques qui leurs sont associés sont plus importants que ceux des systèmes de clarification conventionnels.

5.1.3.2 Traitement biologique ou secondaire

Le traitement biologique des effluents a pour principales fonctions de réduire les rejets provoquant une demande biochimique en oxygène et d'éliminer la toxicité aiguë des effluents. Pour la première fois, le 31 décembre 1988, les fabriques de pâtes et papiers du Québec étaient soumises à des normes de rejet concernant les matières ayant une demande en oxygène. Ces normes concernant les rejets de DBO_5 étaient plus ou moins sévères selon la date de la mise en exploitation de la fabrique. Seulement quelques fabriques

étaient alors soumises à des normes suffisamment contraignantes pour nécessiter la mise en place d'un traitement biologique. Cependant, depuis le 30 septembre 1995, les normes de DBO₅ ont été resserrées et une nouvelle norme concernant la non-toxicité des effluents a été instaurée. Pratiquement toutes les papetières du Québec qui rejettent leurs effluents dans l'environnement ont dû mettre en place un traitement biologique.

Les traitements biologiques, souvent appelés traitements secondaires à cause de leur situation dans la chaîne de traitement, se divisent en deux groupes: les traitements biologiques aérobies (ceux dont l'activité de dégradation bactérienne requiert un apport d'oxygène moléculaire) et les traitements biologiques anaérobies (ceux dont la dégradation bactérienne s'effectue sans apport d'oxygène moléculaire). Comme le traitement secondaire anaérobie ne permet généralement pas à lui seul de satisfaire toutes les exigences réglementaires, et qu'il présente d'autres inconvénients particuliers au secteur des pâtes et papiers, il n'est pas employé fréquemment pour le traitement des effluents des fabriques de pâtes et papiers.

Voici une liste des traitements secondaires les plus connus :

Traitements secondaires

Aérobies

- Cultures en suspension
 - Étangs aérés
 - Boues activées
- Cultures fixées
 - Biofiltration
 - Lits bactériens
 - Disques biologiques

Anaérobies

- Cultures en suspension
 - Bassins anaérobies
 - UASB - *Upflow anaerobic sludge blanket*
 - Réacteurs de contact (réservoir mélangé)
- Cultures fixées
 - Lits garnis
 - Lits fluidisés

5.1.3.2.1 Traitement secondaire aérobie

Le traitement secondaire de type aérobie n'est, en quelque sorte, qu'une reproduction accélérée du mécanisme de dégradation naturelle des substances organiques. Dans l'environnement, le rejet direct des substances organiques entraîne une lente dégradation qui utilise l'oxygène dissous dans l'eau, ce qui prive ainsi les organismes vivants d'un élément essentiel à leur survie. C'est en concentrant, dans un réacteur, les éléments naturels qui provoquent la dégradation biologique dans l'environnement, que les traitements secondaires permettent de réduire le rejet des substances organiques dissoutes. Par l'utilisation de micro-organismes et d'oxygène, il est possible de convertir ou de transformer les substances organiques dissoutes en éléments moins nocifs pour l'environnement. Le carbone organique des solides dissous se retrouve, par suite de la dégradation biologique, sous forme de gaz carbonique et de composante de la biomasse.

Il existe plusieurs types de traitement secondaire aérobie susceptibles de rendre les effluents des papeteries non toxiques et conformes aux normes de rejet de solides organiques dissous (DBO₅). Ils fonctionnent tous suivant des principes de base universels. Le traitement secondaire des effluents exige l'utilisation d'une population adéquate de micro-organismes. Il s'agit donc d'utiliser ou de favoriser la croissance de la population de micro-organismes appropriés, tout en assurant le maintien d'une juste quantité de ces micro-organismes.

Il est donc important de combler les besoins essentiels de ces organismes vivants et tout aussi important de leur éviter des conditions qui pourraient détruire rapidement la population tout entière. Des variables, comme le pH et la température, ainsi que des substances chimiques, comme des biocides, représentent des éléments qui, lorsque mal contrôlés, peuvent réduire ou même annuler l'activité des micro-organismes. Les dommages extrêmes que pourraient causer ces éléments peuvent aller jusqu'à l'extermination de la biomasse.

Il est donc essentiel d'éviter que des contaminants toxiques pour les micro-organismes n'atteignent directement le traitement secondaire. La mise en place de mesures de prévention adéquates contre les déversements accidentels est non seulement souhaitable, mais indispensable pour prévenir des arrêts prolongés du traitement secondaire. Ceci pourrait signifier l'obligation d'interrompre les opérations de la fabrique pour une longue période. L'installation d'un bassin d'urgence d'une capacité suffisante peut également permettre de protéger le traitement secondaire contre des déversements qui n'ont pu être contenus à la source. Celui-ci permet également de contrer l'effet des augmentations importantes du volume d'effluent à traiter et des mauvais fonctionnements des traitements précédents, comme la clarification et la neutralisation.

L'une des variables importantes qui influencent le taux de croissance des bactéries est la température du milieu liquide. Comme les traitements biologiques employés dans l'industrie des pâtes et papiers favorisent principalement l'utilisation de bactéries de type mésophile, les valeurs de température optimales pour le traitement se situent entre 25 et 35 °C. L'exploitation d'une unité de traitement secondaire dans d'autres conditions n'entraîne pas la disparition de toute la population de micro-organismes, mais cela signifie que le renouvellement et la croissance de la masse bactérienne se feront à un rythme plus lent. Des conditions extrêmes de température susceptibles de détruire la population bactérienne sont peu probables pour des effluents provenant des fabriques de pâtes et papiers. Cependant, les conditions estivales rendent essentielles la mise en place d'un système de refroidissement pour plusieurs fabriques.

Les micro-organismes utilisés pour la digestion aérobie peuvent survivre à des valeurs de pH variant de 5 à 10. Cependant, l'opération d'un traitement secondaire aérobie à bas pH favorise la croissance de micro-organismes indésirables au détriment des colonies de bactéries recherchées. Par contre, l'opération à pH élevé entraîne la précipitation des éléments nutritifs, ce qui provoque une carence en azote et en phosphore ainsi que la formation d'algues. Cette dernière situation peut également favoriser la

formation de micro-organismes indésirables. Des valeurs de pH variant entre 6,5 et 8,5 favorisent la croissance d'une population bactérienne adéquate. Des valeurs de pH extrêmes ou des variations rapides de pH peuvent détruire toute la population de micro-organismes.

Les micro-organismes ont aussi besoin de nutriments pour stimuler leur métabolisme. Les eaux usées des fabriques de pâtes et papiers ne contiennent que très peu d'éléments nutritifs. Ces faibles quantités sont insuffisantes pour appuyer la dégradation biologique. De l'azote est généralement ajouté à l'entrée du traitement secondaire sous forme d'azote ammoniacal ou d'urée. L'azote constitue environ 10 % du poids sec d'une biomasse. Elle est utilisée pour la reproduction bactérienne. Du phosphore, sous forme d'acide phosphorique, est aussi ajouté au traitement biologique. Il ne représente que 2 % de la composition de la biomasse, mais joue un rôle important dans le stockage et la libération énergétique.

L'ajout de ces éléments doit être effectué selon des critères rigoureux, et en proportion avec la quantité de DBO_5 alimentant le système. L'addition d'une quantité de nutriments supérieure aux besoins des micro-organismes peut être néfaste au traitement et à l'environnement. Un apport excessif de nutriments peut occasionner une simple coloration verte due à la croissance importante d'algues et de plantes aquatiques. Mais le rejet important d'éléments nutritifs peut aussi provoquer la surconsommation d'oxygène, favoriser l'eutrophisation du milieu récepteur et rendre l'effluent toxique.

D'un autre côté, une carence en éléments nutritifs ralentit le processus de dégradation de la matière organique dissoute et favorise la prolifération de bactéries filamenteuses. Ce type de micro-organismes est difficile à récupérer par sédimentation. Par conséquent, il devient difficile de les récupérer dans un décanteur secondaire conventionnel, donc d'activer la dégradation biologique.

Généralement, dans un traitement par boues activées, le phosphore et l'azote sont ajoutés en fonction de la charge de DBO_5 à traiter.

selon des proportions approximatives d'un kilogramme de phosphore et de 5 kilogrammes d'azote pour 100 kilogrammes de DBO₅ à traiter.

Les trois réactions chimiques à la base de la dégradation biologique aérobie nécessitent l'apport d'oxygène. Il s'agit des réactions suivantes :

Combustion C + O₂ -----> CO₂ + chaleur

Biosynthèse C + O₂ -----> nouvelles bactéries
 bactéries
 N et P

Respiration endogène bactéries + O₂ --> CO₂ + chaleur + cendres

Tout comme pour les nutriments, la quantité d'oxygène ajoutée doit être suffisante pour combler les besoins des micro-organismes. L'ajout d'une quantité excessive d'oxygène au niveau des réacteurs biologiques n'entraîne pas de mal fonctionnement du système de traitement secondaire aérobie, mais entraîne des frais inutiles pour une fabrique.

D'autres variables peuvent également influencer l'efficacité d'un traitement secondaire aérobie. Dans la plupart des traitements de ce type, le mélange de la solution à traiter avec la masse bactérienne et l'oxygène doit être optimisé. Un bon degré de mélange assure un traitement plus uniforme de la solution par l'élimination des zones mortes où se produiraient le dépôt des solides en suspension et des carences en oxygène.

La stabilité de la charge hydraulique représente un autre élément susceptible d'affecter l'efficacité du traitement. L'augmentation du débit d'alimentation du traitement secondaire aérobie réduit le temps de rétention dans le bassin d'aération, mais encore plus important, réduit le temps de sédimentation dans le décanteur secondaire d'un traitement par boues activées conventionnels. Toute variation du débit d'alimentation et de la charge organique doit être compensé lors des opérations de neutralisation, d'égalisation

et d'addition des nutriments.

Contrairement au traitement primaire, qui n'exige que peu d'interventions humaines, l'opération adéquate d'un traitement secondaire requiert le travail presque continu d'au moins un employé. Un bon suivi du fonctionnement du traitement commande des inspections visuelles, des examens microscopiques et une quantité importante d'analyses chimiques. Voici une liste des analyses minimales requises pour l'optimisation de l'efficacité d'un traitement secondaire aérobie :

- demande chimique en oxygène;
- demande biochimique en oxygène;
- matières en suspension;
- matières volatiles en suspension;
- matières décantables (SVI);
- oxygène dissous;
- azote (ammoniacal et Kjeldahl);
- phosphore total;
- nitrates.

Comme la masse des micro-organismes demande un certain temps pour se développer, on ne peut, comme on le fait pour les opérations de production, interrompre complètement les activités liées au suivi et au fonctionnement d'un traitement secondaire. Les micro-organismes doivent être en santé et en nombre suffisant pour traiter, dès le départ des opérations de production, les effluents de la fabrique. Il faut donc, même en période d'arrêt total des opérations de la fabrique, nourrir le traitement avec des substances compatibles avec les bactéries employées pour la dégradation des matières organiques.

Cultures en suspension

Étangs aérés

Il est possible, au moyen de lagunes peu profondes mais de grande surface, d'oxyder naturellement la matière organique contenue dans

l'effluent d'une usine de pâtes et de papiers. Cependant, à cause principalement de l'important volume d'effluent à traiter et du climat québécois, la plupart des fabriques ne peuvent se permettre la construction d'immenses ouvrages d'assainissement. Le traitement biologique de type «étang aéré» permet, par rapport aux lagunes d'oxydation naturelles, d'accélérer la dégradation biologique et de réduire l'espace requis pour le traitement secondaire des effluents. Il n'en demeure pas moins que le traitement par étang aéré nécessite tout de même une grande superficie.

L'étang aéré consiste en un bassin de 5 à 30 jours de rétention et qui est beaucoup plus profond qu'une simple lagune d'oxydation. De l'oxygène est mis en solution au moyen d'aérateurs mécaniques, de jets ou de diffuseurs. L'aération, en plus de permettre la survie et la croissance des bactéries dans l'étang, assure un mélange continu de la solution, ce qui favorise les contacts entre les polluants et les micro-organismes. Des éléments nutritifs doivent être ajoutés dans l'étang pour stimuler le métabolisme des micro-organismes.

Comparativement aux autres traitements aérobies, l'étang aéré génère une quantité de boues moins importante, soit de 0,1 à 0,3 kg de boues/kg de DBO_5 à traiter. Ces boues sont constituées essentiellement de biomasse. Certains étangs aérés sont suivis d'un traitement de sédimentation pour libérer l'effluent de la biomasse en suspension. Cependant, très peu d'étangs aérés exploités par l'industrie papetière au Québec possèdent ce genre de traitement de clarification. Les boues qui s'accumulent au fond de l'étang sont alors vidangées périodiquement. Notons que l'accumulation de boues dans un étang aéré crée des zones d'accumulation qui sont susceptibles de provoquer un rejet important des boues.

Le principal avantage du traitement secondaire par étang aéré est sa capacité d'adaptation aux surcharges hydrauliques. Par contre, la grande surface et un temps de rétention important le rendent plus sensible aux variations de la température extérieure. De plus, la récupération et le traitement des boues biologiques sont plus complexes.

Le traitement par étang aéré est mieux adapté à la dégradation biologique d'un effluent dont la concentration en DBO₅ n'excède pas 500 mg/L. Dans des conditions adéquates, ce traitement permet également de rendre l'effluent final non toxique (CL₅₀ - 96 heures - truites). Il permet aussi la dégradation partielle des composés organiques halogénés adsorbables présents dans l'affluent à traiter.

Boues activées

Il s'agit du type de traitement le plus employé pour la dégradation biologique des effluents des fabriques de pâtes et papiers au Québec. Il existe plusieurs variantes de ce type de traitement (voir figure 5.3). Le fonctionnement de ce traitement aérobic est caractérisé par la récupération et la recirculation d'une partie de la biomasse pour augmenter la vitesse de dégradation des substances organiques dissoutes.

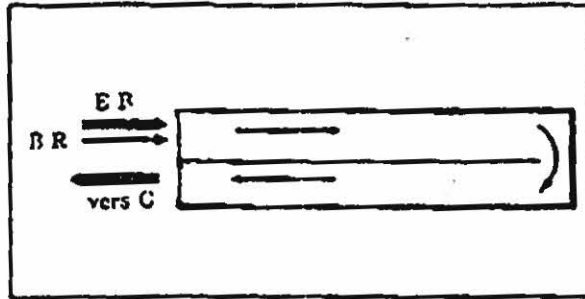
Comme dans tout traitement biologique aérobic, les micro-organismes survivent et se reproduisent en consommant les matières organiques dissoutes et l'oxygène ajouté au système. Des éléments nutritifs (N et P) doivent aussi être ajoutés au système de traitement. Comme la biomasse, maintenue en suspension dans le bassin d'aération, doit être récupérée et partiellement recirculée, le traitement par boues activées est complété par une étape de clarification. Autrefois, le travail de récupération de la biomasse était toujours réalisé par des décanteurs possédant des systèmes de succion des boues. Aujourd'hui, quelques fabriques utilisent des flottateurs comme clarificateurs secondaires.

La récupération de la biomasse peut sembler une opération simple, mais c'est à cette étape que l'on peut percevoir la plupart des dérèglements du système de traitement. Un mauvais ajustement de pH, un déséquilibre en éléments nutritifs, une température élevée de l'effluent à traiter, un manque d'oxygène et un mauvais mélange dans le bassin d'aération sont autant d'éléments susceptibles de nuire à la récupération de la biomasse. Par exemple, certaines des conditions mentionnées précédemment favorisent la croissance de micro-organismes qui ne décantent pratiquement pas qui sont appelées

bactéries filamenteuses. Une des techniques communément employée pour favoriser la croissance de la bonne catégorie de micro-organismes est l'installation d'un sélecteur. Le sélecteur le plus employé au Québec consiste en une zone anoxique plus ou moins isolée du bassin d'aération où les micro-organismes récupérés au système de décantation sont directement mis en contact avec l'effluent dès l'entrée au bassin.

Figure 58

Traitements secondaires par boues activées



EB = eau brute.
BR = boues de retour.
C = clarificateur.

Figure 364. Principe du flux piston.

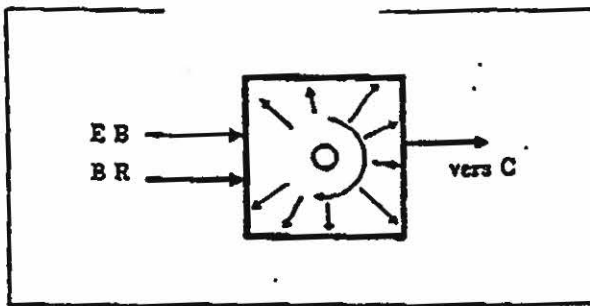


Figure 365. Principe du mélange intégral.

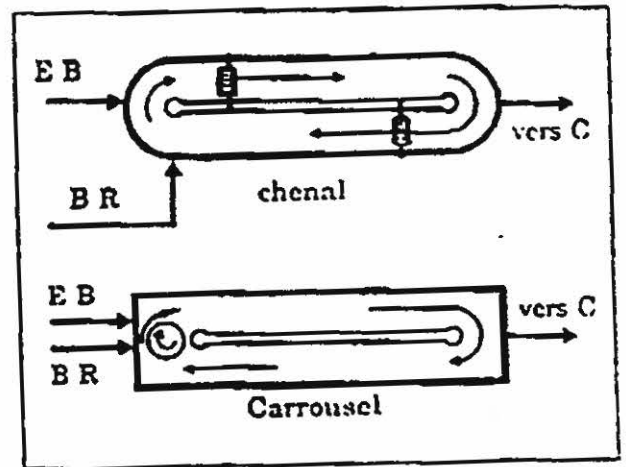


Figure 366. Bassins à boucle fermée.

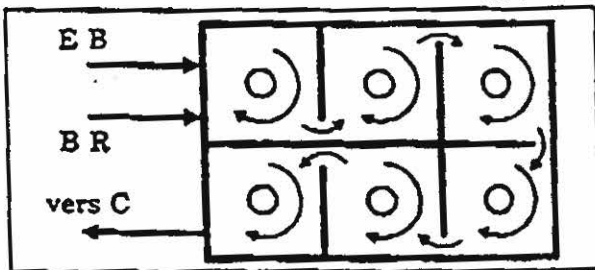


Figure 368. Bassin à cascades.

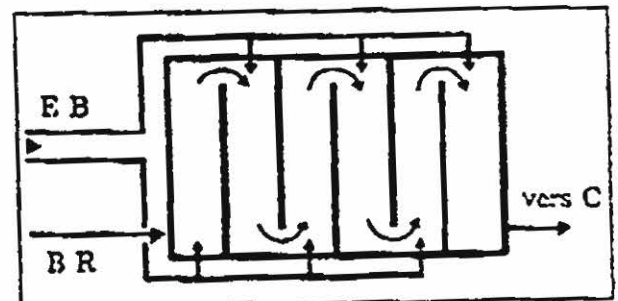


Figure 369. Bassin à alimentation étagée.

L'une des variables les plus importantes à contrôler pour assurer une efficacité de traitement maximale est le rapport «quantité de nourriture versus quantité de micro-organismes», habituellement présenté sous la forme de F/M. F, pour «food» représente la masse de pollution qui entre dans le système, exprimée sous la forme de kg de DBO₅ par jour, alors que M, pour «microorganism» représente la masse de micro-organismes présents dans le système, exprimée sous la forme de kilogrammes de MLVSS, abréviation anglaise signifiant la masse de solides volatils en suspension dans la liqueur mixte. Celle-ci étant la solution contenue dans le bassin d'aération. Généralement le rapport F/M varie entre 0,2 et 0,5.

La connaissance d'autres variables est aussi essentielle à l'optimisation de ce type de traitement biologique. Notons principalement les deux paramètres suivants, l'âge des boues et l'indice du volume de boues. L'indice du volume de boues, souvent appelé SVI d'après les abréviations anglaises, indique la vitesse de sédimentation des boues. L'âge des boues représente le temps de séjour théorique des micro-organismes dans le bassin et est évalué selon la relation «boues dans le système divisées par les boues éliminées». Un temps de séjour trop court des micro-organismes peut être insuffisant pour éliminer une quantité satisfaisante de matières organiques dissoutes, alors qu'un temps de séjour trop long peut rendre la récupération de la biomasse plus complexe.

Le traitement biologique par boues activées procure un meilleur contrôle du processus de dégradation biologique qu'un traitement par étang aéré. En contrepartie, ce type de traitement exige plus de surveillance et d'opérations qu'un étang aéré; car en plus de fournir tous les éléments nécessaires à la survie et à la croissance des micro-organismes, le court temps de rétention du traitement commande l'ajustement régulier de la quantité et de la qualité de biomasse retournée au bassin d'aération. Ces opérations requièrent une connaissance constante des conditions d'opération.

Le traitement par boues activées est bien adapté pour le traitement des effluents dont la concentration de matières organiques dissoutes

varie entre 100 et 1000 mg de DBO₅ par litre. Le temps de rétention requis pour le traitement biologique varie énormément en fonction de la charge à traiter et du processus d'oxygénation utilisé. Par exemple, la dégradation biologique par boues activées conventionnelles peut nécessiter de 8 à 12 heures, alors que ce même effluent pourrait être traité en 2 ou 3 heures avec un réacteur de type UNOX à l'oxygène pur au lieu de l'air.

Règle générale cependant, le réacteur d'un traitement par boues activées requiert en moyenne de 10 à 15 fois moins d'espace que le traitement par étang aéré. Cela le rend moins sensible aux conditions de température extérieure. Ce traitement est cependant plus sensible qu'un étang aéré aux fluctuations de débit et de charges organiques. Il est d'ailleurs plus important de régulariser et de neutraliser l'affluent de ce type de traitement. Les rendements concernant l'enlèvement des COHA sont comparables à ceux obtenus par un étang aéré. Le volume de boues générées par le traitement par boues activées est très élevé, soit de 0,5 à 0,7 kg de boues par kg de DBO₅ enlevée. Ce facteur présente un intérêt capital lors du choix d'un traitement biologique, puisque les boues secondaires sont très difficiles à déshydrater.

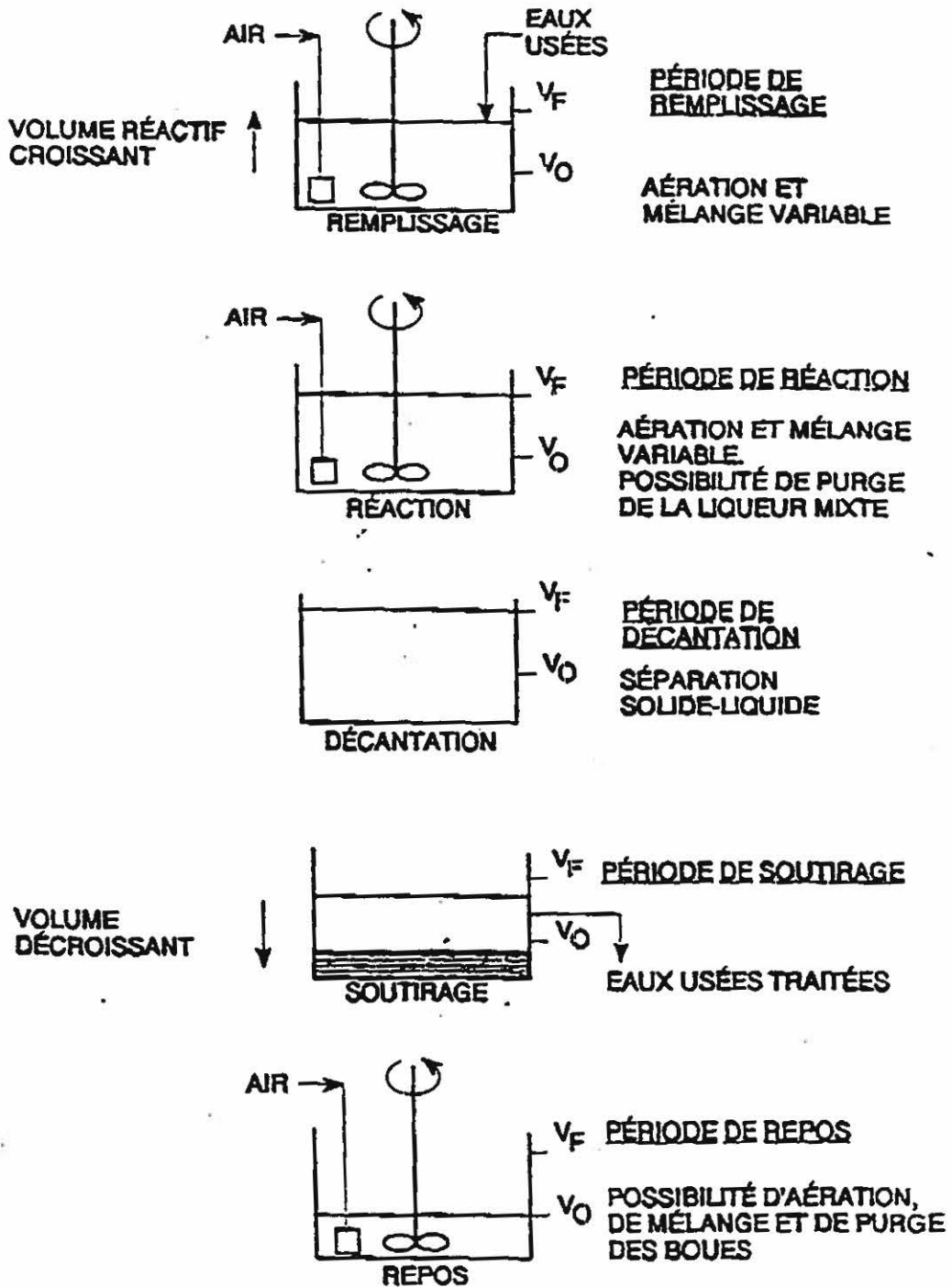
Tel qu'il a été mentionné auparavant, il existe de nombreuses variantes du procédé de traitement par boues activées. La plupart des modèles comprennent un bassin d'aération, puis un clarificateur par décantation. Certains modèles favorisent une aération décroissante, un écoulement de type « piston », une alimentation répartie en plusieurs points d'injection, ou en plusieurs cellules.

Le réacteur biologique séquentiel ou RBS est une des variantes du procédé de dégradation biologique par boues activées les plus connues et il est communément employé dans le secteur agro-alimentaire. Le RBS ressemble passablement à l'ancêtre des systèmes de traitement par boues activées développés au début du siècle. Il est généralement composé de plusieurs cellules indépendantes, qui recevront à tour de rôle l'affluent à traiter. Chaque bassin fonctionnera selon une séquence bien établie. Cette séquence comprendra des étapes d'alimentation, de mélange, d'aération, de

décantation, de vidange des eaux et des boues. Ce type de traitement ne requiert donc aucun équipement autre que les bassins d'aération (réacteur), puisque ces derniers remplissent également le rôle de système de clarification. Comme chaque réacteur est indépendant, le traitement des effluents pourra être poursuivi même si des dommages sont causés à l'une des unités. De plus, les boues produites par un RBS sont moins sujettes à la formation incontrôlée de bactéries filamenteuse appelée foisonnement ou «bulking». Pour toutes les raisons ci-dessus, plusieurs fabriques au Québec ont opté pour ce système de traitement biologique (figure 59)

Figure 59

Fonctionnement du réacteur biologique séquentiel (RBS).



Cultures fixées

La plupart des autres traitements secondaires aérobies connus fonctionnent à partir d'une culture de micro-organismes fixée. Ce procédé consiste à faire passer l'effluent à travers un milieu poreux où sont fixés les micro-organismes. Normalement, ce type de traitement n'est efficace que pour des effluents dont la concentration en DBO₅ est inférieure à 300 mg/L.

Le procédé de biofiltration effectue une dégradation de la matière organique dissoute en faisant passer l'eau usée à travers un milieu granulaire fin où sont fixés des micro-organismes. Le lit filtrant est généralement submergé et peut être composé de charbon, d'argiles ou de silicates. Tout comme pour les traitements aérobies décrits antérieurement, de l'air est injecté dans le système d'épuration et une quantité similaire de nutriments est requise. L'eau usée et l'air peuvent circuler concurremment ou à contre-courant et l'effluent à traiter peut voyager dans un courant ascendant ou descendant. Le procédé de biofiltration génère des quantités de boues comparables au procédé de traitement par boues activées. Comme la biomasse est retenue par le lit bactérien, les boues sont récupérées grâce à un lavage à contre-courant.

La mise en place de ce traitement requiert moins d'espace que les traitements précédents. Cependant, les coûts d'acquisition et d'opération sont relativement élevés. De plus, la biofiltration est généralement limitée au traitement d'eaux usées dont la concentration en DBO₅ est relativement faible. Les équipements de biofiltration sont appelés biofiltres, ou lits granulaires fixes.

L'efficacité de dégradation des solides organiques dissous est limitée et varie habituellement de 75 % à 85 %. Ce traitement permet généralement de détoxifier l'effluent (CL₅₀ -96 heures-truites).

Le traitement biologique des effluents au moyen de lits bactériens

consiste à faire passer un effluent à travers un matériau présentant une grande surface spécifique. Le lit bactérien n'est pas immergé et peut être composé de roches ou de matières plastiques. Ce traitement ne requiert généralement pas d'ajout d'oxygène mais des éléments nutritifs sont toujours nécessaires pour la survie et la croissance des micro-organismes. L'efficacité d'enlèvement de la toxicité et de la DBO₅ est très variable. Ce traitement n'est applicable que pour les effluents moins contaminés en substances organiques dissoutes (< 250 mg/l).

Le filtre biologique à disques rotatifs ou disques biologiques est un procédé où les micro-organismes sont fixés à plusieurs disques rapprochés, eux-mêmes attachés à un arbre en rotation. Les disques sont maintenus au dessus d'une cuve contenant l'effluent à traiter. Ces disques sont, dans la plupart des installations, partiellement immergés dans la cuve. En ce qui concerne les modèles conventionnels, les micro-organismes fixés sur les parois du disque sont plongés dans la solution à traiter, où ils absorbent les éléments nutritifs et dégradent la matière organique. Grâce à la rotation des disques, les micro-organismes émergent ensuite à l'air libre, où s'effectuent alors l'aération et le transfert d'oxygène. La biomasse est éliminée continuellement du système au fur et à mesure que la couche de micro-organismes sur les disques devient suffisamment importante pour qu'une partie de la biomasse se détache naturellement. La technologie de modèles récents favorise l'immersion plus importante ou totale des disques. Ces traitements nécessitent alors un ajout d'oxygène.

Des essais pilotes ont montré une efficacité d'enlèvement de DBO₅ pouvant atteindre 90 %. Cependant, pour obtenir cette efficacité, il peut être nécessaire d'utiliser plusieurs unités de traitement en série. La capacité d'un tel système à éliminer la toxicité des effluents est incertaine. Ce genre de traitement doit être couvert.

5.1.3.2.2 Traitement secondaire anaérobie

Les traitements biologiques anaérobies présentent des caractéristi-

ques intéressantes lorsque les effluents à traiter sont fortement chargés en DBO₅, soit pour des concentrations de plus de 1000 mg de DBO₅ par litre d'eau usée. Les réactions chimiques à la base de la dégradation biologique anaérobie sont complexes et requièrent la présence de plus d'une variété de micro-organismes. La digestion anaérobie est un procédé multistades où la transformation de la matière organique dissoute est effectuée selon le cheminement suivant:

HYDROLYSE - FERMENTATION - ACÉTOGÉNÈSE - MATHANOGÉNÈSE

Parmi les avantages offerts par les procédés anaérobies, notons la production moindre de solides biologiques, une demande moindre en énergie électrique, une demande plus faible en nutriments et la production de biogaz qui peut être réutilisé pour la fabrication d'énergie ou de vapeur.

Par contre, ce type de traitement est également soumis à de nombreuses limitations, principalement occasionnées par un faible taux de reproduction de la biomasse. Par conséquent, le temps de démarrage de ce type de traitement est relativement long. La température de l'effluent à traiter doit être suffisamment élevée et doit idéalement se situer entre 30 °C et 35 °C. Les traitements anaérobies ne permettent pas de rendre l'effluent non toxique (CL₅₀ - 96 heures - truites).

En plus des désavantages présentés ci-dessus, les traitements secondaires anaérobies rencontrent des obstacles supplémentaires en ce qui concerne le traitement des effluents des fabriques de pâtes et papiers. La présence de soufre et de peroxyde d'hydrogène est toxique à certains de ces micro-organismes. Comme le soufre représente la base chimique de la plupart des procédés de mise en pâte, et que le peroxyde d'hydrogène gagne de plus en plus en popularité comme agent de blanchiment, ça explique en grande partie le peu d'intérêt des papeteries pour ce type de traitement.

Un autre élément qui peut expliquer l'impopularité de ce type de traitement est la difficulté de celui-ci à fournir un effluent

satisfaisant aux différentes normes. Par exemple, les traitements secondaires anaérobies offrent des efficacités d'enlèvement de la DBO₅ variant de 70 % à 80 %, ce qui est généralement insuffisant pour le respect des normes de DBO₅. De plus, pour satisfaire aux nouvelles normes de toxicité, un traitement secondaire anaérobie devra inévitablement être suivi d'un traitement aérobie.

Tout comme pour les traitements aérobies, il existe différents modèles de traitement anaérobie fondés sur les deux principes de cultures en suspension et de cultures fixées. Malgré l'aperçu plutôt négatif présenté ici, quelques effluents issus de la fabrication de pâtes et papiers sont, ailleurs qu'au Québec, traités de façon anaérobie.

5.1.3.3 Autres traitements

Tous les autres traitements des effluents sont habituellement identifiés comme des traitements tertiaires. Il s'agit généralement de traitements physico-chimiques qui ont pour objectif le polissage de l'effluent avant son rejet dans l'environnement. Parmi ces traitements, on note plusieurs types de filtration, la précipitation chimique et l'ozonation.

Les principaux besoins de polissage des effluents des fabriques sont un enlèvement additionnel de DBO₅ ou de MES, la suppression de la couleur et une réduction des éléments nutritifs rejetés avec l'effluent. Dans certains cas, l'augmentation de la capacité de production d'une fabrique, la mauvaise efficacité des traitements en place ou l'entrée en vigueur d'une norme de rejet plus sévère peuvent requérir l'ajout d'un système de traitement complémentaire. Par exemple, il peut être nécessaire de mettre en place un système de clarification pour retirer les matières en suspension présentes à la sortie d'un étang aéré.

En ce qui concerne les usines opérant des ateliers de cuisson à bas rendement, l'effluent issu du traitement secondaire possède souvent une couleur marron foncé qui s'explique par la présence de tannins