

**MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE
L'ALIMENTATION, DE LA PECHE ET
DES AFFAIRES RURALES**

**Direction de l'Espace Rural et de la
Forêt**

DOCUMENT TECHNIQUE

FNDAE

N° 22 bis

STATIONS D'EPURATION : DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POUR AMELIORER LEUR FONCTIONNEMENT ET FACILITER LEUR EXPLOITATION

**Joseph PRONOST
Rakha PRONOST
Laurent DEPLAT
Jacques MALRIEU
Jean-Marc BERLAND**

Décembre 2002

**FONDS NATIONAL POUR LE
DEVELOPPEMENT DES
ADDUCTIONS D'EAU**



**Office International de l'Eau
CNFME / SNIDE**

SOMMAIRE

Préambule	3
Fiche 1 Dispositions constructives générales	4
Fiche 2 Alimentation de la station en eaux usées	9
Fiche 3 Les prétraitements	15
Fiche 4 L'autosurveillance	23
Fiche 5 Bassins d'aération	28
Fiche 6 Ouvrages annexes au bassin d'aération	35
Fiche 7 Les décanteurs secondaires	43
Fiche 8 Filière traitement des boues	51
Fiche 9 Lagunage naturel	64
Fiche 10 Les lits bactériens	71
Fiche 11 Les disques biologiques	78
Fiche 12 Local d'exploitation	81
Fiche 13 Maintenance préventive	83
Références bibliographiques	84

Préambule

La mise à jour du document technique FNDAE n°5 bis, devenant ainsi le cahier FNDAE n°22 bis, a été confiée à l'Office International de l'Eau. Ce guide complète le document technique FNDAE n°22 présentant les filières de traitement des eaux usées applicables aux petites collectivités.

Il est traité ici des dispositions constructives qui permettent d'une part d'améliorer le fonctionnement de ces stations d'épuration et d'autre part d'en faciliter l'exploitation.

Les recommandations édictées dans ce document sont le fruit de l'expérience du terrain. Pour faciliter la lecture et l'utilisation ponctuelle, l'ouvrage est présenté sous forme de fiches correspondant aux différentes fonctions de la station d'épuration. Les dispositions techniques concernent les filières de traitement adaptées aux petites collectivités pour lesquelles des connaissances pratiques suffisantes ont été acquises.

En conséquence, une large place est consacrée aux boues activées mais sont aussi traités des procédés tels que le lagunage naturel, les lits bactériens, les disques biologiques ...

Spécifiques des petites stations d'épuration (quelques centaines à 5 000 eq.habitants), certaines des dispositions préconisées peuvent être applicables à des stations de tailles supérieures.

Ce document s'adresse en priorité aux maîtres d'œuvre de stations d'épuration mais aussi aux exploitants et techniciens de terrain qui trouveront là une source de renseignements pratiques.

La prise en compte de l'ensemble des propositions techniques formulées dans ce document engendre un surcoût non négligeable pour la construction de nouvelles installations. Néanmoins, ce surcoût est tout-à-fait justifié par les gains qui en résultent sur les plans de :

- l'amélioration du fonctionnement,
- la fiabilité des performances,
- la simplification et la rationalisation de l'exploitation.

Un renforcement indispensable en matière de conception des stations d'épuration permettra de rentabiliser davantage l'effort consenti par les collectivités pour protéger les milieux naturels et restaurer leur qualité.

Ce document a été rédigé par Joseph PRONOST, Rakha PRONOST, Laurent DEPLAT, Jacques MALRIEU et Jean-Marc BERLAND.

Ce document a fait l'objet d'une relecture par un groupe de travail constitué de :

Monsieur ANDRE Jean..... MAAPAR
Monsieur LEGALL Joseph..... MAAPAR
Madame THUAULT Maryline MAAPAR
Monsieur LE GALL Jacques..... SATA Finistère
Monsieur CORNIC Michel SATA Finistère
Madame NABET Audrey..... Direction de l'eau et de l'assainissement de l'Eure
Monsieur SWITALA Olivier SATESE EURE
Monsieur JEANMAIRE Nicolas OIEau-CNFME

Fiche 1

DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES GÉNÉRALES

☞ Implantation de la station

La station d'épuration reste un outil fondamental pour la protection des milieux naturels. La valorisation de l'image de la station passe par un ensemble de dispositions qui sont à prendre en considération dès l'élaboration du projet en commençant par le choix de l'emplacement du site.

A cet égard, quelques règles doivent être rappelées :

- éviter les zones inondables entraînant parfois des dysfonctionnements pendant de longues périodes ; sinon veiller à mettre les équipements électriques hors d'eau,
- éviter de construire à proximité d'habitations, de zones d'activités diverses (sportives, touristiques, industrielles, ...). Dans la pratique, et pour éviter tout contentieux avec le voisinage, on réserve une distance minimale de 200 m en tenant compte de la dominance des vents (si possible) ;
- s'éloigner le plus possible des zones de captage même si le périmètre de protection est respecté ;
- réaliser des études géotechniques (vérification de l'imperméabilité par exemple pour un lagunage). La portance du sol (tenue des ouvrages et des canalisations de liaison) et les qualités de sol conditionnent beaucoup le coût du génie civil ;
- prendre des précautions particulières lorsqu'un aquifère se situe à faible profondeur (clapets en fond de bassins, ...) ;
- ne pas implanter les ouvrages dans les zones plantées d'arbres à feuilles caduques (lit bactérien, lagunage, bassin d'aération...) ;
- penser aux extensions ou aux aménagements futurs (disponibilité et réservations de terrains).

☞ Accès à la station

La voirie d'accès à la station doit satisfaire à certains critères :

- Adéquation de la voirie aux véhicules utilisés pour les livraisons, dépotages, curage des boues et des sous produits, montages et démontages des équipements, unités de déshydratation mobiles ;

De plus en plus souvent, on utilise des véhicules « Maxi code » (**figure 1**) :

- 40 tonnes sur 5 essieux,
- longueur : 16,5 m,
- largeur : 2,55 m (sans les rétroviseurs),
- hauteur maxi : 4 m,
- giration : le véhicule en tournant s'inscrit dans un anneau de rayon intérieur 5,3 m et rayon extérieur 12,5 m,
- résistance du sol au ripage,
- facilité de manœuvrer (courbures larges, largeur de portail, éviter les marches arrière, ...),
- dépotage des pulvérulents de plus en plus fréquemment réalisé à l'aide de citernes basculantes ; ceci implique un emplacement parfaitement horizontal supportant une charge élevée (béquilles) et un dégagement suffisant en hauteur.

L'accès à la station doit pouvoir se faire dans de bonnes conditions toute l'année (notamment en hiver dans les zones de montagne : déneigement prioritaire).

La station doit comprendre une clôture. Les portes et portails d'accès à la station seront équipés de la même serrure (clé unique).

L'éclairage extérieur de la station est souhaitable.

Des panneaux interdisant l'accès au public seront prévus.

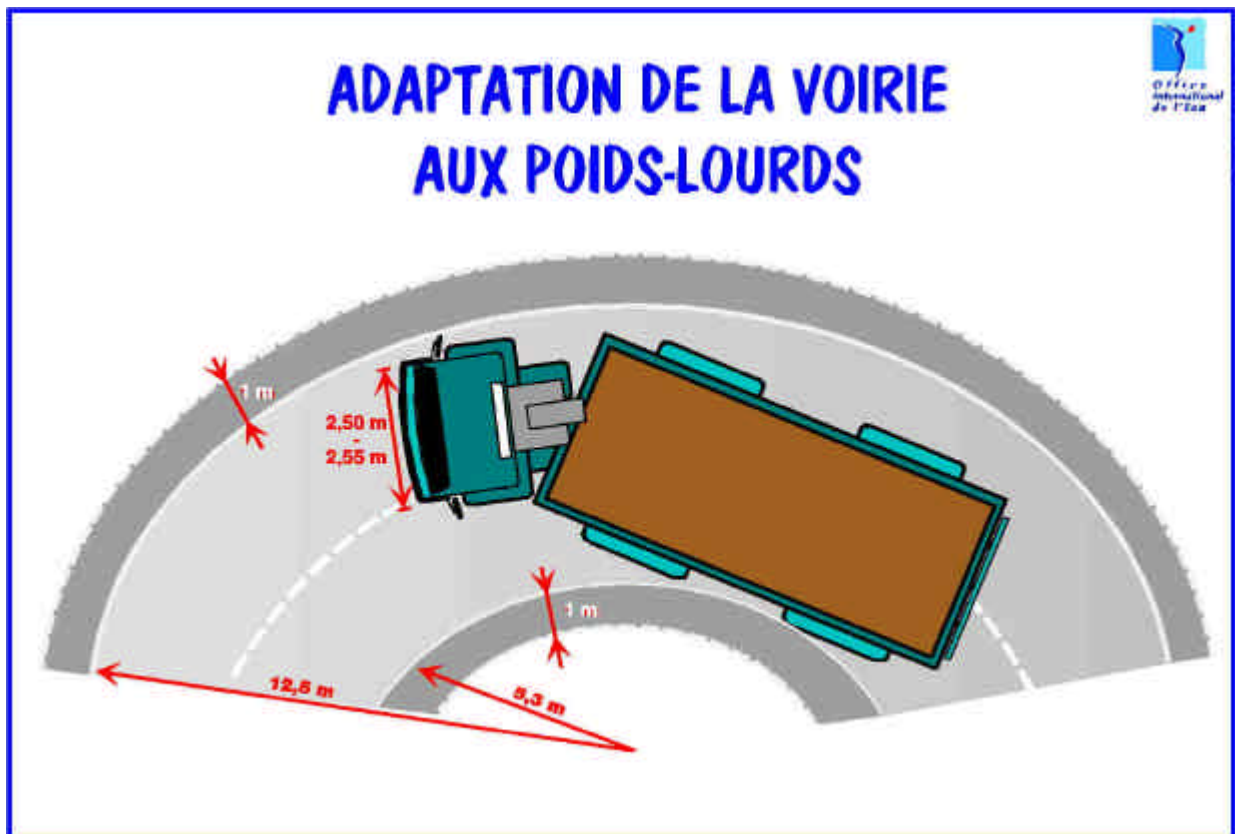


Figure 1 : Adaptation de la voirie aux poids lourds

☞ Implantation des ouvrages

Chaque cas reste spécifique, les décisions font le plus souvent appel au bon sens et à la logique en intégrant les contraintes imposées par :

- l'accessibilité,
- la disponibilité en terrain,
- l'hydraulique (circuit des eaux sur la station),
- la filière de traitement retenue.

La démarche générale suivante est proposée au concepteur pour guider la réflexion et aider la prise de décisions parfois lourdes de conséquences. Il convient de partir du point de rejet pour reconstruire le profil hydraulique et agencer les différents ouvrages en fonction de la surface disponible tout en réservant des accès de voiries adaptés.

Sans dresser une liste exhaustive de tous les éléments à considérer, l'attention de l'ensemblier est attirée sur les points suivants :

- Les évacuations de boues (liquides ou solides), des refus de la station (flottants stockés, prétraitements, ...) sont des opérations dont la fréquence peut être quotidienne. Elles impliquent des véhicules de transport lourds et des manipulations spécifiques. L'accès à ces postes doit être simplifié à l'extrême ; le revêtement de sol particulièrement résistant.
- Pour limiter les risques de rupture des canalisations, il est recommandé de les placer le long des voies d'accès. On évitera que ces conduites traversent les voies. Il faut proscrire la superposition ou le croisement de canalisations sous la voirie.
- Il est conseillé de réduire autant que faire se peut la longueur des conduites de liaison (bassin d'aération - décanteur par exemple) ainsi que le nombre de coudes.
- Il est prudent de concevoir les ouvrages en tenant compte des extensions futures de telle sorte que le fonctionnement de la station soit le moins possible perturbé.
- Pour les boues activées, les dénivelés entre bassin d'aération et décanteur sont à calculer à partir des pertes de charge : par sécurité, il est prudent de rajouter une perte de charge d'environ 20 cm. Cette dénivelée totale (bassin d'aération / clarificateur) doit être fortement limitée pour éviter les entraînements d'air.
- Tous les ouvrages (prétraitements, ...) doivent pouvoir être isolés séparément pour éviter l'arrêt total de la station lors des interventions lourdes (travaux, ...). Il convient de mettre en place des dispositifs d'isolement adaptés et de surveiller régulièrement leur bon fonctionnement.
- Il est recommandé d'équiper systématiquement les ouvrages hors sol d'escaliers munis de garde-corps (**photo 1**).



Photo 1 : Ouvrage hors sol équipé d'escalier muni de garde-corps

☞ Aménagement des ouvrages - intégration paysagère

L'intégration paysagère de la station est de plus en plus demandée. Là, également les particularités locales jouent un rôle majeur. A titre d'exemple, le talutage en bordure des bassins hors sol peut être mis en œuvre ; de même la clôture de la station (indispensable dans tous les cas, y compris pour un lagunage) pourra avantageusement être doublée d'une haie arborescente.

L'aménagement (espaces verts,...), l'entretien général des abords de la station ont une répercussion indirecte sur le bon fonctionnement de la station dans la mesure où ces efforts participent à la valorisation de l'image de la station et du cadre dans lequel l'exploitant officie. Cela justifie les investissements et les coûts d'exploitation supplémentaires qui en résultent.

☞ Qualité des matériaux

Le choix des matériaux métalliques (caillebotis, garde corps, racleur,...) doit privilégier l'aluminium et l'inox et proscrire autant que possible l'acier galvanisé. L'inox 304 est réservé pour la construction classique (caillebotis, canalisations, support de sondes,...). L'inox 316 L est à utiliser dans les cas de risque d'agression par des réactifs chimiques (chlorure ferrique, ...) et dans les cas d'ambiances salines et marines (bords de mer...).

Les postes les plus sensibles à la corrosion sont, en général, les suivants :

- lieu de stockage et d'utilisation des réactifs,
- prétraitements,
- traitement des boues.

Les matériaux composite du type résine sont également intéressants. Les PVC exposés au soleil doivent être traités anti UV. Les qualités des bétons doivent être prévues pour résister à la septicité et aux eaux sursulfatées. Les principaux points à surveiller au niveau génie civil des stations d'épuration sont :

- au niveau de la conception, le respect des prescriptions du fascicule 74 avec en particulier :
 - une étude géotechnique permettant de valider le mode de fondation des ouvrages,
 - une définition précise de l'agressivité des effluents au sens des normes NFP18011 et NFP18305 (ce n'est qu'à partir de ces analyses que l'on est capable de choisir la qualité du béton et ses protections éventuelles) ;
 - le classement des ouvrages en fonction de l'étanchéité requise (classes A, B, C, D).
- au niveau de la réalisation des ouvrages :
 - le respect des enrobages des armatures de béton armé ou précontraint,
 - le respect de la formulation élaborée lors de la conception,
 - le respect de la mise en œuvre décrite dans les différentes normes applicables (BAEL, BPEL, fascicule 74,...),
 - le respect du choix des revêtements d'étanchéité en fonction de l'agressivité des produits et de l'objectif à atteindre (imperméabilisation, étanchéité, hydrofugation,...).

Fiche 2

ALIMENTATION DE LA STATION EN EAUX USÉES

☞ Poste de relèvement : Cas Général

▪ *Recommandations techniques pratiques*

Le dimensionnement du volume utile (V_u) est déterminé en fonction du débit critique $\left(\frac{\text{débit moyen}}{2}\right)$ et du nombre maximum de démarrages par heure fixé à 6 ou 10 (fonction de la puissance) par le fascicule 81 titre 1er (document mis à jour début 2003).

$$V_u = \frac{T_{cM} \cdot Q_p}{4} = \frac{Q_p}{z \cdot 4}$$

V_u : volume utile du poste en m^3
 Q_p : débit moyen de la pompe en m^3/h (voisin du débit de pointe horaire)
 Z : nombre maxi de démarrages par heure
 T_{cM} : temps de cycle minimum en heures.

Le V_u peut être divisé par le nombre de pompes équipant le poste s'il y a permutation à chaque démarrage. On s'assurera dans ce cas auprès du constructeur qu'un nombre de démarrages supérieur est acceptable pour les moteurs dans le cas où une des machines serait en réparation.

Pour la conception du poste (**figure 2**), il est souhaitable de prendre en compte les recommandations suivantes :

- Isolement du poste par mise en place éventuelle d'une vanne amont qu'il convient d'actionner périodiquement pour vérifier son état de marche.
- Intérêt des vis par rapport aux pompes : débits plus stables par rapport aux pompes. La vis relève le débit qui se présente même s'il est faible. Il n'y a pas de fonctionnement intermittent. Le graissage est facile à réaliser (inconvenients : coût d'investissement nettement supérieur, intervention sur les pieds de vis parfois délicate).
- Prévoir un dispositif en secours pour pallier tout arrêt accidentel prolongé des appareils de pompage (vis ou pompe).
- Clapets anti-retour : ils doivent être accessibles et dans une fosse sèche.
- Dans l'hypothèse où le niveau de la rivière (exutoire) peut être supérieur au niveau du trop plein de la bêche (lors d'inondations), il y a lieu d'équiper la conduite du trop-plein par un clapet de fermeture anti-retour.
- Le poste est en principe équipé de deux ou trois contacteurs de niveau pour pouvoir envisager une régulation correcte des débits (condition nécessaire mais pas suffisante). Les fils du contacteur seront maintenus dans un cerclage pour éviter leur déplacement dans le poste. On utilise de plus en plus aujourd'hui les mesures par ultrasons (à éviter en cas de mousse).
- Le trop plein peut-être équipé d'une cloison siphonide.

- Dans les zones à protéger plus particulièrement, peut être prévue une bâche de sécurité sur le trop plein voire un groupe électrogène.
- Le niveau du fil d'eau de la canalisation d'arrivée doit être supérieur au niveau haut du plan d'eau dans le poste.
- Le boîtier de raccordement électrique des pompes et contacteurs doit être situé au-dessus du trop-plein de la bâche, il doit être accessible et étanche. Il est souhaitable d'installer des prises séparées pour les contacteurs de mise en route ou d'arrêt, ainsi que pour les pompes. Le raccordement électrique par prises étanches facilement déconnectables est préconisé. Numérototer les prises pour repérage lors des consignations.

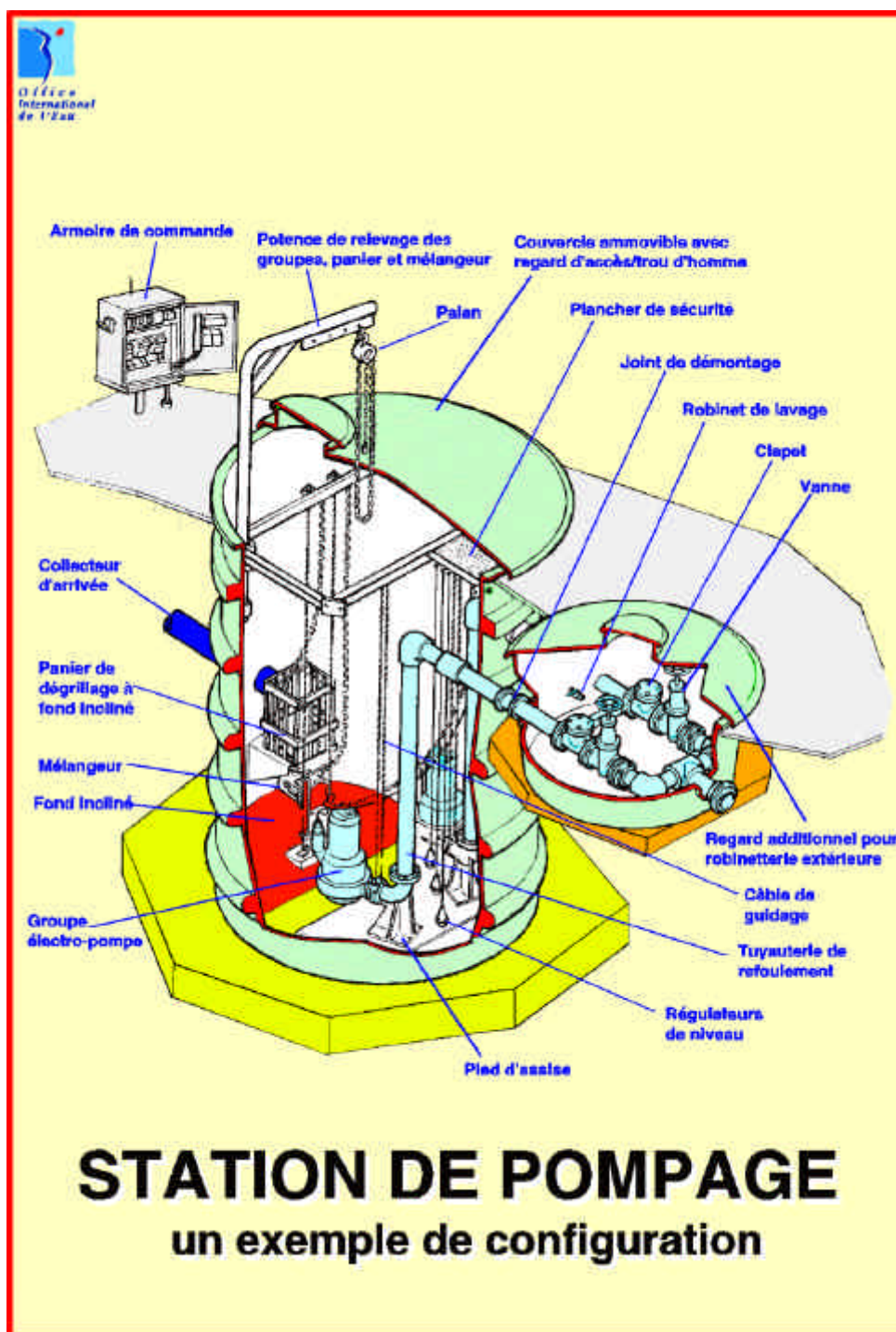


Figure 2 : Schéma de principe d'un poste de relèvement

▪ *Dispositions facilitant l'exploitation*

- Installer des barres de guidage et des potences équipées de treuil ou palans pour remonter les équipements souvent lourds installés dans le poste (paniers dégrilleurs, pompes, ...). Veiller à ce que les points de levage soient placés à la verticale des charges (panier et pompes).
- Eviter les pièces métalliques non protégées contre la corrosion (boulons, pitons, ...).
- La protection du dispositif de pompage est classiquement assurée par un panier dégrilleur (entrefers 30-40 mm - dépend du passage libre dans les pompes) dont la partie supérieure est fermée. Une trappe amovible de fond est recommandée pour faciliter l'entretien qui exige la proximité d'un point d'eau sous pression. Une petite aire bétonnée sera aménagée pour le nettoyage du panier ; de plus la manutention du panier doit être mécanisée. L'entretien du panier constitue une tâche contraignante que ces dispositions rendront moins ingrate.

Le travail de l'exploitant peut également être amélioré en fournissant un panier de remplacement. La destination des refus du panier égouttés et stockés en sac poubelle reste la décharge.

- Le dispositif de réglage du niveau des contacteurs doit être accessible et simple.
- La forme cylindrique est la forme la plus adaptée à un nettoyage rapide du poste, la pente du radier sera au minimum de 30° voire 45°.
- Une prise d'eau sera disponible pour le nettoyage du poste.
- La surface du poste doit être la plus faible possible afin de réduire la surface des flottants à évacuer.

▪ *Hygiène et sécurité*

- Il faut prévoir une hauteur de revanche ($h = 1$ m) autour d'une bêche ouverte.
- Si le personnel doit travailler à proximité des trappes ouvertes, des barrières amovibles protégeant contre les chutes dans le poste, devront être mises en place.
- Toute intervention humaine dans un poste de relèvement fermé doit être précédée par un contrôle de l'atmosphère et si nécessaire par une ventilation efficace. Il est important que la couverture soit rigide mais légère pour pouvoir être retirée facilement.
- On prévoira un dispositif permettant de fixer une échelle en cas de nécessité d'une intervention au fond de poste.
- Prévoir un sol en dur (enrobé ou béton) autour du poste avec un accès afin de pouvoir transporter les pompes sur un véhicule ou un chariot.
- Nécessité de séparer le poste de relèvement (et tout élément relatif au prétraitement) du local d'exploitation.

☞ Protection hydraulique de la station d'épuration

▪ *Justification*

Classiquement, les ouvrages sont dimensionnés sur la base d'un débit limite qui ne doit pas être dépassé de façon durable sous peine de dysfonctionnements (pertes de boues dans le cas de boues activées, ...). Or, l'expérience du terrain montre que très souvent les volumes d'eaux résiduaires en entrée de station sont supérieurs au débit limite admissible.

En conséquence, la mise en place de dispositifs de protection hydraulique constitue une garantie fondamentale du bon fonctionnement des ouvrages de traitement (décanteurs notamment).

D'une façon générale, la fréquence et l'intensité des rejets directs sans traitement sont des cas d'espèce qui varient dans le temps, seule la pratique permettra de déterminer les données nécessaires pour une bonne régulation des débits.

Les techniques extensives faisant appel à des bassins de grande capacité (ex. lagunage naturel) sont moins sensibles à ces problèmes de surcharges hydrauliques (effet tampon).

▪ *Possibilités techniques*

Cas d'un réseau unitaire

La protection est en général assurée par le déversoir d'orage (fig. 3) de préférence placé à l'aval du dégrilleur. Cependant, si l'on est amené à l'installer avant les prétraitements, il convient alors de vérifier que la mise en charge du dégrilleur n'entraîne pas celle du déversoir d'orage. Facilement accessible (faible profondeur), l'entretien du déversoir (curage, ...) doit être régulièrement effectué (**figure 3**). Le calage de la lame est à réaliser impérativement en période de pluie (débit critique) ce qui suppose une lame réglable et un contrôle des débits à l'aval.

L'installation d'un bassin d'orage qui reçoit les eaux de pluie les plus chargées devrait s'imposer systématiquement ; le lecteur pourra se reporter au document technique FNDAE n° 6 (1988) traitant plus particulièrement de ce sujet. Les bassins d'orage doivent être impérativement brassés et aérés.

Sur certains réseaux gravitaires, il est intéressant de protéger hydrauliquement la station par des dispositifs de vannes calibrées et actionnées manuellement. Ils doivent impérativement être précédés d'une lame d'écrêtage des débits et installés à l'aval du dégrillage (diminution des risques de colmatage). Ils permettent d'admettre un débit maximum déterminé sur la station.

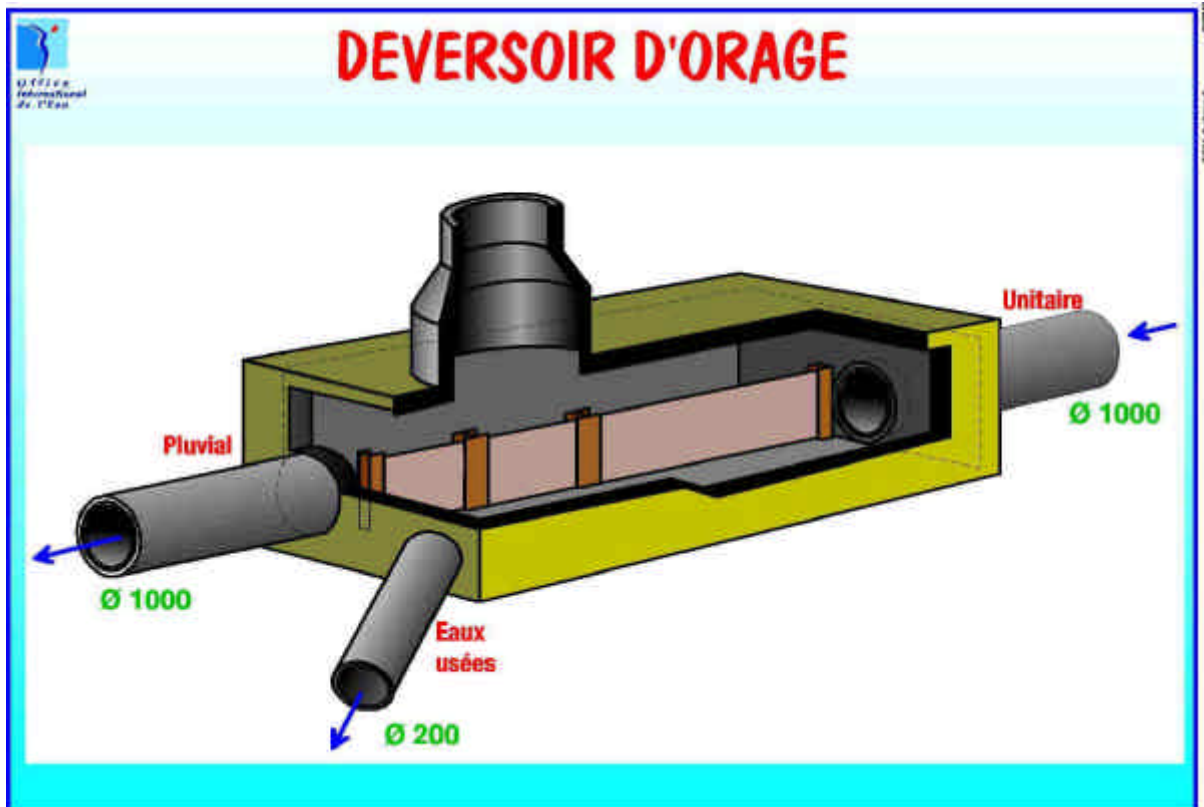


Figure 3 : Exemple de déversoir d'orage

Cas d'un réseau unitaire ou séparatif :

Arrivée gravitaire : Différents dispositifs visant à limiter les débits peuvent être installés, deux exemples sont proposés :

- L'écrêteur gravitaire : une sonde, placée à l'amont du dispositif, dans le canal d'arrivée permet de commander le niveau aval correspondant au débit limite. Lorsque ce niveau de consigne est dépassé, le système de régulation est alors enclenché, il commande une lame déversante escamotable qui obture le canal en fonction des capacités d'admission sur la station.
- L'obturateur oléo-pneumatique : Le dispositif est installé sur le collecteur d'amenée des eaux, comme précédemment deux contacteurs aval permettent de déterminer le débit admissible. En fonction des débits désirés, la vanne à manchon en caoutchouc ferme plus ou moins la conduite.

Dans tous les cas, pour les dispositifs précités, le contrôle des débits à l'aval s'avère bien évidemment indispensable.

☞ Mode de régulation des débits

Relèvement par pompes

Pour chaque station la bêche de relèvement est équipée d'au moins deux possibilités de pompage (dont un équipement en secours). Ce n'est pas une obligation réglementaire mais on cherche à éviter tout rejet au milieu naturel qui serait dû à une défaillance de la pompe.

Deux cas sont à distinguer :

- le débit des pompes est égal au débit nominal admissible,
- le débit des pompes est inférieur au débit nominal (préférable quand c'est possible).

◆ Débit des pompes égal au débit nominal

Temporisation du fonctionnement de la pompe en service.

Il s'agira le plus souvent de petites stations où la deuxième pompe intervient uniquement en secours de la première. Ces pompes fonctionnent alors en alternance.

Lorsque le débit alimentant la bêche est inférieur au débit de la pompe, les contacteurs haut et bas délimitant le volume utile de la bêche vont commander les temps de fonctionnement de la pompe en service : c'est le cas normal.

Dans tous les cas, la mise en service simultanée des deux pompes ne doit pas être autorisée car elle entraînerait un doublement du débit nominal.

◆ Débit des pompes inférieur au débit nominal

Une régulation simple des débits dans le poste de relèvement est possible en utilisant trois contacteurs de niveau qui vont commander la mise en marche ou l'arrêt des pompes. Le volume utile de la bêche permet de fixer un seuil bas et un seuil haut (fonctionnement normal).

En cas d'augmentation prolongée des débits, la seconde pompe peut simultanément être mise en service pour un niveau supérieur au seuil haut. Il convient de syncoper le fonctionnement de cette deuxième pompe en fonction des capacités hydrauliques de la station. En règle générale, une régulation souple passe par la multiplication du nombre de pompes (fonction de la capacité de la station) voire l'acquisition d'une pompe à débit variable (plus chère) ou variation de fréquence (coût moins élevé).

Relèvement par vis

Dans le cas des vis, la régulation peut être réalisée comme précédemment (contacteur haut-bas). Une bonne limitation des à-coups hydrauliques est obtenue par fonctionnement continu de la vis. Cette pratique se traduit toutefois par un accroissement des dépenses énergétiques.

Fiche 3

LES PRÉTRAITEMENTS

Les prétraitements sont indispensables au bon fonctionnement de la station mais génèrent de fortes contraintes d'exploitation (récupération des refus, salubrité, entretien, ...).

L'accessibilité, la facilité des opérations manuelles doivent présider dans les choix technologiques. Dans le cas des petites stations, ces impératifs militent en faveur d'un rehaussement général des prétraitements qui se situeront à 1,5 m - 2 m au-dessus du sol. Toute disposition visant à diminuer la fréquence des interventions manuelles sera préconisée dans la mesure où elle ne risque pas d'induire des dysfonctionnements ultérieurs.

Toute filière permettant une meilleure prise en compte du traitement et du devenir des déchets, issus des prétraitements, doit être privilégiée :

- compactage des refus de dégrillage,
- lavage des sables,
- biodigestion des graisses,

☞ Le dégrillage

- *Principe*

Les dégrilleurs assurent la protection des équipements électromécaniques et réduisent les risques de colmatage des conduites mises en place dans la station d'épuration. Le plus souvent il s'agit de grilles qui récupèrent les déchets plus ou moins volumineux entraînés par les eaux s'écoulant dans les canalisations d'assainissement. Une grande diversité de grilles est disponible sur le marché (droite, courbe, nettoyage amont, aval, ...).

- *Performances*

Les performances d'un dégrilleur (manuel ou autonettoyant) se caractérisent par son espacement entre barreaux (**photo 2**).

L'écartement des barreaux de la grille est défini par le choix de la taille et de la nature des objets acceptés par la station. On cherche aussi un compromis entre espacement des barreaux et quantité des déchets à évacuer (nettoyage fréquent de la grille). Un espacement de 10 mm maximum est quelquefois utilisé (dégrillage fin) pour protéger des filières de traitement des eaux ou des boues spécifiques (décantation lamellaire, centrifugation, ...). Plus communément, l'espacement des barreaux est de 2,0 à 2,5 cm pour un dégrilleur mécanique et 3 à 4 cm pour un dégrilleur manuel.



Photo 2 : Dégrilleur courbe

▪ *Dispositions constructives*

- Le râtelier doit être muni de dents adaptées au type de grille.
- Le bac de réception des refus du dégrillage doit être suffisamment profond.
- Un point d'eau sera installé au voisinage du dégrillage pour faciliter le nettoyage.
- Lorsque l'énergie électrique est disponible sur le site, il est avantageux d'opter pour un dégrillage à nettoyage mécanique automatique. Pour faire face à tout incident à ce niveau, il est souhaitable de prévoir en secours un dispositif de dégrillage manuel (entrefer 40 à 50 mm) installé dans un canal de dérivation.
- Pour éviter l'accumulation de dépôts à l'amont du dégrillage et optimiser la rétention des débris sur la grille, le canal d'approche doit être légèrement pentu et la vitesse de passage de l'eau à travers la grille inférieure à 0,8 m/s.
- Le fonctionnement du dégrilleur sera asservi à une minuterie ou au fonctionnement des pompes de relèvement ou à une mesure de perte de charge dans le chenal de dégrillage. Il est nécessaire de prévoir un limiteur de couple ainsi qu'un dispositif d'arrêt de fin de course pour le dégrillage.

- Il est utile de noyer dans le radier du caniveau les extrémités d'une grille courbe pour éviter l'accumulation des débris devant la grille, et minimiser les aléas de fonctionnement.
 - Une utilisation rationnelle du dégrilleur exige que celui-ci ne soit pas placé au débouché immédiat du relèvement (distance minimale = 4 fois la largeur du canal).
 - Dans tous les cas, un bac de récupération adapté (égouttage et stockage) doit être mis en place. Lorsque les prétraitements sont placés au-dessus du sol, l'évacuation gravitaire vers le bac de réception est bien entendu plus facile à manipuler.
- *Quelques consignes de sécurité*
- La prévention des accidents liés aux pièces en mouvement impose l'installation de dispositifs de protection (grilles facilement démontables, portillon avec coupure de l'alimentation électrique...)
 - Toute intervention sur l'équipement implique préalablement sa mise hors tension. L'installation d'un bouton d'arrêt d'urgence (type coup de poing par exemple – **photo 3**) à l'amont de la grille, s'avère indispensable. Il serait particulièrement utile que chaque bouton d'arrêt d'urgence puisse disposer d'un double dispositif de réarmement : réarmement à l'aide d'une clé pour éviter tout démarrage inopiné pendant l'intervention sur le dégrilleur, et réarmement manuel après arrêt simple ne présentant pas de risque pour le personnel. De plus, après un appui sur l'arrêt d'urgence, il y a obligation de réarmement à partir de l'armoire électrique.



Photo 3 : Bouton d'arrêt d'urgence

- *Les déchets*

- Quantité produite : $l / an / EH = 12 / e$ (e : espacement entre barreaux [cm])
soit : 3 à 6 l / an / EH environ.
- Il faut prévoir une capacité de stockage de 48 heures minimum à l'abri des rats, mouettes, insectes (ponte).
- Le stockage des déchets à caractère organique (tendance à la fermentation), peut impliquer des dégagements d'odeurs et nécessiter des précautions particulières : bennes hermétiques, locaux sous dépression, ...
- L'accès à l'évacuation doit être aisé.
- Les refus de dégrillage, assimilés aux ordures ménagères suivent généralement les mêmes filières de collecte et de traitement que celles-ci.
- Le compactage et l'ensachage des déchets est pertinent pour les stations de plus de 2.000 Equivalents-habitants.

☞ Dessableur – dégraisseur

- *Principe*

Le dessableur est un ouvrage dans lequel les particules denses, dont la vitesse est inférieure à 0,3 m/s, vont pouvoir se déposer. Il s'agit principalement des sables. Il est en effet souhaitable de les récupérer en amont de la station plutôt que de les laisser s'accumuler en certains points (bassin d'aération, ...) où ils engendrent des désordres divers. Par ailleurs, ils limitent la durée de vie des pièces métalliques des corps de pompe ou d'autres appareillages (effet abrasif, ...).

Le dégraisseur a pour objet la rétention des graisses par flottation naturelle ou accélérée par injection de fines bulles (**photo 4**). Les teneurs en graisses sont appréciées analytiquement par la mesure des MEH (Matières Extractibles à l'Hexane). Ces matières grasses sont susceptibles de nuire à la phase biologique du traitement (mousses, ...).



Photo 4 : Flottation des graisses par injection de fines bulles

- *Performances*

90% des particules de taille supérieure ou égale à 200 µm (sables) doivent être éliminées dans le dessableur.

Les graisses contribuent pour une part significative à la DCO des eaux résiduaires (1 g MEH = 2,8 g DCO – environ 16 g MEH / hab / jour – 35 % de la DCO de l'eau brute est due aux graisses).

Bien que l'efficacité mesurée des dégraisseurs en entrée de station ne soit pas très importante (de l'ordre de 5 à 25 % pour des eaux résiduaires domestiques), la présence de cet ouvrage reste en général indispensable ; excepté s'il est prévu un décanteur primaire ou un décanteur-digesteur, ou une zone de contact munis d'un dispositif de reprise des flottants.

Les fonctions de dessablage-dégraissage sont assurées simultanément (ouvrage combiné) ou séparément (ouvrages séparés pour les toutes petites collectivités).

Sur les petites installations, le dessablage est effectué dans les canaux longitudinaux fonctionnant alternativement. Les dessableurs longitudinaux ont des performances étroitement liées au régime hydraulique prévalant dans le canal, et à la régularité des nettoyages. Toutefois, l'intérêt de ces dessableurs statiques de ce type est limité.

Le remplacement du dégraisseur-dessableur par des tamis peut être envisagé dans les cas de réseau apportant peu de sables (réseau séparatif) et peu de graisses.

- *Dispositions générales*

Lorsqu'il s'agit d'un ouvrage combiné (dessableur-dégraisseur), le dessablage est réalisé dans la partie inférieure (conique) du bassin (**photo 5**). La pente ne doit pas être inférieure à 50°. Les sables seront récupérés après détassage par un dispositif de type béduwé (insufflation d'air) moins sujet au colmatage et plus économique qu'une reprise par pompe (fonctionnement en continu souvent nécessaire).

Un piquage sur la canalisation d'extraction des sables pourra être prévu afin de pouvoir injecter de l'eau ou de l'air sous pression pour faciliter le détassage.



Photo 5 : Extraction du sable d'un dessableur-dégraisseur

Les dégraisseurs aérés par insufflation d'air (fines bulles diamètre < 1 mm) apparaissent les plus performants. Les deux principaux critères de mise en œuvre sont rappelés : vitesse ascensionnelle limite 10 à 15 m/h et temps de passage de l'eau au débit de pointe horaire de l'ordre de 10 à 15 minutes. Toutefois, si des industriels raccordés au réseau génèrent beaucoup de graisses, le temps de séjours requis peut être doublé.

La puissance spécifique absorbée ne devrait pas dépasser 30 W/m³ pour les petits ouvrages et une quinzaine de W/m³ pour les plus grands.

Les boîtiers de réception des flottants situés en périphérie d'ouvrage auront au moins les dimensions suivantes : 400 x 200 mm.

La hauteur cylindrique de l'ouvrage devra être limitée à 0,80 m.

La conduite d'évacuation (diamètre minimum 200 mm) sera suffisamment pentue (45° minimum) pour faciliter l'écoulement des graisses. La puissance spécifique des aérateurs fines bulles serait de 35 à 40 w/m³ utile.

- Les modalités de remontée des aérateurs fines bulles (maintenance) doivent être étudiées.
- Les racleurs en caoutchouc ne doivent pas être cassés (trop écrasés) au passage de la goulotte (**photo 6**).



Photo 6 : Racleur des graisses d'un dessableur- dégraisseur

- Les dégraisseurs statiques présentent un intérêt limité : on parlera plutôt de bac récupérateur de flottants.
- Dans tous les cas, il est indispensable de pouvoir isoler le dégraisseur sans entraîner l'arrêt de la station d'épuration. A ce titre, l'ensemble des prétraitements doit être by passable.
- Nécessité d'un point d'eau sous forte pression à proximité des ouvrages.
- Les refus du dégraisseur sont générateurs de contraintes liées à la qualité et aux quantités de produits à évacuer. Pour une reprise par camion, l'importance des volumes à transporter a une incidence directe sur le coût d'entretien de la station.

Il importe donc de réduire au minimum le volume des flottants récupérés, cela va de pair avec une augmentation de leur concentration qui peut être en partie obtenue en fractionnant le temps de fonctionnement du racleur de surface (mise en place d'une minuterie).

- L'utilisation d'additifs biologiques spécifiques de la dégradation des graisses à pour objectif final la réduction du volume de refus. Quelques effets positifs ont été constatés au niveau des bâches de stockage des graisses (diminution du volume de graisse). L'emploi d'additifs demeure cependant onéreux pour les petites installations (apport régulier de produit, ...).
- Il sera davantage prévu l'installation (à partir de 10 000 EH environ) de biodigesteurs de graisses pouvant accepter et traiter les graisses des stations de taille inférieure.
- La quantité de sable extrait du dessableur est d'environ 4 à 8 l / an / EH.
- Les fosses à graisses et a sable seront couvertes.

Fiche 4

L'AUTOSURVEILLANCE

☞ Généralités - Intérêts

Le suivi des stations d'épuration qu'il soit effectué par l'exploitant (autocontrôle), ou par des organismes extérieurs de validation impose des installations et des équipements adaptés aux techniques de mesures.

Ils comprennent des dispositifs de mesures de débit et de prélèvement d'échantillons représentatifs pour les analyses de laboratoire.

Ce suivi s'applique à la file eau, la file boues, mais aussi aux réactifs utilisés dans le processus de traitement.

Les préconisations en matière d'autosurveillance doivent prendre en compte le CCTP ARSATESE de février 2002.

☞ Dispositifs à mettre en oeuvre

De manière générale, les dispositifs mis en place doivent permettre d'évaluer tous les flux de pollution entrants et sortants de la station d'épuration.

Cependant, afin de limiter le coût d'investissement et d'exploitation, les équipements prévus par la réglementation ou préconisés par les Agences de l'Eau sont modulés en fonction de la capacité des stations d'épuration (on se reportera au tableau ci-après) :

200 < STEP < 2000 EH	2000 < STEP < 10000 EH
● Chenal de mesure aménagé en sortie station.	● Dispositif de mesure et d'enregistrement du débit aval.
● Chenal de mesure aménagé en entrée station doté éventuellement d'un dispositif de mesure et d'enregistrement du débit.	● Dispositif de mesure et d'enregistrement du débit amont conseillé.
	● Préleveurs automatiques (entrées, sorties) installés à poste fixe, asservis au débit.
	● Evaluation des poids de boues évacuées. ● Echantillonnages ponctuels sur boues déshydratées ou non.
	● Pluviomètre enregistreur ou abonnement Météo France (données journalières).

Autosurveillance réglementaire

Autosurveillance demandée par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne en plus du réglementaire

☞ Modalités de mise en oeuvre

Toutes les installations des équipements de mesure doivent être conçues et réalisées de manière à minimiser les incertitudes de mesurage. Pour cela, on devra respecter les différentes normes d'installation et les préconisations techniques associées aux différentes méthodes et matériels. (Voir le recueil de normes : « hydrométrie, chenaux et réservoirs » et les normes sur l'échantillonnage).

- *Evaluation du débit*

◆ Règle générale d'installation des chenaux de mesure

Quelque soit le dispositif jaugeur (déversoir mince, venturi, ...) et l'équipement de mesurage, ceux-ci doivent être installés dans des chenaux répondant aux critères suivants :

- section rectangulaire,
- radier horizontal (contre pente de 1 % acceptée),
- bonne planéité du fond et des parois (+ 2 mm),
- longueur du chenal avant, le dispositif \geq à 5 fois sa largeur,
- les parois et le radier doivent être lisses.

◆ Le seuil jaugeur

Parmi les dispositifs existants, on privilégiera :

- les canaux jaugeurs du type « Venturi » à l'entrée de la STEP, et éventuellement à la sortie.

Ils seront prioritairement préfabriqués (**Figure 4 - photo 7**) et fournis avec la courbe d'étalonnage (demander le certificat). Ils seront installés en respectant les préconisations du constructeur :

- plage de mesure encadrant les débits minimum et maximum prévus,
- radier horizontal,
- chute du radier après le dispositif de manière à éviter la mise en charge du seuil par l'aval,

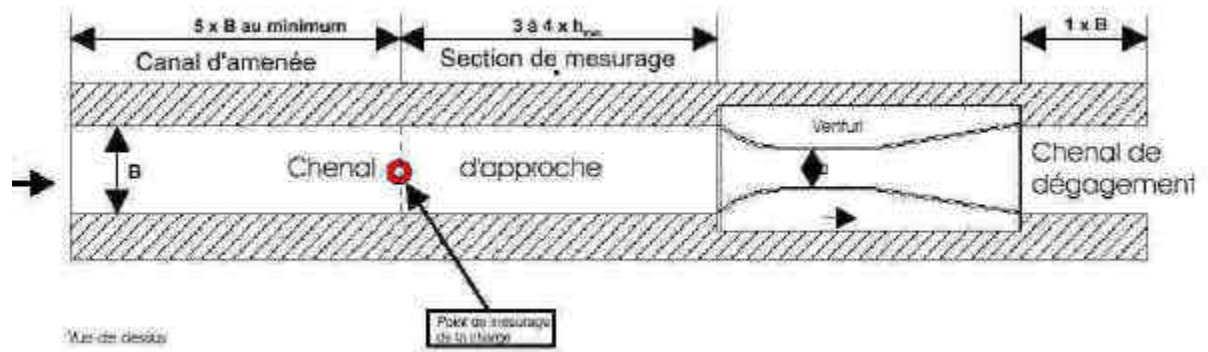


Figure 4 : Schéma de principe d'un canal de mesure type Venturi



Photo 7 : Canal de mesure type Venturi

- les déversoirs minces parois (**photo 8**) : (uniquement à la sortie) doivent être munis d'une purge en fond de pelle pour permettre le nettoyage du chenal amont.

Ils sont fixés sur le chenal de mesure (non démontable) et respectent les conditions suivantes (normes NF10.311) :

- déversoir vertical et perpendiculaire aux parois du canal,
- parfaite étanchéité entre le chenal et le déversoir,
- chanfrein à 45° du seuil déversant,
- la tolérance sur les dimensions de l'échancrure est de l'ordre de 1 %.



Photo 8 : déversoir triangulaire

◆ Installation des matériels de mesures

Pour les stations d'épuration d'une capacité supérieure à 2000 EH, la réglementation impose l'installation des appareils de mesure en poste fixe.

Les capteurs doivent être implantés à une distance, par rapport au seuil, comprise entre 3 et 4 fois la hauteur de charge maximale prévue pour un canal jaugeur et entre 4 à 5 fois pour un déversoir.

Les transmetteurs seront placés à proximité immédiate des capteurs et seront correctement protégés des intempéries dans le respect des indicateurs du constructeur (problème de gel et de fortes températures).

◆ Cas des canalisations en charge

Ce type d'écoulement est le plus souvent rencontré sur les circuits de transfert de boues vers le bassin d'aération ou vers l'atelier de déshydratation.

Dans ce cas, il est préférable d'installer un débitmètre électromagnétique en respectant une longueur droite de :

- 5 à 10 fois le DN à l'amont,
- 3 à 5 fois le DN à l'aval.

Ces matériels doivent être fournis avec le certificat d'étalonnage et être régulièrement contrôlés sur un banc d'étalonnage (environ tous les 2 ans).

▪ *Le prélèvement d'échantillons*

Placés en entrée et en sortie des stations d'épuration, les préleveurs automatiques d'échantillons doivent respecter les critères d'implantation suivants :

- le prélèvement doit être réalisé à un endroit où l'effluent est homogène et représentatif ;
- le préleveur doit être positionné le plus proche possible du point de prélèvement ;
- la hauteur d'aspiration doit être la plus faible possible, mais toujours positive (préleveur placé au-dessus de l'écoulement) ;
- le tuyau de prélèvement doit présenter une pente toujours ascendante sans point bas au siphon ;
- l'emploi d'une crépine est à proscrire. Le diamètre du tuyau sera compris entre 8 et 15 mm (vitesse comprise entre 0,5 et 0,8 m/s) ;
- le préleveur doit être protégé des intempéries et à l'abri du soleil ;
- le stockage des échantillons sera réfrigéré et thermostaté. La température de l'enceinte sera comprise entre 2 et 5°C ;
- les préleveurs seront asservis au débit ;
- le volume prélevé sera toujours supérieur à 50 ml et le nombre journalier de prélèvement sera au moins égal à 10.

Fiche 5

BASSINS D'AÉRATION

- *Principe*

Les bassins d'aération sont les réacteurs biologiques dans lesquels s'effectue la transformation de la matière organique par les microorganismes aérobies. Ils constituent un élément fondamental de la filière définie sous le terme de boues activées. Une bonne gestion de l'aération permet également d'assurer les réactions de nitrification et de dénitrification.

- *Dispositions constructives*

Dans le domaine des petites stations d'épuration, la technique des boues activées en aération prolongée est la plus répandue.

Pour assurer les objectifs classiques appliqués aux stations d'épuration à boues activées, le dimensionnement du bassin d'aération prendra généralement en compte les paramètres suivants :

Charge massique $\approx 0,1$ kg DBO₅/kg MVS.j

Age des boues > 14 j (température de référence : 12°C)

Ces deux paramètres sont à ajuster pour chaque projet de station d'épuration.

La fourniture de l'oxygène nécessaire aux microorganismes et la puissance à mettre en œuvre pour éviter les dépôts en fond de bassin sont déterminantes. L'adéquation du couple aérateur-bassin d'aération reste essentielle comme en témoigne le tableau ci-après.

Type	Puissance spécifique minimale de brassage	Profondeur maximale
Turbines	30 W/m ³	Petite (4 kW) ⇒ h = 2,3 m Grosses (25 kW) ⇒ h = 3,3 m
Brosses	25 W/m ³	h = 2,2 m
Insufflation (fines bulles)	12 à 15 W/m ³	< 8,0 m

N. B. : Les puissances de brassage requises sont inférieures aux puissances d'aération requises

De plus, les temps de fonctionnement des aérateurs varient selon le type d'élimination de l'azote :

- Pour l'élimination des composés azotés en bassin unique, le temps cumulé de fonctionnement de l'aération au nominal est d'environ 14^H00/jour. Des périodes d'arrêt sont nécessaires pour dénitrifier (2^H00 maximum).
- Pour l'élimination de l'azote avec une zone d'anoxie en tête, ce temps cumulé serait d'environ 20^H/jour.

☞ L'aération

Pour le choix du système d'aération, certaines recommandations sont à prendre en compte :

- *Turbines (photo 9)*
 - Les turbines ouvertes sont préférables aux turbines fermées (colmatage toujours possible).
 - La hauteur de revanche du bassin doit être suffisante ($h \geq 80$ cm) et le mur extérieur peut être muni d'un acrotère (retour incliné ou horizontal vers l'intérieur du bassin).
 - Le démarrage à variation de fréquences est recommandé. Les démarrages étoile / triangle sont à éviter.
 - Les poteaux de soutien des passerelles ne doivent pas être situés trop près des turbines. La gerbe ne doit pas être brisée par les poteaux.
 - La présence de jupes de capotage est un facteur favorable au développement de mousses biologiques stables en surface des bassins.
 - Un réducteur en secours est souhaitable.
 - Des dispositifs antigiratoires doivent être mis en place dans les bassins circulaires peu profonds.
 - Le rendement de ces turbines est influencé, entre autres, par le rayon de giration (rayon / hauteur d'eau ≈ 2) et l'immersion (1 à 10 cm). Cette immersion peut être réglable.
 - La gerbe d'eau doit être symétrique et l'intensité absorbée doit être stable.
 - La passerelle ne doit pas vibrer lors du fonctionnement de la turbine.
 - Les balourds au niveau de la rotation de la turbine sont à surveiller.



Photo 9 : Turbine de surface à vitesse lente (immersion insuffisante)

- *Brosses*
 - L'axe de rotation de la brosse doit être émergé.
 - Les motoréducteurs sont à positionner à l'extérieur du bassin et doivent être accessibles pour les commodités d'entretien (vidange, ...).
 - Les pannes de brosse entraînent généralement des interventions lourdes (démontage, remontage) : prévoir l'accessibilité aux engins de levage.
 - Un déflecteur est disposé à l'aval immédiat de la brosse.
 - Des déflecteurs doivent être installés en périphérie pour optimiser la vitesse du courant.
 - Les conditions de vitesse de circulation de la boue activée sont difficilement optimisées. Les conditions de brassage doivent être surveillées.

▪ *Insufflation d'air*

- Afin d'autoriser les phases de marche et d'arrêt, l'utilisation de diffuseurs membranaires sera favorisée (**photo 10**).
- Les rampes immergées portant des diffuseurs fines bulles seront impérativement isolables et remontables. Les conditions de remise en place, une fois relevées, doivent être vérifiées lors de la réception des ouvrages.
- Il est utile de disposer de surpresseurs à double vitesse (souplesse de fonctionnement).
- L'isolation phonique et la ventilation du local abritant les surpresseurs sont à réaliser correctement. Des pièges à sons seront installés sur les entrées d'air.
- Lorsque plusieurs bassins sont en service, il convient de mettre en place un surpresseur par bassin, les circuits d'air pouvant être interchangeables (système de vannage adapté).
- Un surpresseur de secours est souhaitable même pour les petites installations.
- Sur les dispositifs d'insufflation d'air, le contrôle du colmatage des rampes peut être facilement effectué par mesure de la pression sur les conduites d'amenée. Dans l'hypothèse où ces contrôles sont périodiques, un piquage simple sur la conduite permettra à l'exploitant de vérifier la pression en quelques minutes avec un manomètre démontable. Le contrôle des débits d'air à l'aide de diaphragmes peut être quelques fois préconisé.
- Des filtres à poussière seront prévus.
- En point bas, seront installées des purges.
- Un piquage d'injection de réactifs de désentartrage (acide formique par exemple) sera prévu.
- La juxtaposition d'acier sur inox est à proscrire (pile de corrosion).
- La présence de composés agressifs vis à vis des élastomères (hydrocarbures) dans les eaux usées est à vérifier.
- La bonne installation des diffuseurs (horizontalité, bon état de fonctionnement, absence de fuite d'air, ...) doit être vérifiée avant la mise en eau totale du bassin.



Photo 10 : Rampes immergées de diffuseurs fines bulles

- *Asservissement*

Le fonctionnement des turbines sera asservi soit à :

- des horloges 24 heures (plots de 10 minutes) pour les petites stations et pour celles ayant peu de variations de charges en entrée ;
- des oxymètres pour les stations plus importantes avec de faibles variations de charges,
- des mesures de potentiels d'oxydo-réduction pour les stations plus importantes avec des variations de charges non négligeables.
- des couplages oxymètres / rédox

L'utilisation de capteurs doit comprendre, au niveau de l'automate, des alarmes, associées à :

- des temps minimum de marche et d'arrêt,
- des temps maximum de marche et d'arrêt,
- des basculements automatiques sur des asservissements au temps en cas de fonctionnement anormaux.

Le capteur doit être installé à un point représentatif vers la sortie du bassin d'aération (si une seule sonde). On prévoiera une sonde par tranche de 1500 à 2500 m³. La distance entre la sonde et l'aération est de 3,00 à 5,00 m. L'immersion est de l'ordre de 0,50 à 1,50 m. Ces sondes doivent être facilement accessibles pour faciliter l'entretien.

☞ Le brassage

Les fonctions d'aération et de brassage doivent être séparées afin d'optimiser l'élimination de l'azote et d'éviter les dépôts lors de l'arrêt de l'aération (**photo 11**).

En fond de bassin, les vitesses de circulation de la boue activée doivent être supérieures ou égales à 35 cm/s.

Les puissances des agitateurs sont variables selon la géométrie des bassins : 3 W/m³ minimum pour une forme annulaire à 15 W/m³ pour des formes rectangulaires de grandes longueur (DUCHENE, 1989).

Afin de favoriser le mélange des eaux usées et des boues, il est conseillé de mettre en place une cloison siphonide à l'entrée du bassin. Par la même occasion, les risques de court-circuit hydraulique sont limités.

L'évacuation de la liqueur mixte doit être aussi éloignée que possible de l'arrivée des effluents et du retour des boues recirculées (proches l'un de l'autre).



Photo 11 : Aération et brassage séparées dans un bassin d'aération

☞ Entretien, hygiène et sécurité

- La vidange des motoréducteurs est souvent délicate. Cette opération pratiquée régulièrement conditionne la durée de vie des appareillages. Il importe que l'accès au bouchon vidangeur soit simple pour permettre dans de bonnes conditions, la vérification du niveau d'huile par jaugeage et la récupération des huiles usagées.
- La circulation sur les passerelles d'accès aux aérateurs ne doit pas être entravée par des obstacles divers (conduites, ...). La passerelle sera suffisamment large pour que l'on puisse passer facilement autour des motoréducteurs. Le revêtement de sol sera rugueux et la passerelle équipée de plinthes et de rambardes en tout point.
- Des boutons d'arrêt d'urgence sont à installer à proximité de tous les aérateurs de surface (**photo 12**).
- Un filin de sécurité est indispensable à l'amont immédiat d'une brosse (d = 2 m). Pour une sécurité accrue, le filin peut faire office de coupe-circuit. De plus, une échelle doit être installée dans le bassin.
- Les ouvrages situés au ras du sol sont à entourer de garde-corps.
- L'accès aux bassins situés au-dessus du sol sera de préférence assuré par un escalier avec une rambarde de protection (préférable à une échelle avec crinoline).



Photo 12 : Bouton d'arrêt d'urgence à proximité de la turbine de surface

Fiche 6

OUVRAGES ANNEXES AU BASSIN D'AÉRATION

☞ Zones de contact

Les boues activées en aération prolongée délivrent normalement une excellente qualité d'eau épurée. Cependant ces techniques sont sujettes à des défaillances qui limitent la fiabilité des performances épuratoires. Le foisonnement des boues, conséquence du développement de microorganismes filamenteux, affecte négativement la décantabilité des boues et par conséquent les potentialités hydrauliques de la station. En France, près d'une station à boues activées sur quatre est atteinte de façon chronique ou transitoire par ce phénomène qui provoque des pertes de boues dans 77 % des cas. Pour faire face à ce type de problème dont l'origine est souvent à rapprocher de carences nutritionnelles au niveau du microenvironnement, il est recommandé d'aménager une zone de contact dont l'efficacité a été démontrée sur le terrain.

Cet aménagement est de nature à optimiser et à fiabiliser le fonctionnement des petites stations d'épuration à boues activées en aération prolongée (PUJOL et CANLER, 1990).

De plus, diverses études effectuées sur des stations en service démontrent que les configurations de bassin proches du mélange intégral affectent négativement la décantabilité des boues ; l'écoulement piston s'avère donc préférable. Il y a lieu d'indiquer que la majorité des petites stations d'épuration françaises sont conçues pour fonctionner dans des conditions d'écoulement proche du mélange intégral. Ainsi, afin de limiter les risques de difficultés de décantation (mélange intégral), les petites stations pourront intégrer une zone de contact en tête .

- *Principe*

La technique consiste à créer une zone à forte concentration en substrat soluble assimilable qui stimule les vitesses de capture et les capacités de stockage du substrat des germes floculants. Ces derniers ont alors un taux de croissance supérieur aux microorganismes filamenteux ce qui permet aux germes du floc d'être dominants.

Au niveau de la station, cela nécessite la mise en œuvre d'un bassin de faible capacité situé à l'amont immédiat du bassin d'aération, dans lequel on réalise un mélange déterminé de boue recirculée et d'eau usée.

- *Contraintes d'exploitation*

- Il est important de vérifier périodiquement les conditions de fonctionnement, notamment le débit de boues recirculées. Cela implique la mise en place d'un dispositif de mesure approprié.
- En cas de relèvement, la recirculation des boues doit être asservie au fonctionnement des pompes (ou vis). La nuit (charge polluante proche de zéro), la recirculation vers la zone de contact peut être arrêtée.

- *Dispositions constructives*

- Temps de contact en pointe de l'ordre de 10 minutes (T)
- Volume de la zone de contact (V_{Zc})

$$V_{Zc} = \frac{T(Q_E + Q_B)}{60}$$

avec

- Q_E : débit d'eau résiduaire pendant les heures les plus concentrées (en m^3/h).
- Q_B : Débit de boue recirculée en (m^3/h).
- Charge appliquée dans la zone : 100 mg DCO assimilable/g de MES (valeur indicative pour des petites installations ne devant pas faire face à de fortes variations qualitatives ou quantitatives de la charge à traiter).
- Nécessité d'un brassage continu de la zone.
- Un système de récupération des flottants est souhaitable.

☞ Bassin d'anoxie

- *Principe (figure 5)*

L'élimination des composés azotés dans une station d'épuration par boues activées en aération prolongée implique que les phases de nitrification et dénitrification soient conduites dans de bonnes conditions. Bien qu'antagonistes, ces conditions sont soit réunies simultanément dans le bassin d'aération proprement dit (moyennant des réglages appropriés), soit séparées. Dans ce dernier cas, la phase de nitrification est réalisée dans le bassin d'aération. Quant à la phase de dénitrification, elle peut être accélérée et intensifiée dans une zone anoxique.

La zone anoxique est installée à l'amont immédiat du bassin d'aération. Les boues recirculées et la liqueur mixte concentrée en nitrates sont ramenées en entrée de la zone anoxique. La présence de substrat carboné véhiculé par l'eau résiduaire active la dénitrification assurée par les bactéries hétérotrophes présentes dans les boues.

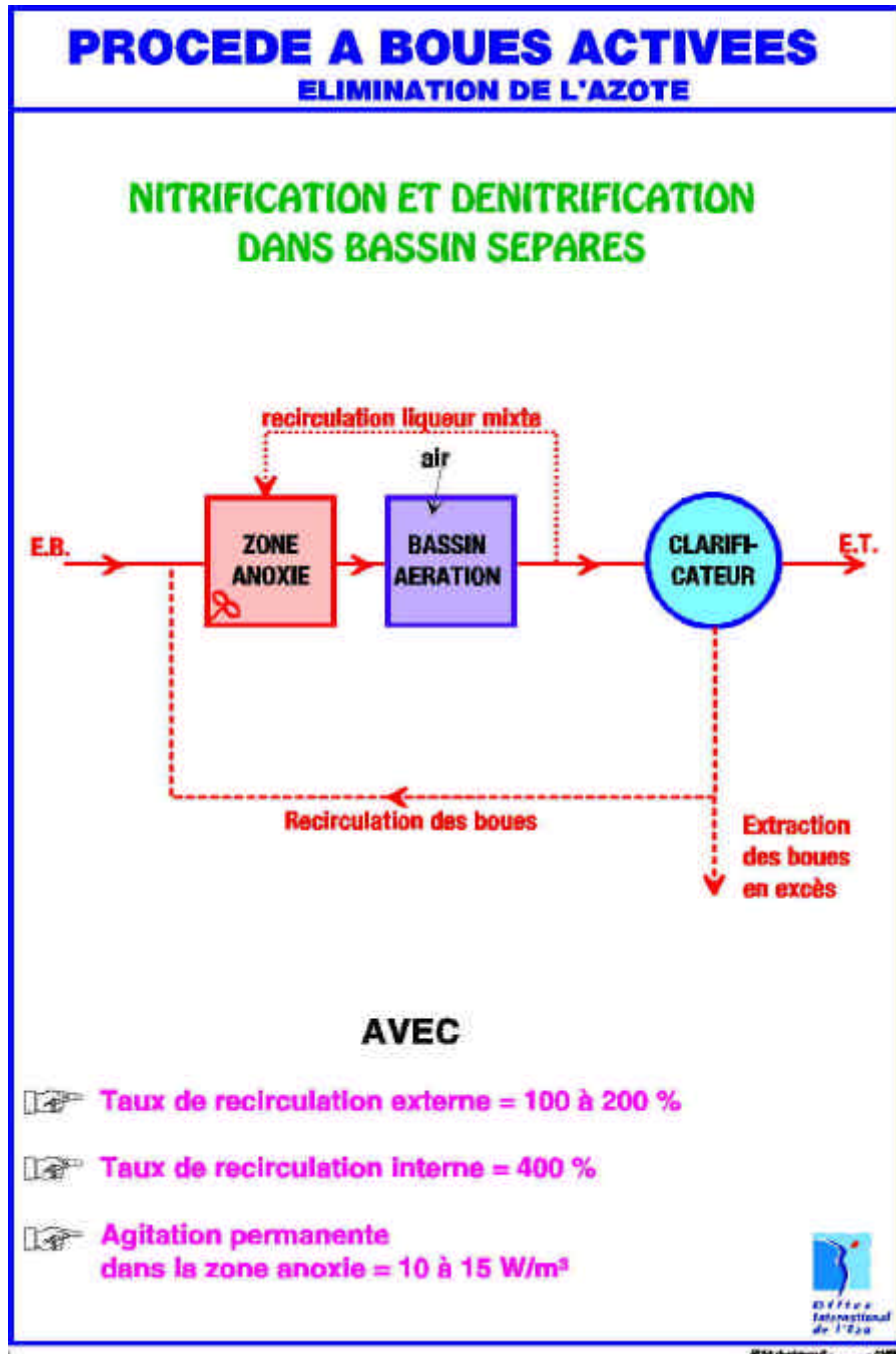


Figure 5 : Schéma de principe d'une zone d'anoxie

▪ *Dispositions constructives*

- Temps de passage : 1 à 2 heures (calculé à partir des débits cumulés transitant dans la zone).
- Volume de la zone anoxique représentant environ 7 fois le débit moyen horaire d'eau usée.
- Il est important que les agitateurs puissent être orientables dans les plans horizontaux et verticaux. La puissance de ces agitateurs est fonction de la forme du bassin. En règle générale, on retiendra 10 W/m^3 avec un fonctionnement continu du brasseur et 15 W/m^3 si le fonctionnement est syncopé (50 % du temps).
- Il est préconisé d'utiliser un minimum de deux pompes pour la recirculation de la liqueur mixte (concentrée en nitrates). Chaque pompe est à dimensionner sur la base de deux fois le débit moyen horaire d'entrée, soit au total 400% du débit moyen d'entrée.
- Le bon fonctionnement de la zone anoxique est notamment dépendant de la maîtrise des débits qu'il convient de vérifier périodiquement. Cela pose parfois un problème pour le débit des boues : les mesures par empotements sont possibles si les débits sont inférieurs à $40 \text{ m}^3/\text{h}$ et si l'embout des conduites plongeant dans le bassin peut être facilement démonté (brides). Une autre possibilité consiste à isoler hydrauliquement la zone anoxique pour faire la mesure (nécessité d'une vanne de fond entre anoxie et aération). En dernier ressort, il sera fait appel à la mesure de débit sur conduite en place qui doit être en charge et de longueur suffisante (2 à 3 m linéaire).
- Le potentiel d'oxydo-réduction dans la zone d'anoxie, dans les cas les plus courants, doit être entre + 150 et + 250 mV/H₂. Ce paramètre doit être suivi par l'exploitant. Une sonde rédox en poste fixe est donc nécessaire.
- Si la station démarre avec une charge hydraulique inférieure à 70 % sur une longue période (plusieurs mois à plusieurs années), il est souhaitable de prévoir à la construction une canalisation de by pass de la zone d'anoxie, afin d'éviter de trop longs temps de séjour.
- La zone d'anoxie implique une bonne maîtrise de ses contraintes d'exploitation. **De ce fait, cette technique est peu adaptée aux stations de capacité inférieure à 5000 – 10 000 EH.**
- La zone d'anoxie est peu adaptée pour des effluents domestiques dont la concentration en NK est faible (inférieur à 40-50 mg N/l – cas des effluents domestiques dilués).
- Les canalisations entrantes dans la zone d'anoxie doivent plonger pour éviter des phénomènes d'aération localisés.
- Les effluents sortant des bassins d'orage ne doivent pas être suroxygénés.

☞ Dégazage

- *Principe*

Placé à l'aval du bassin d'aération, il facilite l'élimination des bulles d'air présentes dans la liqueur en transit vers le décanteur secondaire. On limite ainsi les bouchons d'air générateurs d'à-coups hydrauliques préjudiciables au bon fonctionnement du clarificateur (**figure 6**). De plus, lors du dégazage, des mousses pourront être récupérées et extraites de la file eau (**photo 12**).

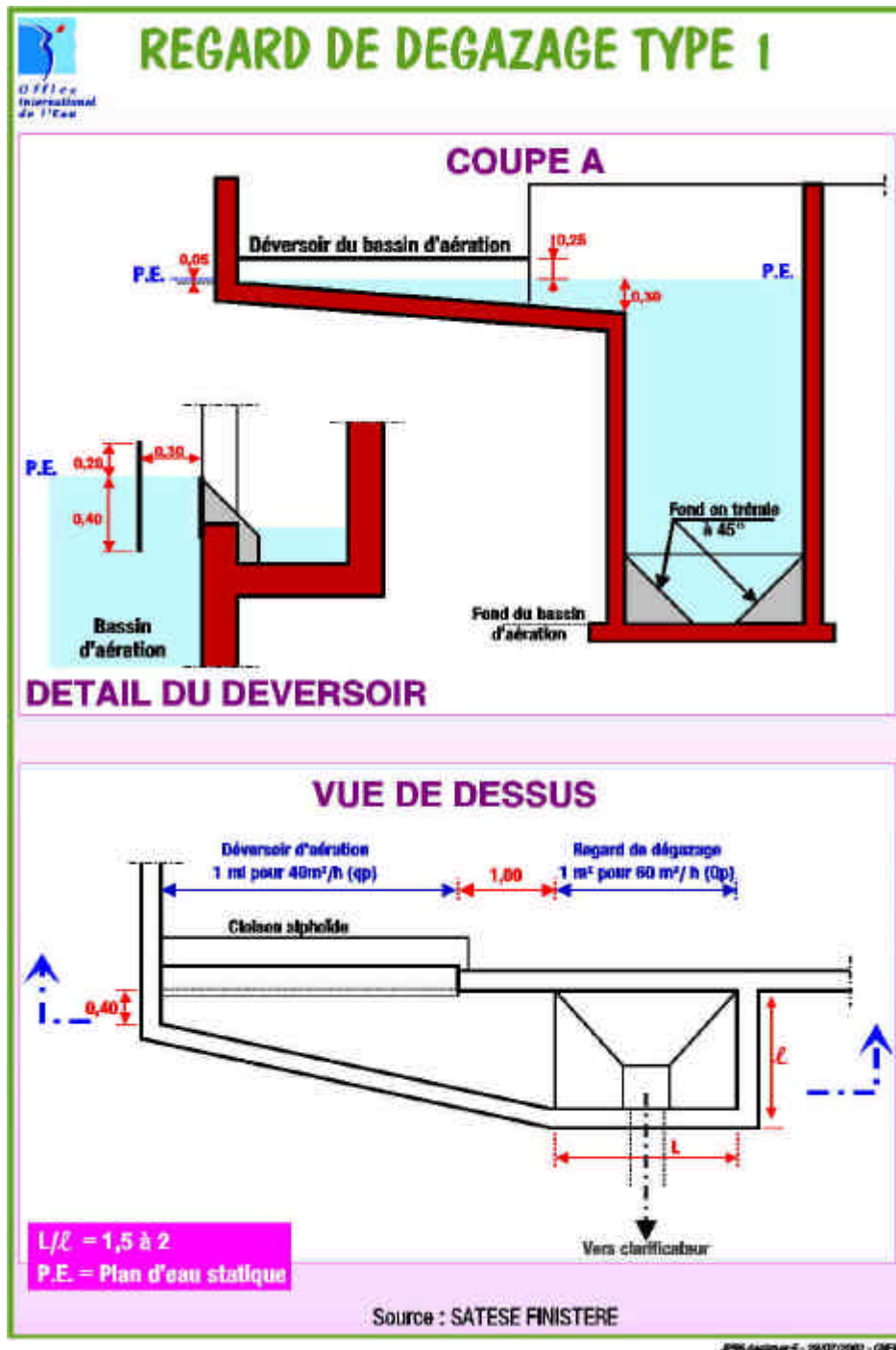


Figure 6 : Schéma de principe d'un dégazeur (SATESE Finistère)

▪ *Dispositions constructives*

- Cet ouvrage est accolé au bassin d'aération, dimensionné sur la base de 1 m²/1000 éq.hab. et 2,5 m²/5000 éq.hab. La vitesse de passage est de 60 à 90 m/h sur la somme des débits qui y transitent. Le temps de séjour est de l'ordre de 3 à 5 mn. Le SATA Finistère préconise 1 m² pour 60 m³/h d'eau brute dans le cas des turbines et 1m² pour 40 m³/h pour l'insufflation.
- Il est prudent de l'équiper d'un dispositif d'évacuation gravitaire des flottants et d'une bêche à flottants.
- L'évacuation et la destination de ces refus posent des problèmes similaires à celui des refus du dégraisseur. Il est possible de les évacuer vers le stockage des boues par l'intermédiaire d'une pompe péristaltique ou volumétrique, la reprise des refus s'effectuant en fond de la bêche à flottant.
- En cas de problèmes biologiques se traduisant par une abondance de mousses en surface des bassins, les interventions du préposé sur ce poste pourront être fréquentes voire quotidiennes (évacuation des mousses stockées). Les solutions pour limiter la prolifération de ces mousses biologiques font appel (en l'état actuel des connaissances) à la zone de contact ou à la chloration des mousses. Un raclage des mousses peut être prévu sur le dégazeur.
- Il n'est pas recommandé de placer une cloison siphonide à l'aval du bassin d'aération de façon à pouvoir extraire les mousses (formées au niveau du bassin d'aération) à partir du dégazeur.
- Le diamètre de la conduite de liaison du dégazeur et du bassin d'aération ne doit pas être inférieur à 150 mm (vitesse de l'ordre de 1 m/s à respecter dans la conduite – recirculation comprise).



Photo 12 : ouvrage de dégazage

☞ La déphosphatation physico-chimique

La déphosphatation physico-chimique consiste à ajouter des cations métalliques (sels de fer ou d'aluminium) dans le bassin d'aération pour provoquer la précipitation des phosphates (déphosphatation simultanée). La déphosphatation simultanée permet d'atteindre une concentration en phosphore au rejet inférieure à 2 mg P/l. Pour atteindre une concentration inférieure à 1 mg P/l, une déphosphatation tertiaire (ajout de réactif après le clarificateur + décanteur lamellaire par exemple) peut s'avérer nécessaire.

▪ *Recommandations*

Prévoir :

- un caniveau de réception des égouttures de dépotage des réactifs,
- une fosse de rétention d'un volume supérieur au volume de la cuve,
- une visualisation des niveaux du bac des réactifs avec alarme éventuelle,
- des volumes de cuve adaptés aux volumes de livraison,
- des conduites d'injection des réactifs démontables, nettoyables, avec la possibilité d'optimiser le lieu d'injection,
- des points d'injection dans des zones à brassage intensif,
- un asservissement de la pompe d'injection de réactif à des horloges, aux pompes d'eau brute ou à la mesure de débit,
- des points d'injection accessibles (étalonnage des pompes) et visualisables,
- des événements (**photo 13**).
- une douche de sécurité,
- vérifier les risques de gel des réactifs, si stockage extérieur.



Photo 13 : Cuve de stockage du chlorure ferrique

☞ La déphosphatation biologique

La déphosphatation biologique consiste à alterner les phases anaérobie et aérobie (zone anaérobie de déphosphatation biologique suivie du bassin d'aération). Cette alternance des phases permet :

- un relargage du phosphore dans la zone anaérobie,
- une réassimilation de phosphore en quantité plus importante dans le bassin d'aération avant l'extraction des boues du clarificateur.

▪ *Recommandations*

- Temps de contact = 2h00 sur l'ensemble des débits moyens qui y transitent. Prendre 3h00 pour les effluents dilués.
- En exploitation, le potentiel d'oxydo-réduction doit être d'environ -100 à $+100$ mV/H₂. Il est donc nécessaire d'installer une sonde rédox dans la zone anaérobie.
- Le fonctionnement de la zone anaérobie est défavorisé dans les conditions suivantes :

$$\frac{\text{DCO}}{\text{P}} < 40 - 50$$

$$[\text{DBO}_5]_{\text{eau brute}} < 150 - 200 \text{ mgO}_2/\text{l}$$

$$[\text{NO}_3^-]_{\text{eau brute}} > 5 \text{ mg N/l}$$

- Les canalisations d'arrivée doivent plonger dans la zone anaérobie pour éviter des phénomènes d'oxygénation localisés.
- Les effluents d'entrée ne doivent pas être suroxygénés (bassin d'orage ...).
- L'oxygénation dans le bassin d'aération doit être intense.
- La recirculation de la boue ne doit pas apporter de NO₃⁻ en quantité trop importante.
- L'âge de boue ne doit pas être trop élevé.
- Le traitement des boues et le stockage doivent prohiber des retours en tête de phosphore après relargage dans la file boue (épaississeur gravitaire, retours en tête au niveau du stockage ...).
- La déphosphatation biologique doit être complétée par une déphosphatation physico-chimique afin de pouvoir pallier à toute défaillance de la zone anaérobie (dimensionnement du physico-chimique dans l'hypothèse où la déphosphatation biologique ne fonctionne pas).
- La zone anaérobie doit être by-passable.

Fiche 7

LES DECANTEURS SECONDAIRES

- *Dispositions générales*

Dans une station d'épuration, le décanteur secondaire (**figure 7**) est l'ouvrage fondamental qui assure la séparation gravitaire de la boue et de l'eau épurée rejetée dans le milieu récepteur.

Le bon fonctionnement de cet ouvrage implique le respect des règles de conception, une gestion rationnelle de la production de boue ainsi que la maîtrise de sa décantabilité.

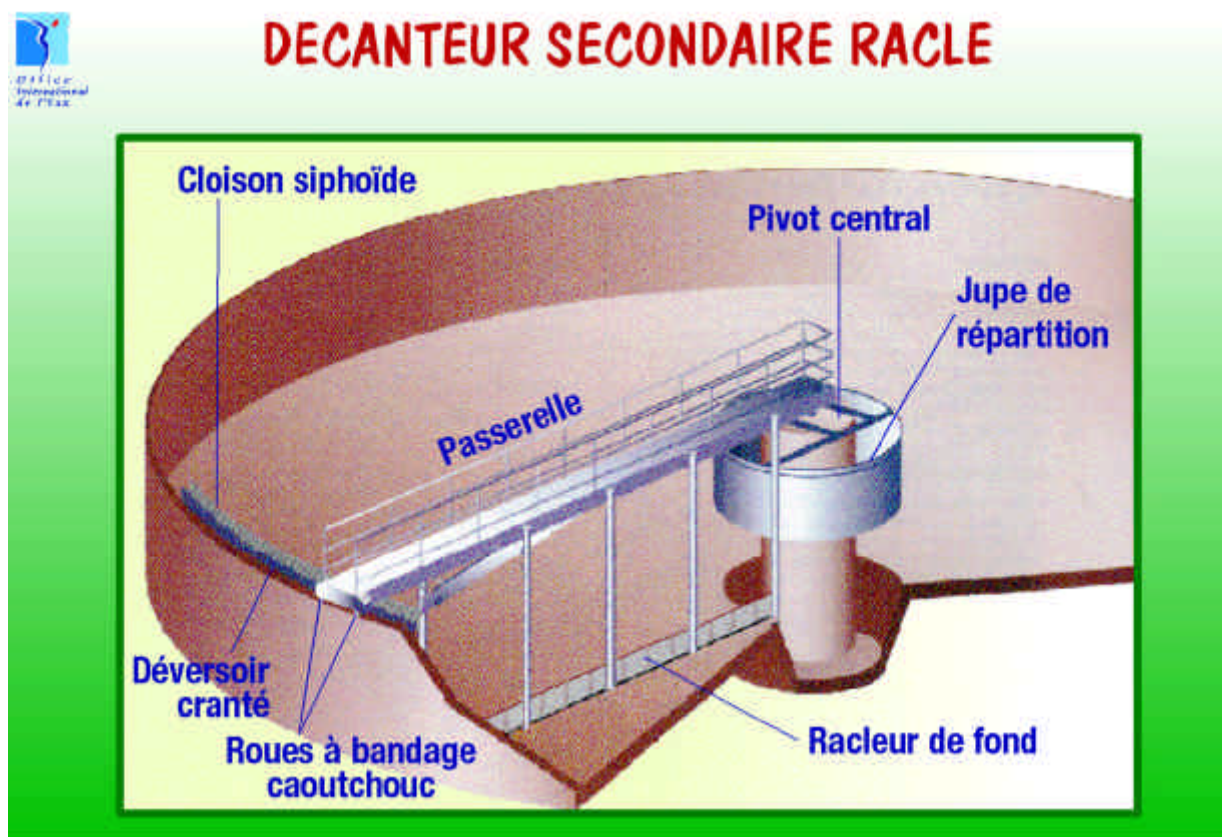


Figure 7 : Schéma de principe d'un décanteur secondaire raclé

- *Surface de l'ouvrage :*

Les ouvrages de forme cylindrique sont préconisés.

Le dimensionnement de leur surface est fonction de la charge hydraulique limite admissible (ou vitesse ascensionnelle) qui elle-même dépend des caractéristiques de la boue.

$$V_a = \frac{Q}{S} = \text{vitesse ascensionnelle (en m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h)}$$

Q : débit max horaire à l'entrée de la station

S : surface utile (partie cylindrique)

En règle générale, il est recommandé de retenir une vitesse ascensionnelle de 0,6 m³/m².h pour dimensionner les décanteurs de petites collectivités (boues activées en aération prolongée).

Cette valeur correspond à une boue de qualité moyenne (l = 180 ml/g) dont la concentration est voisine de 4 g/l. Il va de soi que tout dépassement de ces chiffres sur une durée prolongée se traduira par des pertes de boue même si le débit nominal d'entrée n'est pas dépassé.

- *Profondeur de l'ouvrage*

Les ouvrages cylindriques munis de racleur de fond sont à prescrire pour les boues activées. La hauteur d'eau à la périphérie ne doit pas être inférieure à 2,80 m. Toute surprofondeur d'un décanteur secondaire est à considérer comme facteur sécurisant au plan hydraulique.

- *Jupe de répartition ou « Clifford »*

Cet équipement a pour objet de dissiper au mieux l'énergie hydraulique à l'entrée du décanteur afin de limiter les turbulences (**photo 14**).

Dans cette optique il est souhaitable de :

- Dimensionner le clifford sur la base d'une vitesse de passage de 60 à 90 m/h, calculée sur la base des débits cumulés (entrée + recirculation).
- Veiller à l'horizontalité du débouché du clifford dans le décanteur ; l'immersion du clifford étant faible (environ 70 cm au maximum).
- Positionner la conduite d'amenée des boues au plus près de la surface libre du clifford afin de faciliter l'écoulement des boues et limiter l'accumulation de flottants.



Photo 14 : Jupe de répartition ou Clifford

- *Lame déversante - Goulotte de récupération de l'eau épurée.*

Elle sera de préférence à l'extérieur du décanteur et protégée par une cloison siphonide faiblement immergée ($h = 15 \text{ cm}$), placée à 20 cm de la goulotte (**photo 15**).

L'autonettoyage de la goulotte peut facilement être réalisé par fixation de brosses à l'extrémité du bras du pont racleur. La goulotte peut être revêtue d'une peinture époxy ou carrelée.

La lame déversante sera davantage immergée à proximité de la trémie d'évacuation des flottants.

La trémie d'évacuation des mousses sera positionnée par rapport aux vent dominants

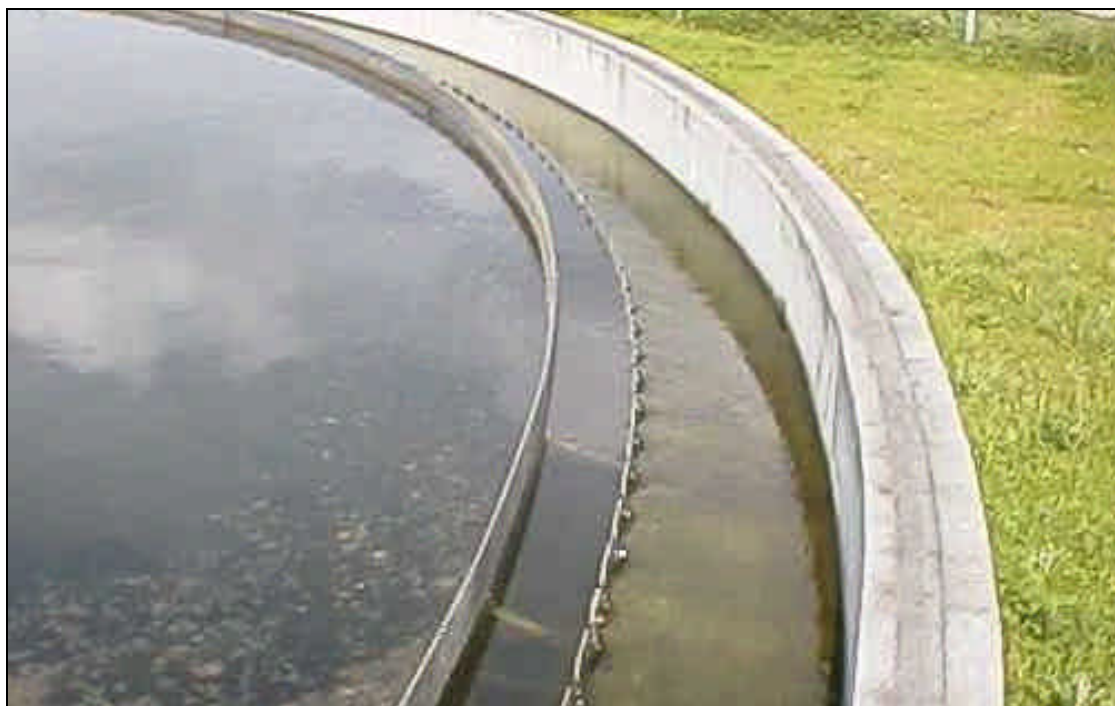


Photo 15 : Goulotte de récupération de l'eau traitée

- *Dispositifs de raclage*

On dispose habituellement d'un racleur de surface (récupération des flottants) et d'un racleur de fond (concentration des boues décantées vers le centre de l'ouvrage).

L'optimisation de la récupération des flottants passe par la mise en place de larges trémies (minimum 50 cm) dont la longueur s'étire suivant le rayon jusqu'à la première barre de soutien du racleur de fond. La pente d'approche sur la trémie d'évacuation sera douce (**photo 16**). Le racleur de fond reposant sur un radier lisse devrait pouvoir être remonté sans difficulté par l'exploitant, notamment sans qu'il soit nécessaire de vider le décanteur. Toutefois le repositionnement et le calage du racleur de fond est souvent problématique. Les roulettes de fond sont à proscrire.

Les racleurs de fonds en persienne (non continu) augmentent le temps de séjour de la boues. Des racleurs constitués d'une seule lame continue seront préconisés.

Pour les racleurs à entraînement périphérique, le chemin de roulement fera l'objet d'une attention particulière (horizontalité, lissage, ...). La roue d'entraînement doit être facilement démontable, il est souhaitable d'avoir une roue de secours. En pays froid, il est prudent d'implanter une résistance chauffante sous le chemin de roulement pour éviter les problèmes de gel et une petite lame de protection inclinée à 45° vers l'extérieur devant la roue.

L'ensemble pont racleur doit être muni d'un bouton d'arrêt d'urgence.

Dans les petites stations, pour des diamètres d'ouvrage inférieurs à 6 m, des racleurs à entraînement central peuvent être préconisés. La récupération des flottants s'effectue alors par l'intermédiaire d'une lame radiale en caoutchouc et d'une goulotte de récupération placée sur un rayon du bassin.

Pour faciliter le raclage des boues, la pente de l'ouvrage doit être de 10 – 15 % minimum (le SATA Finistère préconise 20 %).

La technologie du pont sucé n'est pas adaptée pour les clarificateurs de diamètre inférieur à 20 – 24 m et donc pour les stations de capacité inférieure à 5000 – 10 000 EH.

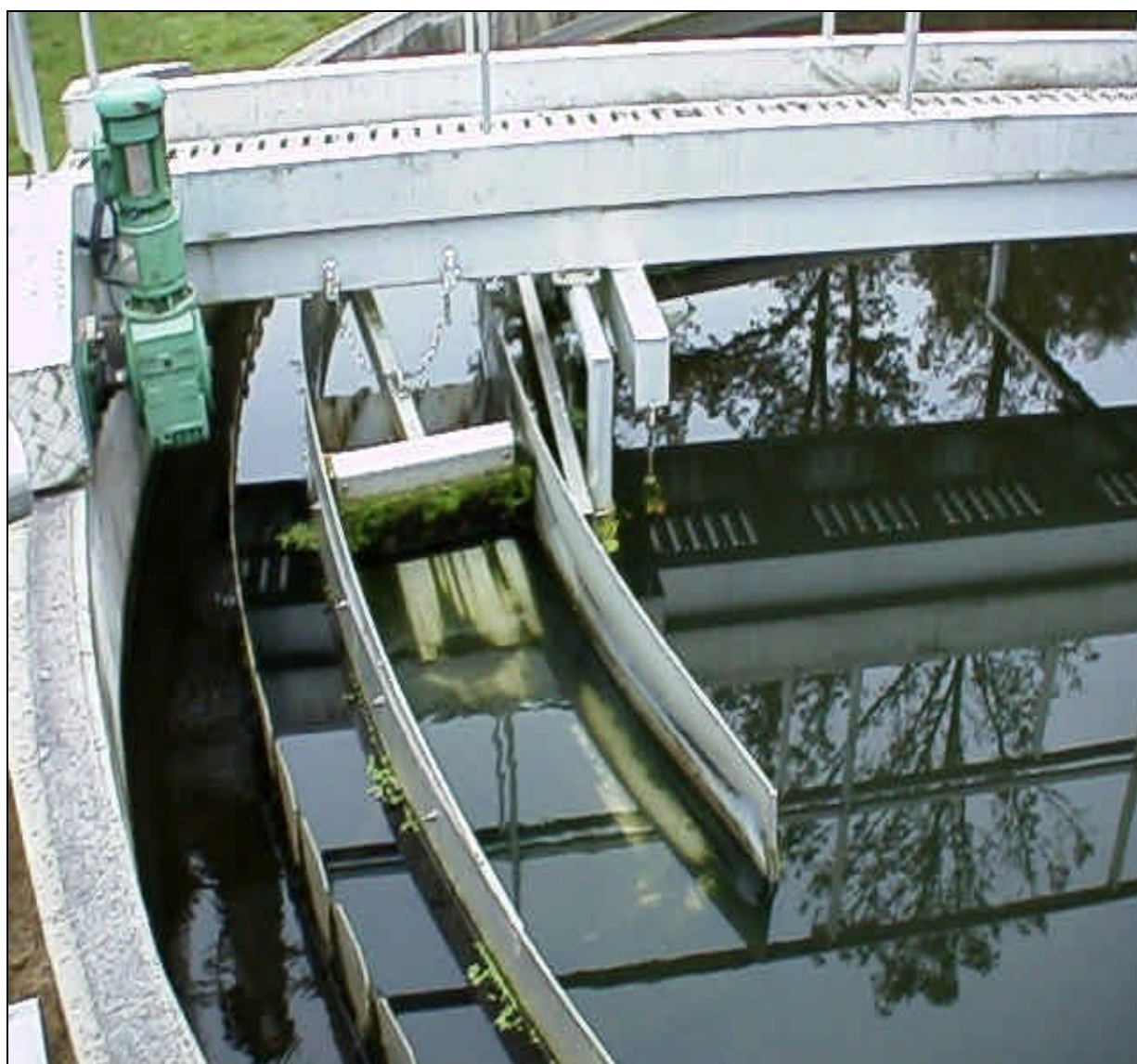


Photo 16 : Dispositif de raclage de surface et trémie de récupération des flottants

- *Destination des flottants du décanteur*

Tout système visant à ramener en tête du traitement les flottants récupérés est à proscrire (aggravation des problèmes de bactéries filamenteuses).

L'évacuation de ces produits est, en général, source de difficultés pour l'exploitant. Il y a lieu d'éviter leur contact avec l'eau pour que les volumes à extraire soient minimisés. De plus, pour réduire les interventions extérieures générant des coûts supplémentaires (vidangeur), il est utile de prévoir des circuits permettant l'incorporation de ces produits soit dans la bêche de stockage des flottants du dégazage, soit directement dans le silo à boues (et non l'épaississeur).

☞ La recirculation

Elle permet :

- De maintenir une concentration en MES constante et correcte dans le bassin d'aération.
- D'éviter l'accumulation des boues dans le clarificateur et le débordement du lit de boue.
- De limiter le temps de séjour dans le clarificateur pour garantir une bonne qualité de boue.

- *Dispositions constructives*

Le débit de boue recirculé est tributaire du débit journalier arrivant sur la station. En règle générale, en exploitation le volume recirculé journalier ne dépassera pas deux fois le volume d'eaux usées à traiter. Pour le dimensionnement, on retiendra que le débit des dispositifs de recirculation sera égal au moins au débit nominal de pointe horaire de la station.

Situé à proximité du décanteur, le poste de recirculation comprend (**figure 8**) :

- une fosse alimentée par les boues décantées. Les risques de colmatage de la conduite d'alimentation étant élevés, son diamètre sera tel que la vitesse de passage ne soit pas inférieure à 1 m/s. Le diamètre des conduites est supérieur à 150 mm.
- des équipements (vis ou pompe) permettant de diriger les boues vers les bassins correspondant à leur destination (bassin d'aération notamment).

Dans tous les cas, un dispositif de secours s'impose.

Bien que peu utilisées en raison de leur coût, les vis d'Archimède s'avèrent être le moyen le plus adapté pour recirculer les boues. Elles présentent l'avantage de délivrer des débits " constants ", modifiables par variation de vitesse avec variateur de fréquence. De plus, elles sont " imbouchables ".

En cas d'utilisation de pompes, on choisira plutôt des pompes à débit variable (variateur de fréquence) asservies à un automate pour s'adapter aux variations du débit d'entrée.

Un débitmètre électromagnétique pourra être installé sur la conduite de recirculation des boues, notamment dans les cas de pompes à débits variables.

Afin de réduire les risques de bouchage, il y a lieu de minimiser le nombre de coudes (ainsi que la longueur de la conduite de refoulement vers le bassin d'aération).

Il convient de rechercher dans la mesure du possible un fonctionnement continu de la recirculation. Cette pratique accroît cependant les risques de bouchage sur une pompe ; il faut alors ménager de brefs temps d'arrêt, ou prévoir une alternance dans le fonctionnement des pompes.

Dans le cas d'une recirculation vers une zone de contact, il est recommandé de mettre en place un dispositif spécifique de refoulement, dimensionné sur la base des critères de temps de contact et de biosorption.

Afin d'éviter le fonctionnement de la pompe en cas de non-alimentation du poste (bouchage ou isolement accidentel du poste), un contacteur d'arrêt du pompage (niveau très bas) est à installer.

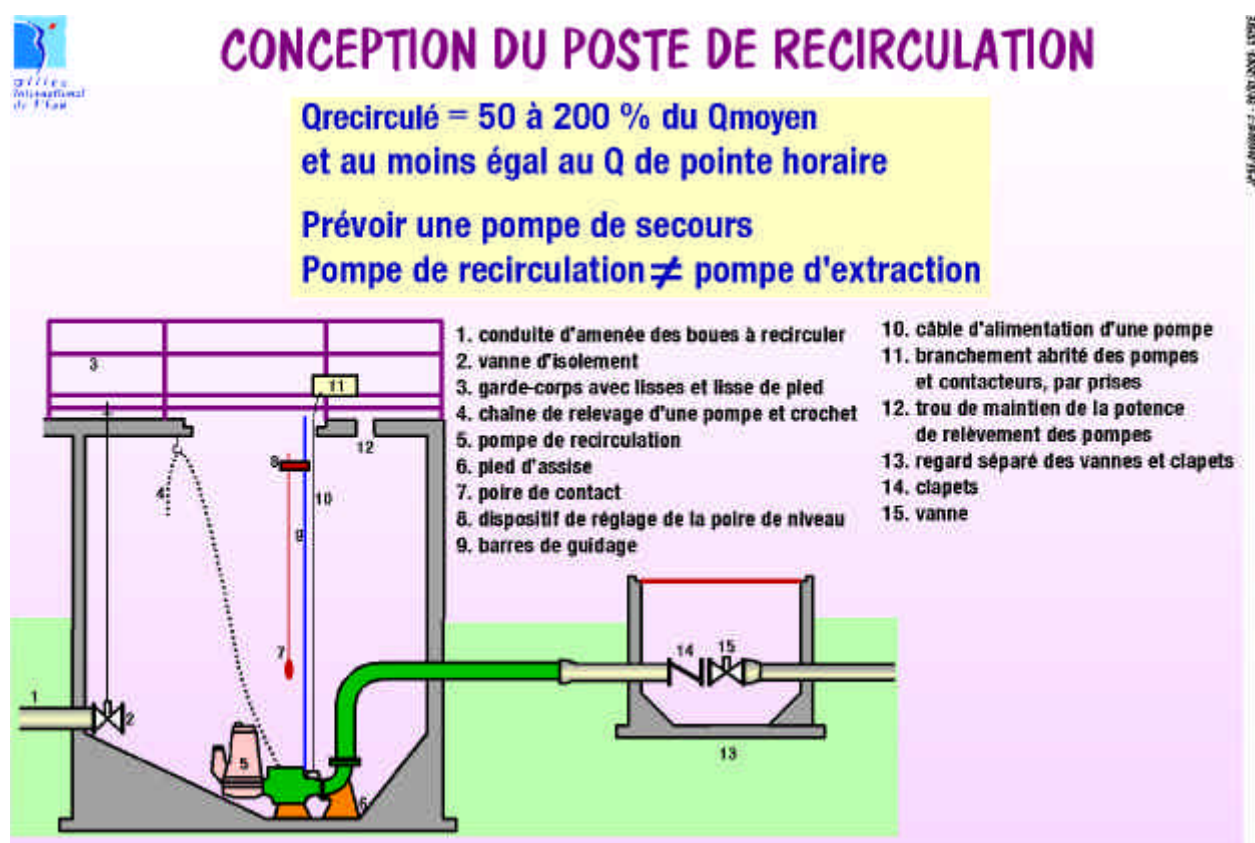


Figure 8 : Schéma de principe d'un poste de recirculation des boues

Une conception correcte implique de faciliter l'accès au poste de recirculation. Les interventions nécessitent souvent une vidange de la bêche, ce qui rend obligatoire l'installation d'une vanne d'isolement sur la conduite d'amenée des boues. Une pente de fond sera également bienvenue. Il importe qu'une potence (éventuellement mobile) équipée d'un treuil de levage soit installée pour manœuvrer et remonter les organes de pompage en toute sécurité.

Le fonctionnement du poste de recirculation peut être asservi :

- à des horloges (plots de 10 mn),
- au fonctionnement du poste de relèvement,
- à la mesure du débit.

Des temps d'arrêt prolongés sont à proscrire.

Le fonctionnement du poste peut être associé à un détecteur de voile de boues dans le clarificateur (asservissement et/ou alarme) avec un temps minimal de marche à respecter.

Un piquage peut être prévu pour injecter de l'eau sous pression en cas de colmatage de la canalisation de recirculation des boues.

Fiche 8

FILIÈRE TRAITEMENT DES BOUES

☞ L'extraction

- *Principe*

La station d'épuration produit en permanence des boues dont l'excès doit être évacué à intervalles réguliers pour garantir un bon fonctionnement du système. En effet, l'extraction permet de maintenir une quantité de MES nécessaire et suffisante afin d'obtenir une qualité d'épuration optimale.

Ces boues, principalement constituées d'eau (> 97 %, le plus souvent) représentent des volumes importants que la filière de traitement des boues va s'attacher à réduire autant que faire se peut, afin d'abaisser les coûts d'évacuation de ces sous-produits de l'épuration.

- *Dysfonctionnements courant en exploitation*

Une gestion rationnelle de la boue produite dans la station reste une condition nécessaire de la qualité de l'épuration. Le rôle du personnel exploitant apparaît à cet égard fondamental.

La production de boue est directement liée à la quantité de pollution retenue. Il s'en suit une augmentation de la biomasse dans le système, ce qui induit un accroissement des concentrations en MES.

Toute accumulation dans le(s) réacteur(s) biologique(s) ou le clarificateur, serait à court terme préjudiciable à l'efficacité et à la fiabilité du traitement.

Ainsi une accumulation des boues dans le bassin d'aération conduit aux inconvénients suivants :

- Surconsommation d'oxygène induisant des surconsommations d'énergie et des risques de sous oxygénation que l'exploitant devra combattre par des changements fréquents du réglage de l'aération.
- Difficultés de brassage liées à la viscosité croissante de la boue activée.
- Surconcentration des boues ⇨ vitesse de décantation ralentie ⇨ clarification aléatoire.

Parallèlement, l'accumulation des boues dans le clarificateur est encore plus problématique, en considération des points suivants :

- réduction rapide de la hauteur de voile de boue et donc de la marge de sécurité vis à vis des fuites de boues.
 - allongement du temps de séjour des boues conduisant inévitablement à une altération de la qualité des boues :
 - développement des bactéries filamenteuses (foisonnement, moussage biologique),
 - biomasse moins active (mortalité des protozoaires, voire des bactéries).
- *Dispositions constructives*
- Dans la pratique, à chaque extraction de boue, la concentration en MES du bassin d'aération ne doit pas diminuer de plus de 1 g/l.
 - Pour les stations sous-chargées devant éliminer l'azote, chaque extraction correspondra à une diminution de la concentration dans le bassin d'aération égale à $K \times 1 \text{ g/l}$ (K étant le rapport charge reçue/charge nominale).
 - Il est conseillé d'utiliser un dispositif spécifique pour évacuer les boues (HMT plus importante que pour la recirculation) et non pas des pompes communes à l'extraction et à la recirculation.
 - Il est recommandé de ne pas installer de clapet anti-retour sur la conduite d'extraction et même de prévoir une purge en point bas de la canalisation pour pouvoir mettre hors gel le dispositif d'extraction.
 - Un piquage sur la canalisation d'extraction est à prévoir, afin de pouvoir injecter de l'eau sous pression en cas de colmatage.
 - Il est souhaitable d'automatiser les extractions, par exemple en asservissant les commandes à une horloge de 24^h00 double piste : une piste détermine l'arrêt de la recirculation tandis que l'autre, couplée à une temporisation, assure un syncopage des temps d'extraction. Dans le cas d'une automatisation de l'extraction, on peut également l'asservir à un capteur de MES. L'extraction automatisée est intéressante lorsque l'on dispose d'un stockage intermédiaire ou que les boues extraites sont dirigées vers des traitements de boues à faibles contraintes d'exploitation (lits de séchage plantés de roseaux par exemple).
 - Des périodes d'arrêt de la recirculation précédant l'extraction des boues sont pratiquées en exploitation. Cela permet d'accroître la concentration des boues soutirées. Toutefois, cette pratique est très risquée. Il convient d'être particulièrement attentif aux risques de pertes de boues pendant cette phase (période pluvieuse notamment) à cause de l'augmentation du niveau du voile de boues. De plus, un temps de séjour des boues trop important dans le clarificateur durant la phase d'arrêt de la recirculation aboutit à des risques de septicité prononcés, qui peut provoquer des difficultés de moussage et/ou de décantation. Ainsi, le temps de séjour des boues dans le clarificateur doit rester inférieur à 2^h00.

- De plus en plus de stations d'épuration intègrent une extraction directe à partir du bassin d'aération et non pas à partir du clarificateur. Cet aménagement particulier présente les avantages suivants : plus grande stabilité de la qualité (concentration, fraîcheur) de la boue extraite, plus de facilité d'asservissement à la mesure de la concentration en MES dans le bassin d'aération, apport d'eau (boues liquides non épaissies) autorisant un meilleur arrosage des roseaux (cas des traitements de boues à macrophytes). Par contre, l'extraction des boues à partir du bassin d'aération présente l'inconvénient d'extraire des boues plus liquides (cas des traitements mécaniques des boues) et sur des périodes plus importantes.
- Les pompes d'extraction pourront être à débit variable (variateur de vitesse ou de fréquence). La présence d'un débitmètre électromagnétique peut être un plus.
- Dans la note de dimensionnement, devront être particulièrement surveillées :
 - la production de boues prévisible (environ 1 kg MES/kg DBO₅ entrant en *dimensionnement* hors production de boues par déphosphatation),
 - la concentration en MES extraite (environ le double de la concentration en MES dans le bassin d'aération, si extraction à partir du clarificateur),
 - le nombre de jour d'extraction / semaine,
 - le nombre d'heures d'extraction / jour.

☞ Le traitement des boues

La destination finale des boues détermine le type de traitement qu'elle devra subir :

- Soit les boues seront évacuées sous forme liquide en vue d'épandage sur terres agricoles. Un épaississement des boues pourra être suffisant.
- Soit leur utilisation sous forme pâteuse ou solide imposera un épaississement et une déshydratation préalables.

La destination des boues est déterminée après une étude spécifique concernant notamment la valorisation agricole des boues.

☞ Filière liquide

Sa mise en œuvre passe par la construction d'ouvrages de stockage des boues. Ces ouvrages, silos ou lagunes, doivent permettre une autonomie de stockage de 6 à 12 mois selon les conditions locales (climat, culture, ...). D'une manière générale, les capacités de stockage des boues sont sous-dimensionnées.

A noter que les surnageants des silos de stockage (concentrés et septiques) ne doivent jamais être renvoyés en tête d'un traitement biologique (foisonnement, moussage, ...).

Ces ouvrages seront impérativement brassés (homogénéisation du produit final) et doivent pouvoir être vidangeables.

Il est nécessaire d'aménager une voirie lourde pour l'accès des engins au poste de reprise des boues.

- *Epaississement*

Il s'agit d'une étape intermédiaire dans la diminution du volume de boues produites par la station. Cette étape est réalisée dans des épaisseurs. Elle ne doit pas être confondue avec le stockage des boues sur une longue période (silo) en vue de leur épandage ultérieur.

- *Epaississeurs gravitaires*

Les épaisseurs gravitaires peuvent être choisis pour les stations de capacité < 1000 EH.

Deux raisons essentielles militent en faveur de temps de passage réduits des boues en phase d'épaississement :

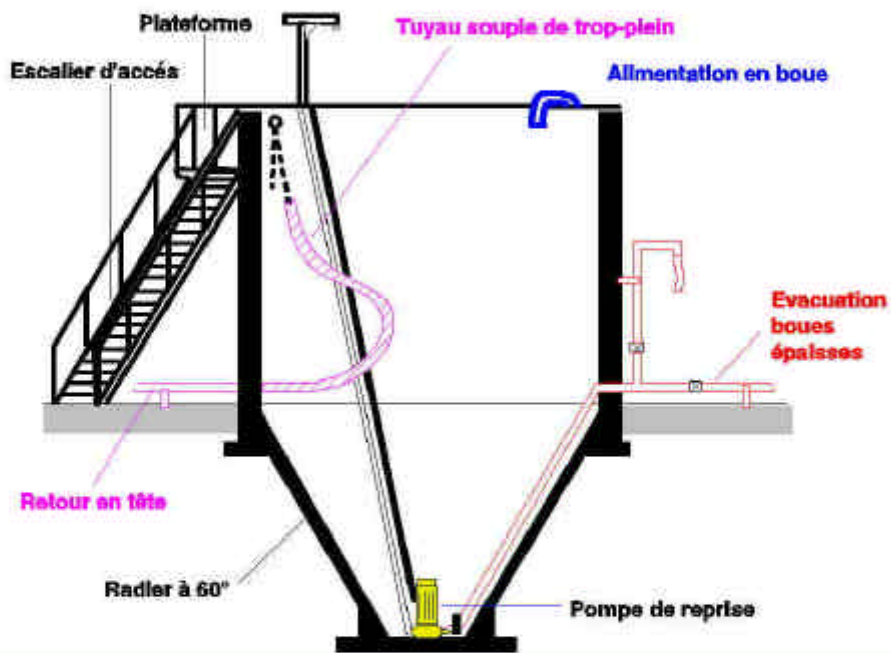
- Un séjour prolongé des boues secondaires induit rapidement des phénomènes de fermentation. Les surnageants d'épaisseurs qui retournent en tête du traitement sont alors souvent septiques et responsables de problèmes biologiques (foisonnement, mousses) et de nuisances olfactives.
- Seules les boues biologiques « fraîches » se prêtent bien à une déshydratation ultérieure (mécanique ou gravitaire).

Le temps de séjour des boues dans les épaisseurs statiques, de forme cylindro-coniques (**figure 9 – photo 17**), ne doit pas excéder 24^H00 (raisons évoquées précédemment). Ils doivent être équipés de trop-plein et d'un dispositif à niveau variable (importance d'un point très bas) d'évacuation du surnageant (à faible débit). Après chaque bûchée (extraction-épaississement-évacuation du surnageant puis des boues épaissies), l'épaississeur est à vidanger entièrement.

EPAISSISSEUR

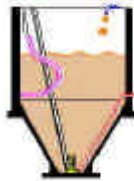
STATIQUE

Technologie

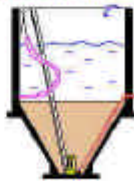


Exploitation

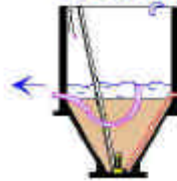
1 ALIMENTATION



2. EPAISSISSEMENT



3. EVACUATION EAU CLAIRE



4. VIDANGE BOUES EPAISSIES

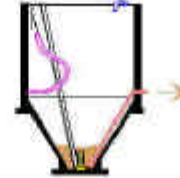


Figure 9 : Schéma de principe d'un épaisseur gravitaire



Photo 17 : Epaisseur gravitaire (échelle à proscrire)

Des contacteurs haut et bas (à commande différente) sont conseillés pour éviter des débordements ou un fonctionnement à sec de la pompe de reprise des boues.

La concentration des boues épaissies dépend de celle des boues admises dans l'ouvrage. Habituellement le facteur d'accroissement de concentration est de l'ordre de 3 pour des installations en aération prolongée ([MES] épaissies ≈ 20 g.l.).

Les épaisseuriers hersés (brassage lent de la boue) sont utilisés essentiellement pour des stations plus importantes. L'alimentation peut être continue. Ils sont habituellement dimensionnés sur la base de $25 \text{ kg MES/m}^2 \cdot \text{j}$ pour des boues biologiques secondaires. Le gain sur les concentrations serait de l'ordre de 20 % par rapport aux épaisseuriers statiques.

- *Épaississement par égouttage*

Cette technique permet d'obtenir des boues plus concentrées (60 à 70 g/l sur des boues biologiques) que les épaisseurs gravitaires. Elle présente l'avantage de fonctionner avec des boues (très fraîches) prélevées directement dans la bêche de recirculation des boues. Le filtrat reste d'excellente qualité. Ces dispositifs d'égouttage, nécessitent peu de surveillance et sont à privilégier malgré leur surcoût en investissement (**photo 18**).

Il importe toutefois de souligner qu'un conditionnement préalable de la boue est indispensable pour faciliter son égouttage ultérieur. De plus, cet équipement, sensible au gel doit être abrité dans un local.



Photo 18 : Épaississement des boues par grille d'égouttage

☞ Filière pâteuse

▪ *Systèmes de déshydratation mécanique*

Ils restent peu employés dans les petites collectivités en raison de leur coût et des contraintes qu'elles génèrent (conditionnement des boues, réglages, ...).

Dans le cadre de ce document, les principaux points sur lesquels il convient d'attirer l'attention sont les suivants :

- S'assurer que le poste de traitement des boues ne sera pas un facteur pénalisant la gestion de la production de boue. Dans cette optique, la productivité de la machine devra être suffisante pour qu'à la charge nominale, la production de boue puisse être traitée à raison de 4 à 5^H00 de fonctionnement maximum/jour sur un cycle de 4 à 5 jours consécutifs par semaine.
- Prévoir un système d'évacuation automatisé pour les boues déshydratées (sauterelle, ...) et une aire de stockage bétonnée avec récupération des lixiviats (**photo 19**).

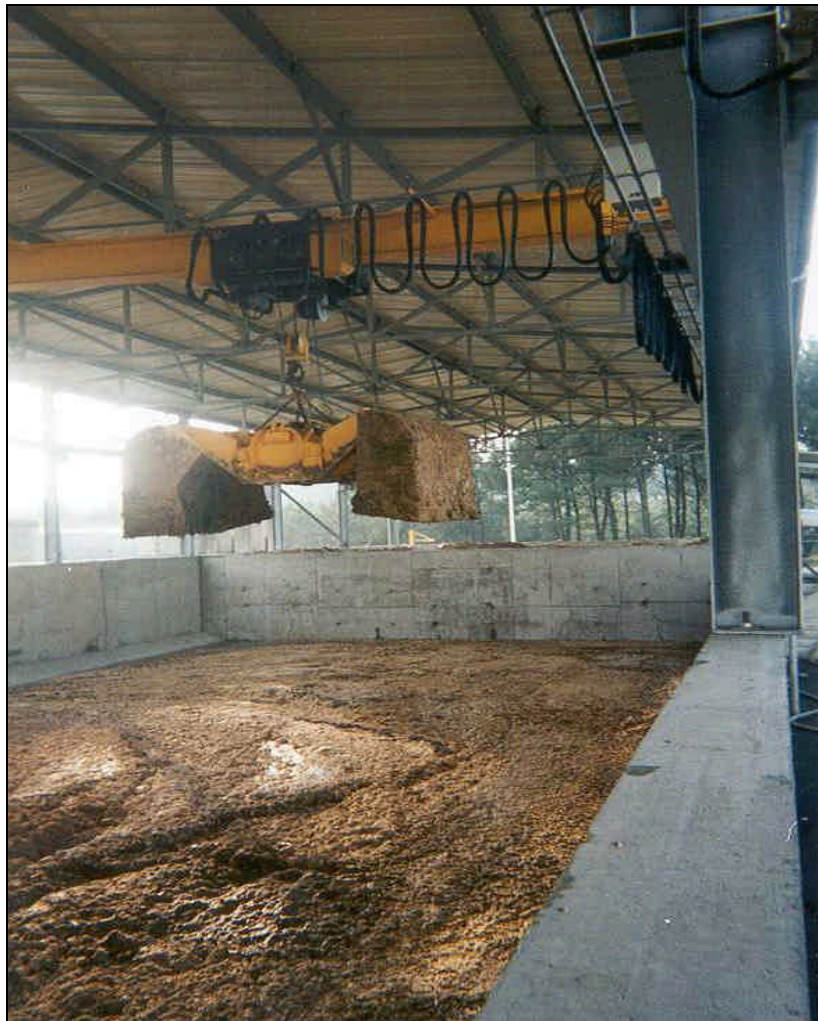


Photo 19 : Aire de stockage des boues déshydratées

- La maintenance préventive gage la durée de vie du matériel et limite les arrêts de ce poste fort préjudiciables pour la bonne marche de la station. Pour faire face à un incident de fonctionnement toujours possible, il est prudent de prévoir une solution alternative : évacuation liquide le plus souvent ou lit de séchage en secours.
- Le lavage en continu des toiles d'un filtre à bande (**photo 20**) par l'eau épurée sous pression est à préconiser bien que ce soit une source importante d'aérosols. En cas de détérioration de la qualité de l'eau épurée, le recours au lavage par l'eau du réseau d'adduction doit être prévu.



Photo 20 : Toile d'un filtre à bandes

- Le choix d'une déshydratation mécanique implique la construction d'un local et des capotages de protection autour de la machine (**photo 21**).
- Dans le cas de déshydratation des boues par des systèmes mobiles, une attention particulière sera portée sur les retours en tête dans la mesure où les boues à déshydrater sont stockés sur une longue durée. Eventuellement, les filtrats peuvent être stockés puis restitués sur la filière en continu.



Photo 21 : Déshydratation mécanique par filtre à bandes

☞ Lits de séchage plantés de roseaux

- *Principe*

C'est un procédé de traitement des boues qui permet l'épaississement, la minéralisation et le stockage.

Les boues produites par la station d'épuration sont directement extraites du bassin d'aération et alimentent le lit planté de roseaux, les roseaux les plus utilisés sont : Phragmites communs (**photo 22**).

L'eau contenu dans les boues s'infiltre à travers le massif filtrant constitué de plusieurs couches de matériaux (sable, gravier, galets ...) et est récupérée ensuite par des drains.

La boue est retenue à la surface du massif.



Photo 22 : lit de séchage planté de roseaux

▪ Performances

Cette technique intéresse de plus en plus les petites collectivités car elle présente les avantages suivants :

- Un procédé rustique (pas de consommation énergétique, ni maintenance).
- Une extraction régulière des boues du bassin d'aération garantissant une bonne qualité de l'eau traitée.
- Une réduction importante du volume des boues stockées de part l'activité drainante et minéralisatrice du milieu.
- Une fréquence d'évacuation des boues d'environ 1 fois tous les cinq ans.
- L'absence d'odeur générée par les lits de séchage.
- Les percolats sont de bonne qualité.
- Faible niveau de technicité requis pour l'exploitant.
- Bonne tenue mécanique de la boue (rhizomes).
- Bonne qualité agronomique des boues.
- Coût d'exploitation réduit par rapport à la déshydratation mécanique.

Après les deux ans nécessaires à la maturation du système les siccités observées sont de l'ordre de 11 % pour un cycle de 3 jours d'alimentation et 7 jours de repos et peuvent atteindre jusqu'à 15 % maximum.

La déshydratation par lits de séchage plantés de roseaux présente les inconvénients suivants :

- Siccité moyenne par rapport au procédé mécanique. Cette siccité est variable selon les conditions climatiques (été/hiver).
- Les retours en tête sont généralement plus chargés en azote que ceux des procédés classiques.
- Nécessite d'une surveillance accrue des retours en tête vis à vis du phosphore.
- Nécessiterait éventuellement la destruction des roseaux avant l'épandage agricole.
- Risque d'accumulation de certains métaux lourds au niveau des rhizomes.
- Les boues ne sont pas hygiénisées.
- Coût d'investissement non négligeables.
- Curage et évacuation des boues lourdes représentant des opérations lourdes.

Les dysfonctionnements peuvent avoir plusieurs origines notamment :

- Colmatage du lit dû au choix de la granulométrie.
- Si l'extraction est réalisée du clarificateur, la boue d'alimentation (de qualité variable entre le début et la fin de l'extraction) occasionnerait un colmatage à certains endroits et provoquerait des chemins préférentiels de l'eau.
- Mauvaise déshydratation des boues pouvant être due à des périodes de repos très courts.
- Sous dimensionnement.

▪ *Dispositions constructives*

- Pour une charge de l'ordre de 50 kg MS/m²/an, le dimensionnement correspond à 0,25 m²/EH. Il doit être basé sur la charge nominale de l'installation, mais une sous charge (50 % du nominal par exemple) durant les deux premières années permet un départ plus rapide des roseaux.

En cas de variation estivale, on peut envisager un dimensionnement l'été de l'ordre de 0,17 m²/EH et 0,34 m²/EH l'hiver.

- Les apports doivent être répartis dans la journée mais suivis de périodes de repos de l'ordre de 10 jours pour favoriser le ressuyage et la minéralisation des boues. Il est nécessaire de prévoir plusieurs lits. (Quatre lits voire plus selon les quantités à traiter) afin de respecter les périodes de repos sur chaque lit.
- La géométrie et la disposition du lit doivent être adaptées à la taille des bras des pelles disponibles et aux possibilités de circulation autour des ouvrages lors des évacuations de boue.
- La hauteur totale sera de l'ordre de 2,5 m dont 1,8 m utile (BONINO Philippe - SAUR - 1999).
- Les lits doivent être aérés par des ventilations hautes et basses en nombre suffisant afin d'éviter les risques de fermentation au niveau des zones basses.
- La densité de plantation des roseaux est de 4 pieds par m² soit un pied tous les 50 cm dans toutes les directions.

Il est recommandé de planter entre mars et septembre. En dehors de cette période, les roseaux meurent.

- Il est indispensable de surveiller la qualité du massif filtrant et les différents matériaux qui doivent satisfaire à certains critères notamment, la taille, la forme, composition, lavage si nécessaire avant la mise en place ... afin d'optimiser les performances hydraulique de l'installation.
- L'alimentation des lits (le fonctionnement des pompes d'extraction) peut être asservie à l'arrêt de l'aération par une horloge hebdomadaire/journalière de façon à bénéficier du bon brassage en fin d'aération.

Fiche 9

LAGUNAGE NATUREL

☞ Lagunage naturel

- *Principe (figure 10 - photo 23)*

L'épuration par lagunage naturel repose sur la présence équilibrée de bactéries aérobies en cultures libres et d'algues. L'oxygène nécessaire à la respiration bactérienne est produit uniquement grâce aux mécanismes photosynthétiques des végétaux en présence de rayonnements lumineux.

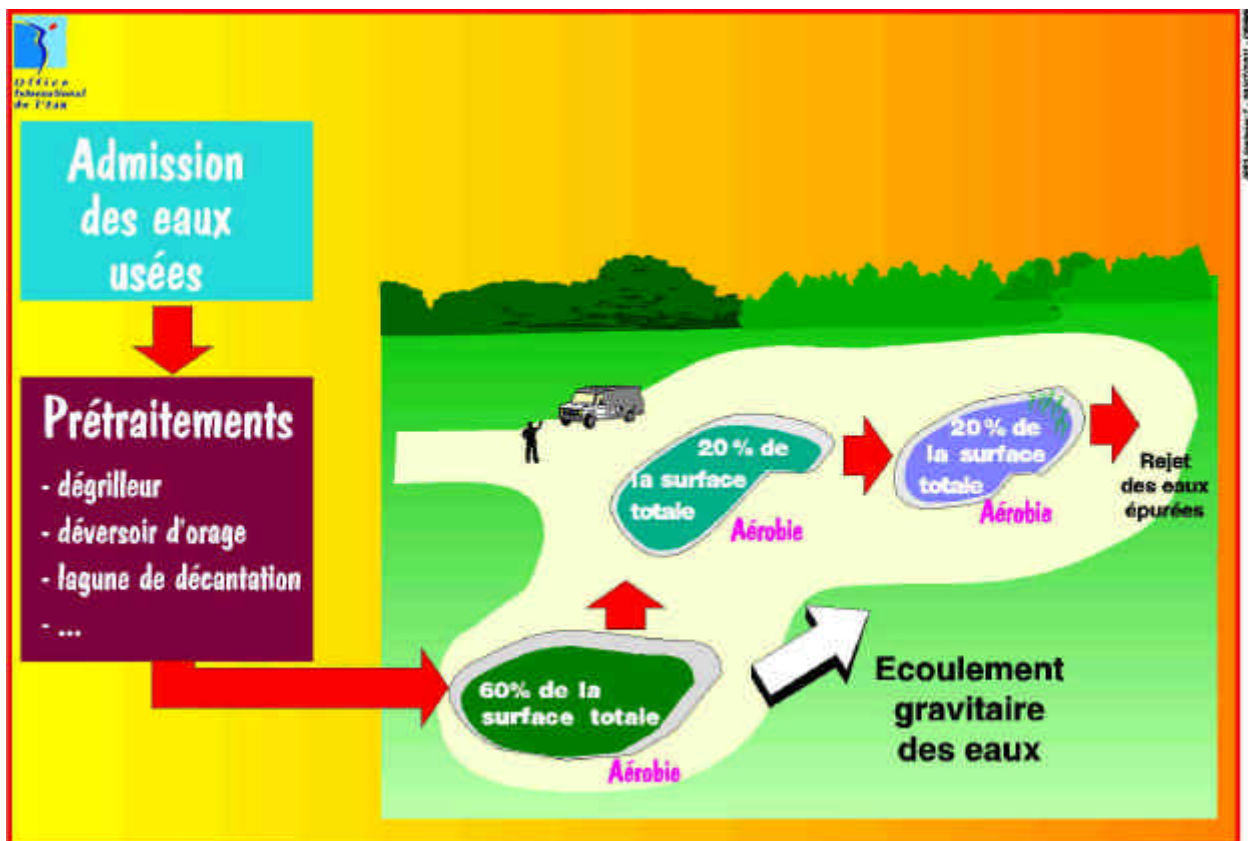


Figure 10 : Schéma de principe d'un lagunage naturel

▪ *Domaine d'application*

Le créneau privilégié d'application de ce procédé rustique peut être défini comme suit :

- Petites collectivités : 250 à 1500 EH (conseillé) voire 100 à 2000 EH (possible).
- Eaux résiduaires domestiques seules et peu concentrées ($DBO_5 < 300 \text{ mgO}_2/\text{l}$). Les réseaux strictement séparatifs sans eaux parasites sont à éviter.
- Nature du sol peu perméable (ou emploi de géomembranes si coefficient de Darcy $> 10^{-6} \text{ m/s}$).
- Grande disponibilité en terrain.
- Niveau de qualité du rejet : niveau D2 (circulaire du 17 Février 1997).
- Acceptation de contraintes d'exploitation lourdes (curage, ...).
- Bonne élimination des germes pathogènes en été.
- Adaptation aux variations de charges hydrauliques (réseau unitaire, ...).



Photo 23 : Lagunage naturel à deux bassins

▪ *Dimensionnement*

Le dimensionnement du lagunage naturel s'appuie sur l'observation du fonctionnement de lagunages installés depuis 15 ans en France. En conséquence, on recommande une surface de bassin par équivalent-habitant de 12 m² (voire 15 en fonction du climat) et une mise en œuvre sur trois bassins :

- La première lagune est le siège prépondérant de l'abattement de la charge polluante carbonée. En sortie de ce bassin, la concentration en algues microscopiques peut être importante.
- La deuxième lagune permet un abattement de l'azote, du phosphore et une réduction de la concentration en algues.
- La troisième lagune continue l'abattement obtenu dans la deuxième lagune. Elle permet aussi de conserver une bonne qualité de traitement lors d'un incident (dysfonctionnement) ou d'une opération d'entretien (curage) survenant sur le premier bassin.

Le fractionnement en trois unités contribue à obtenir une décontamination d'ordre sanitaire intéressante.

La profondeur des trois bassins est de 1 m environ pour répondre à plusieurs contraintes : éviter la pousse des végétaux supérieurs (macrophytes), permettre une pénétration de la lumière et donc une oxygénation suffisante, et limiter les effets d'une éventuelle stratification thermique des bassins.

▪ *Performances*

- DBO₅ : la présence d'algues, même sur la fraction filtrée fait perdre son sens à la mesure de ce paramètre.
- DCO : le rendement en flux (non filtré) est supérieur à 75 %
la concentration en DCO filtrée est proche de 125 mgO₂/l
- MES : la concentration est inférieure à 150 mg/l, sauf situation exceptionnelle en matière d'évaporation.
- Azote : l'abattement sur l'azote global est en moyenne de 60 à 70 %. Son élimination décroît généralement avec l'âge des installations et l'accumulation des boues dans les bassins.
- Phosphore : l'abattement sur le phosphore est en moyenne de 60 à 70 %. Son élimination décroît généralement avec l'âge des installations et l'accumulation des boues dans les bassins.
- Germes pathogènes : le lagunage semble souvent fournir en été une qualité bactériologique compatible avec les objectifs sanitaires à atteindre pour un rejet en eaux de baignade (abattement de l'ordre de 3 à 4 U. Log.).
- Objectifs visés : niveau D3 de la circulaire du 17 Février 1997.

▪ *Dispositions constructives*

- Les digues entourant les bassins doivent être suffisamment larges (4 m minimum) pour autoriser la circulation d'engins lourds (tonne à lisier, camion hydrocureur). Une largeur plus importante doit être prévue pour les zones de manœuvre d'engins. Les canalisations de liaison doivent résister au passage d'engins roulants et être ancrées.
- Une pente de 2,5/1 à 3/1 est requise pour la mise en place des matériaux et l'obtention d'une étanchéification par compactage de terrains ; une pente plus forte (de 1,5/1 à 2/1) est acceptable en cas d'étanchéification par géomembrane. La revanche, toujours supérieure, à 30 cm est en général fixée à 50 cm.

Un fossé de drainage des eaux de ruissellement sur le pourtour des bassins doit être prévu. Le risque de modification du parcours du lit de la rivière doit être intégré.

- Les prétraitements se borneront à piéger :
 - les matières les plus volumineuses sur un dégrilleur manuel (entrefer = 4 cm),
 - les flottants, par une cloison siphonide (immersion = 30 cm) placée au droit de l'arrivée des eaux résiduaires. De plus en plus de prescripteurs prévoient d'installer ces dégraisseurs statiques en amont du 1^{er} bassin dans une cuve spécifique pour faciliter l'extraction des graisses.
- Chaque bassin doit pouvoir être by-passé (nécessité du curage). Chaque bassin sera également équipé d'une canalisation de trop-plein.
- Les liaisons entre les bassins seront constituées de :
 - conduites en « T renversé » à 45° pour les prises amont,
 - avec un déversement aval dénoyé (chute d'eau d'environ 30 cm).
- L'entrée et la sortie de la station devront être équipées de dispositifs adaptés aux mesures de débits : indispensables pour l'autosurveillance (calcul de rendements) et la réception de l'étanchéité.
- En sortie de toutes les installations, un canal débitmétrique, hydrauliquement indépendant du dernier bassin sera aménagé. La connaissance du débit d'entrée sera acquise :
 - par un deuxième canal débitmètre positionné en amont de la première lagune si le réseau est gravitaire,
 - par le recueil du temps de fonctionnement des pompes en cas de refoulement.
- La forme des bassins doit être régulière. Les formes anguleuses sont, en effet, le siège de dépôts importants et favorisent les zones mortes réduisant le volume actif. Une forme et une disposition de l'entrée et de la sortie des bassins judicieusement choisies permettent de lutter contre les cheminements d'eau préférentiels et les courts-circuits. Un soin particulier doit être accordé à la conception de la première lagune ; une forme ramassée (ratio longueur / largeur ≤ 3) est nécessaire pour ne pas favoriser une surcharge en tête et donc une croissance bactérienne aux dépens de celle des algues.
- Les arrivées en zones étroites ou en angle sont à proscrire.

- Les derniers bassins doivent être orientés dans le sens du vent afin que les lentilles d'eau se regroupent naturellement dans une zone localisée facilitant l'extraction. Une fosse à lentille spécifique peut être prévue dans le prolongement de cette zone.
- Les études du sol sont souvent négligées avant la réalisation de la lagune et devraient constituer un préalable au choix du terrain. Ces études devraient comprendre :
 - un sondage au tractopelle sur l'emprise du projet avec inspection visuelle de la nature du sol et de la proximité éventuelle de la nappe,
 - des mesures de perméabilité du sol en place,
 - des essais Proctor si un compactage du sol est prescrit,
 - lors du compactage, une teneur en eau proche de l'optimum Proctor normal doit être respectée.
- L'étanchéité des bassins de lagunage est un paramètre essentiel pour le bon fonctionnement des lagunes. Une mauvaise étanchéité risque d'entraîner une pollution de la nappe phréatique par percolation des eaux usées. De plus, les bassins peuvent ne pas se remplir correctement, ce qui empêche le fonctionnement hydraulique normal des lagunes. Pour obtenir un fonctionnement correct de l'ouvrage, il convient de s'assurer que les débits des apports (eaux usées + pluviométrie) sont supérieurs à ceux des pertes (infiltration + évaporation) ou au moins égaux en période la plus défavorable (la plus sèche et/ou la plus chaude). Ces considérations amènent à fixer une perméabilité maximale d'un fond de bassin de 10^{-8} m/s. Si les terrains ont une perméabilité supérieure à cette valeur, il faudra prévoir, dès la conception, des travaux d'étanchéification (du fond et éventuellement des digues) pour ramener la perméabilité à la valeur acceptable mentionnée précédemment. Les méthodes possibles sont :
 - le compactage dans les conditions de réalisation définies par les mesures de laboratoire complémentaires (solution la plus économique quand le sol en place le permet),
 - le traitement des sols (on utilise souvent des argiles rapportées voire la bentonite),
 - la pose d'une géomembrane. Son emploi augmente le coût de façon importante.
- La pose des géomembranes doit être particulièrement soignée :
 - nappes de géomembranes soudées,
 - sol expurgé des pierres pouvant la poinçonner et/ou pose d'un géotextile de protection,
 - drainage des gaz,
 - ancrage dans la digue de la géomembrane.
- La mise en service doit se faire préférentiellement après un remplissage à l'eau claire sur un temps restreint afin :
 - de favoriser une prolifération algale progressive,
 - de ne pas perturber l'étanchéité (sol en place) par des pousses de végétaux.

- *Dispositions concernant l'entretien*

Les opérations d'entretien sont le plus souvent peu contraignantes, mais nécessitent le passage du préposé une fois par semaine (vérification des niveaux de plans d'eau, aspect général de l'eau, des berges, ...).

Pour les digues et berges enherbées, le faucardage s'impose et réclame du matériel approprié. Les berges empierrées minimisent les contraintes de faucardage, renforcent la protection des digues et limitent la prolifération de moustiques ou des rongeurs dans les régions à risque (l'investissement est bien sûr plus élevé).

- Cône de sédimentation primaire :

En présence d'un cône d'accumulation de dépôts (zone amont de la première lagune), la fréquence de curage de cette zone sera annuelle. La nature de ces dépôts autorise l'épandage agricole.

Une surprofondeur d'une hauteur maximale de 1 m, positionnée au droit du débouché de la canalisation d'amenée des eaux dans ce bassin permettra de localiser le cône de sédimentation et d'en faciliter le soutirage à l'aide d'une tonne à lisier.

Le curage complet d'un (ou des) bassin(s) reste l'opération la plus contraignante (**photo 24**), elle n'intervient généralement qu'après plusieurs années de fonctionnement (10 ans), pour des conditions d'alimentation normales. Il est souhaitable de procéder en deux temps : évacuation partielle de l'eau, puis reprise des boues par pompage.

Le curage à sec n'est envisageable que dans les cas où la circulation des engins ne risque pas d'endommager la couche d'étanchéité. Il convient alors d'aménager une rampe d'accès.

- Proscrire les arbres à feuilles caduques à proximité des bassins.

- Prévenir l'arrivée des rongeurs à la conception :

- . clôture systématique à mailles fines et légèrement enterrée,
- . large zone dépourvue de végétation au pourtour des bassins,
- . enrochement éventuel,
- . échelle à rongeur si étanchéification avec des géomembranes.

- Prévenir les problèmes d'odeurs à la conception :

- . effluents non septiques et non concentrés,
- . charge réelle mesurée sur le bassin de tête inférieure à 65 kg DBO₅/ha/j,
- . surface du 1^{er} bassin égal à 60 % de l'ensemble,
- . 200 m des habitations si possible,
- . ne pas construire en aval de réseau strictement séparatif sans eaux parasites.



Photo 24 : Vidange complète de la lagune avant curage

☞ Variantes (cf. cahier FNDAE n°22)

- Lagunage aéré.
- Lagunage à macrophytes.
- Infiltration – percolation ou filtre planté de roseaux en aval de lagunes.

Fiche 10

LES LITS BACTÉRIENS

Les procédés à cultures fixées sur supports grossiers sont intéressants pour les petites collectivités car ils offrent des contraintes d'exploitation limitées et de faibles coûts énergétiques. Seront abordés dans ce document les lits bactériens et les biodisques (fiche 11).

☞ Traitement primaire

Les cultures fixées sur supports grossiers nécessitent un traitement primaire en tête ne générant pas d'effluents septiques à traiter. Généralement, en tête des lits bactériens seront prévus des décanteurs-digesteurs (**figure 11**).

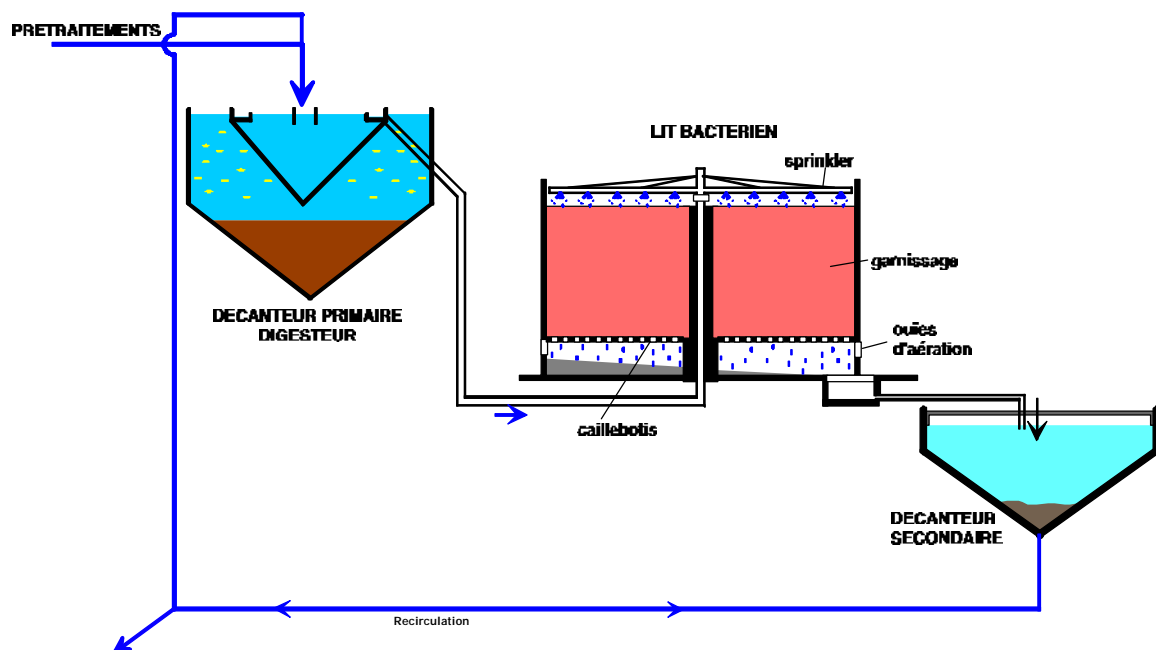


Figure 11 : Schéma de principe d'une filière type par lit bactérien

Le décanteur-digesteur assure :

- le dépôt des particules en suspension contenues dans les eaux usées préalablement prétraitées par simple séparation gravitaire,
- la digestion anaérobie de la fraction organique de ces dépôts progressivement accumulée.

▪ *Dimensionnement (Cahier FNDAE n°22)*

	Décanteur cylindrique	Décanteur rectangulaire
Volume utile (I/EH)	20 (déc.) + 120 (dig.)	20 (déc.) + 120 (dig.)
Volume total (I/EH)	225	180
Volume mort (I/EH)	85	40

Vitesse ascensionnelle en décantation $\approx 1,1 \text{ m/h} < 1,5 \text{ m/h}$

Temps de séjour $\geq 1^{\text{h}}00$

▪ *Performances*

Pourcentage d'élimination des MES = 50 % - de la DBO₅ = 30 %

▪ *Points à surveiller*

- Nette séparation physique (parois) entre la partie décantation et la digestion anaérobie. La pente de ces parois doit être d'au moins 50°. Bien souvent, dans les décanteurs-digesteurs à forme horizontale, cette séparation n'est pas optimale. Ces ouvrages sont davantage équivalents à ce titre à des fosses septiques.
- Système fonctionnel d'écumage manuel et d'extraction des flottants. Ces flottants peuvent être stockés provisoirement dans des toiles de jute pour égouttage.
- En cas de démarrage en sous-charge (moins de 50 %) sur une période prolongée (plusieurs années), afin de limiter les problèmes d'odeurs et de septicité, il peut être souhaitable d'installer deux décanteurs-digesteurs en parallèle et de ne mettre en service qu'un seul ouvrage durant la période de sous charge.
- Les décanteurs-digesteurs, même couverts, ne doivent pas être fermés avec des plaques bétons d'un poids excessif.
- Les matériaux utilisés doivent résister à la corrosion générée par la septicité : bétons adaptés, aluminium, Inox, matériaux composites. L'acier galvanisé est à proscrire.
- Des raccords fixes disposés à l'extérieur du décanteur-digesteur sont souhaitables pour faciliter l'extraction des boues.
- L'accessibilité à l'ouvrage pour le curage des boues est à vérifier.
- Les points de passage entre les compartiments de décantation et de digestion doivent être limités pour éviter la remontée des boues de la partie anaérobie vers la partie décantation.
- La fixation des cloisons internes de l'ouvrage sera réalisée en matériau inox de qualité résistant à la corrosion.
- Le digesteur est à équiper d'un dispositif de reprise des boues en fond de trémie.
- Pour repérer le niveau maximum de boue dans les digesteurs hors sol, il est souhaitable d'installer un piquage muni d'un robinet vanne accessible.

☞ Principe du traitement par lit bactérien

Ce procédé consiste à alimenter en eau usée préalablement décantée, un ouvrage contenant une masse de matériaux servant de support aux micro-organismes épurateurs qui y forment un film biologique, tout en maintenant, dans la plupart des cas, une aération naturelle.

La masse du lit bactérien se compose soit : de pouzzolane (roche volcanique) ou de matériaux plastiques. Les eaux usées sont distribuées sur le matériau filtrant et s'écoulent au travers du lit sous l'effet de la pesanteur (**photo 25**).

A la base du lit bactérien, les eaux sont collectées puis évacuées vers le décanteur secondaire. Le fond de l'ouvrage est construit de telle sorte que soit assurée l'entrée d'air (oxygène) dans la masse du lit.



Photo 25 : Lit bactérien avec garnissage traditionnel

- *Performances*

Les lits bactériens permettent d'assurer le niveau D2 ou le niveau D4 de la circulaire du 17 Février 1997.

- *Dimensionnement*

Les objectifs épuratoires d'élimination du carbone pourront être atteints dans la mesure du respect des paramètres de dimensionnement suivants :

Objectifs	Garnissage	Charge organique maximum (kgDBO₅/m³/j)	Hauteur minimum (m)	Charge hydraulique instantanée minimum (m/h)	Taux de recyclage minimum en période de pleine charge	Vitesse ascensionnelle maximum clarificateur (m/h)
D2 [DBO ₅] ≤ 35 mg/l	traditionnel	0,7	2,5	1,0	2	1,2
	plastique	0,7	4	2,2	2	1,2
D4 [DBO ₅] ≤ 25 mg/l	traditionnel	0,4	2,5	0,7	2,5	1,0
	plastique	0,4	5	1,8	2,5	1,0

Si les exigences du milieu imposent une nitrification partielle ou totale de l'effluent, elle peut être couplée avec l'élimination du carbone.

▪ *Dispositions constructives*

- La taille des garnissages rustiques (pouzzolane, ...) doit se situer entre 40 et 80 mm. La hauteur de garnissage ne doit pas être inférieure à 2,50 m. La pouzzolane doit être non friable. La mise en œuvre sera non brutale. La quantité de fines particules (abrasion) et de pouzzolane inférieure à 40 mm (colmatage) sera particulièrement surveillée.
- La hauteur de matériau plastique ne doit pas être inférieure à 4,00 m. En cas d'emploi de matériaux plastiques, le décanteur-digesteur peut être remplacé par un tamis de maille inférieure à 3 mm.
- La station sera alimentée préférentiellement par pompage, voire par bâchées. La hauteur d'eau dans la cheminée du sprinkler sera de 50 à 80 cm.
- L'axe central de rotation sera robuste
- L'usinage des orifices du sprinkler sera fait avant la pose.
- L'intervalle entre les orifices (au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre) sera croissant.
- Les embouts des bras seront démontables pour le curage du sprinkler.
- La vitesse de rotation sera de 3 à 6 tours/minute (**photo 26**).



Photo 26 : Alimentation du lit bactérien (garnissage plastique)

- Des plaques de diffusion, au droit des orifices de distribution, permettront une meilleure diffusion de l'eau à traiter et un ralentissement de la vitesse du sprinkler (meilleure érosion).
- Le sprinkler devra résister à la corrosion. L'acier galvanisé est à proscrire.
- Pour faciliter l'aération naturelle du lit, la surface cumulée des ouvertures de la ventilation basse sera d'au moins 5 % (**photo 27**).
- Les ouvertures de ventilation pourront être équipées de grilles pour prévenir la présence de rongeurs.



Photo 27 : Ouies d'aération du lit bactérien

- L'espace libre entre le plancher et le fond du lit bactérien sera d'au moins 15 cm.
- Le fond du lit bactérien sera pentu (> 10 %) pour éviter la stagnation des eaux.
- La proximité immédiate d'arbres à feuilles caduques sera à éviter. Sinon, des filets de protection pourront être installés.
- Une voie d'accès sera prévue afin de pouvoir éventuellement évacuer les matériaux en cas de colmatage.
- Le sommet du lit bactérien sera accessible par un escalier et non pas une échelle (entretien du sprinkler et de la surface du lit).
- Différents modes de recyclage peuvent être proposés :
 - recyclage d'eau clarifiée directement dans le pot du sprinkler,
 - recyclage depuis le fond du clarificateur (eau + boues secondaires) à l'amont du décanteur-digesteur (cas le plus fréquent pour les petites collectivités),
 - uniquement pour les matériaux plastiques : recyclage du mélange eau + boues issu du lit bactérien, vers le pot du sprinkler (sans décantation préalable).

Pour chacun des cas, les dimensionnements du décanteur primaire, du lit bactérien et du clarificateur seront adaptés spécifiquement aux débits transitant sur chacun des ouvrages.
- Le fonctionnement de la recirculation pourra être asservi au fonctionnement des pompes de relèvement avec un fonctionnement inversé : démarrage de la recirculation lors de l'arrêt du pompage en entrée.
- La hauteur cylindrique du décanteur secondaire sera d'au moins 2,00 – 2,50 m (si clarificateur raclé).
- Certaines variantes sont proposées de plus en plus sur le marché français (cf. cahier FNDAE n°22) :
 - adjonction d'un petit bassin de contact à l'aval immédiat du lit bactérien,
 - systèmes à cultures fixées sur supports fins à l'aval de la filière lit bactérien,
 - lit bactérien préfabriqué monobloc.
- Dans un prolongement du bras du sprinkler, une fenêtre sera découpée dans la cuve du lit bactérien pour pouvoir passer un hérisson de plusieurs mètres de longueur.
- Pour visualiser la rotation du sprinkler, sans systématiquement monter au sommet du lit bactérien, il est recommandé de placer un petit fanion (en bout de bras par exemple) qui avertira l'exploitant d'un arrêt de la rotation.
- La conception du lit ne doit pas permettre que les eaux percolées s'échappent partiellement par les ouies d'aération.

Fiche 11

LES DISQUES BIOLOGIQUES

Ces procédés fréquemment utilisés à l'étranger (Suisse, Etats-Unis, ...) ont donné dans ces pays de bons résultats. Par contre, ils ont été délaissés en France compte tenu de problèmes mécaniques et de sous-dimensionnement.

Actuellement, la fiabilité mécanique des disques biologiques s'est largement accrue en France et les règles de conception et d'entretien sont de mieux en mieux respectées.

☞ Principe

Ce procédé consiste à alimenter en eau usée, préalablement décantée voire tamisée, une cuve contenant des disques en rotation sur un axe horizontal.

Ces disques sont les supports d'un développement de microorganismes épurateurs (biofilm). Le mélange d'eau traitée et de biofilm décroché est dirigé ensuite vers un clarificateur pour la séparation des phases (**figure 12**).

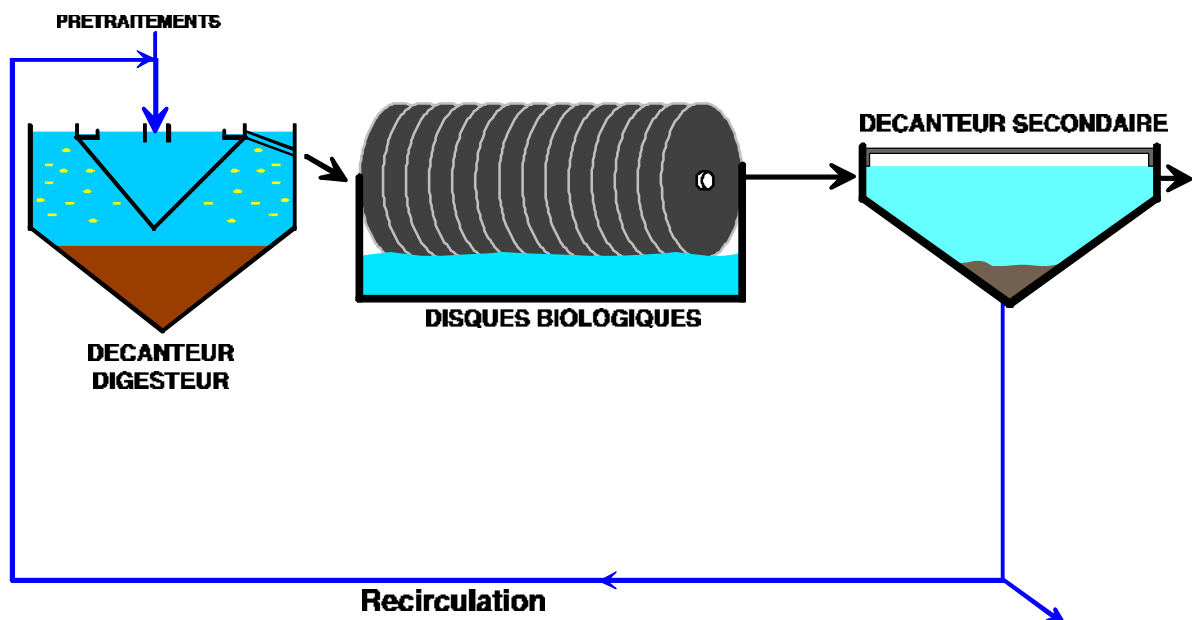


Figure 12 : Schéma de principe d'une filière type de disques biologiques

- *Dimensionnement (cf. cahier FNDAE n°22)*

	A.T.V.	CEMAGREF
Elimination de la matière organique	Pour 2 unités en série : 8 g DBO ₅ /m ² /j Pour 4 unités en série : 10 g DBO ₅ /m ² /j	Pour pollution < 120 kg DBO ₅ /j (DBO ₅ ≤ 35 mg/l) 9 g DBO ₅ /m ² /j Pour pollution > 120 kg DBO ₅ /j (DBO ₅ ≤ 25 mg/l) 7 g DBO ₅ /m ² /j
Elimination de l'azote par nitrification	Pour 3 unités en série : 4 g DBO ₅ /m ² /j Pour 4 unités en série : 5 g DBO ₅ /m ² /j	4 g DBO ₅ /m ² /j

- *Dispositions constructives*

- Veiller à ce que les locaux soient construits en matériaux résistant à la corrosion et aux ultraviolets du soleil.
- Vérifier la fiabilité mécanique des systèmes d'entraînement.
- L'armoire électrique doit être dans une pièce séparée de celle des disques biologiques.
- La circulation hydraulique dans la cuve des disques sera soignée.
- Les facilités de montage et de démontage des systèmes d'entraînement, des axes et des disques seront particulièrement surveillées.
- Un système d'entraînement de rechange sera prévu au marché.
- La lubrification des éléments mécaniques sera effectuée grâce un système mécanique.
- La circulation autour des cuves sera aisée. La voie d'accès et le toit du local permettront le changement de modules.

- Les disques seront bien alignés au montage (**photo 28**).
- Le local devra être bien aéré et pourra être isolé du froid en cas de risque de gel.
- L'espace entre le fond de la cuve et le bas du support devra être compris entre 10 et 25 cm pour limiter les dépôts.
- Le fond de la cuve doit être en pente vers une purge en point bas.
- Les mises en service en plein hiver sont à éviter.
- Plusieurs étages en série seront prévus (au moins 2 en fonction des objectifs de traitement).
- L'alimentation des cuves sera faite perpendiculairement à l'axe de rotation.



Photo 28 : Disques biologiques

Fiche 12

LOCAL D'EXPLOITATION

Dans cette fiche, nous aborderons le local type tel qu'il est souhaitable de la concevoir sur une installation à boues activées de capacité comprise entre 1 000 hab. et 5 000 hab.

☞ Configuration du local type

Le bâtiment construit en dur, protégé contre le vandalisme, abritera un local qui, avant tout, doit être attrayant et agréable. Cela signifie un local clair (fenêtres avec briques en verre), aéré, chauffé, isolé thermiquement et spacieux (10 m² minimum).

Il comprend deux compartiments auxquels on accède par des portes séparées munies d'arrêts butoirs pour éviter une détérioration rapide des huisseries :

- Le premier compartiment d'une surface minimale de 4 m² peut être utilisé comme atelier et permet le stockage des pièces de rechange (pompes en secours, ...), du matériel d'entretien (tuyau souple sur enrouleur, pistolet à eau muni d'arrêt automatique, brouette, palan, ...). Il est équipé d'un point lumineux et de deux prises électriques (220/380 V). Pour faciliter certaines interventions sur la station, une échelle, une baladeuse, une torche électrique, sont des matériels de base indispensables à entreposer dans le compartiment matériel ;
- Le second compartiment constitue le local d'exploitation proprement dit et représente une surface utile de 6 m² minimum.

Les équipements sanitaires à prévoir sont les suivants : un W.C., une douche alimentée en eau chaude par un cumulus de 100 l, un grand bac constituant l'évier doté d'un robinet mélangeur placé à 50 cm du fond du bac ;

Une paillasse sera attenante à l'évier (utile pour la réalisation des tests de décantation en éprouvette d'un litre).

Pour satisfaire aux règles élémentaires d'hygiène, un distributeur de savon liquide sera placé sur la paillasse ainsi qu'un essuie-mains. Les produits d'entretien courant peuvent être rangés sous la paillasse (javel, ...). La trousse à pharmacie de première urgence sera facilement accessible.

Une chaise, un bureau, une armoire pour entreposer les vêtements de travail et des étagères de rangement constituent le mobilier souhaitable.

L'équipement électrique comprend un point lumineux et deux prises 220 volts.

▪ *Armoire électrique*

Le local abritera l'armoire électrique avec les dispositifs de commande des divers organes assurant le traitement. Le montage de cette armoire murale sera bien entendu conforme à la législation en vigueur (protections électriques, ...). De plus, on placera sur la façade de l'armoire :

- les boutons de commande des différents équipements (facilement identifiables) ;
- des voyants de mise en défaut avec rappel à l'extérieur du local pour les postes principaux (en particulier sur les petites stations). La vérification du bon état de ces voyants pourra être réalisée à tout moment à l'aide d'un bouton test-lampe ;
- un compteur horaire par dispositif ;
- un ampèremètre général ainsi qu'un ampèremètre par aérateur et sur les pompes. Il sera mis à la disposition de l'exploitant un testeur de fusible ;
- les dispositifs de programmation.

▪ *Téléalarme - Télésurveillance*

L'installation d'un circuit de télésurveillance est recommandée. Ces systèmes se développent sur les stations d'épuration, leur coût diminue et les équipements se standardisent.

L'intérêt majeur réside dans la possibilité d'intervenir rapidement sur la station en cas d'incident (défaillance d'un organe essentiel : poste relèvement, ...) . La mise en œuvre d'un circuit de téléalarme implique l'installation d'une liaison téléphonique.

En aucun cas, la téléalarme ne peut remplacer les tâches habituelles et indispensables, remplies par l'exploitant : entretien, surveillance, ...

A titre d'exemple, pour une station à boues activées, les équipements suivants seront placés sur téléalarme : relèvement, aérateurs, recirculation, pont racleur du décanteur secondaire, disjoncteur général.

Remarque :

Local pour la déshydratation (hors gel).

Il s'impose dans le cas où une déshydratation mécanique est utilisée pour le traitement des boues. Il est impérativement équipé d'un point d'eau sous pression et d'un point lumineux. Le stockage et la préparation des réactifs nécessaires pour le conditionnement des boues ont leur emplacement dans ce local, à proximité de la machine à déshydrater. Lorsque ce local existe, la présence du local matériel décrit précédemment n'est pas justifiée.

L'armoire électrique propre à la déshydratation doit être installée dans le local attenant, elle sera munie d'un bouton d'arrêt d'urgence.

Fiche 13

MAINTENANCE PRÉVENTIVE

Sans entrer dans les détails spécifiques à chaque station d'épuration, il est utile de rappeler que la maintenance préventive demeure un point clé du bon fonctionnement des installations et qu'elle va de pair avec une diminution du coût d'exploitation. **Bien conduite, la maintenance préventive assure une plus grande longévité des matériels en place et permet une gestion rationnelle du travail de l'exploitant.**

A cet effet, l'exploitant doit avoir à sa disposition les éléments suivants :

- Un calendrier indiquant les dates et la fréquence des opérations à réaliser sur les principales pièces électromécaniques (moteurs, ...) ;
- Une fiche technique par équipement, faisant apparaître ses caractéristiques, mais aussi les coordonnées du fabricant et des fournisseurs ;
- Les organes de rechange pour les parties soumises à renouvellement fréquent ;
- Les outils de base, les pièces et produits consommables indispensables (joints, ampoules, courroies, ...).
- Dans le cadre du marché, il serait opportun de prévoir la fourniture d'un ensemble de pièces de rechange indispensables (roue du pont racleur, horloge, doseur, jeu de contacteur de niveau, compteur horaire, ...).

Références bibliographiques

- ↳ **ABWASSERTECHNISCHE VEREINIGUNG E.V. (1989)**, Principles for dimensioning of biological filters and biological contactors with connection values over 500 population equivalents, ATV-A 135, mars 1989
- ↳ **ABWASSERTECHNISCHE VEREINIGUNG E.V. (1991)**, Principles for dimensioning, construction, and operation of small sewage treatment plants with aerobic biological purification stage for connection values between 50 and 500 total number of inhabitants and population equivalents. ATV-A 122, juin 1991, 15 p.
- ↳ **BARDEAU L., LIENARD A. (1993)**, Epuration des eaux usées par disques biologiques. Etude bibliographique, L. 157, Cemagref, Lyon (France) 52 p. + annexes
- ↳ **BOUTIN C., LIENARD A., LAGRANGE C., ALEXANDRE O. (1997)**, Eléments de comparaison techniques et financiers des filières d'épuration adaptées aux petites collectivités. Huitièmes rencontres de l'ARPE : « Quelle station d'épuration choisir en 2005 ? 9 octobre 1996, 30 p.
- ↳ **BOUTIN C., RACAULT Y. (1996)**, Le lagunage naturel en France. Bilan de 15 ans de pratique et perspectives. Séminaire « Lagunage naturel et lagunage aéré », 23-24 mai 1996. Ondation universitaire luxembourgeoise, Arlon, (Belgique). 14 p.
- ↳ **CAHIER TECHNIQUE DE L'EPURATION N° 14 (1988)**, Qualité des boues activées et dimensionnement des décanteurs secondaires. CEMAGREF QEPP Paris - Lyon, 12 p.
- ↳ **CEMAGREF – SATESE, ENSP, Agences de l'Eau (1997)**, Le lagunage naturel. Les leçons tirées de 15 ans de pratique en France. Coédition : Cemagref Editions, Agence de l'Eau Loire Bretagne, 46 p. + annexes.
- ↳ **CTGREF (1979)**, Etude expérimentale des décanteurs secondaires (disponible au CEMAGREF) – Etude n°45, 80 p
- ↳ **DOCUMENT SATESE/CEMAGREF (1991)**, Gestion des flux de boues dans les stations d'épuration DEMAGREF-DICOVA – 35 p.
- ↳ **DOCUMENT TECHNIQUE FNDAE n° 10 (1990)**, Elimination de l'azote dans les stations d'épuration biologiques des petites collectivités. Optimisation de la conception et du dimensionnement – Ministère de l'Agriculture, CEMAGREF QEPP Paris, décembre 1990, 60 p.
- ↳ **DOCUMENT TECHNIQUE FNDAE n° 22**, Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités, CEMAGREF QEPP – Lyon, 1998

- ↳ **DOCUMENT TECHNIQUE FNDAE n° 7 (1990)**, Le génie civil des bassins de lagunage naturel. Ministère de l'Agriculture, Cemagref, novembre 1990, 50 p.
- ↳ **DOCUMENT TECHNIQUE FNDAE n°1 (1985)**, L'exploitation des lagunages naturels : guide technique à l'usage des petites collectivités. Ministère de l'Agriculture et de la Forêt, Cemagref QEPP LYON – décembre 1985, 68 p.
- ↳ **DOCUMENT TECHNIQUE FNDAE n°5 (1986)**, Les stations d'épuration adaptées aux petites collectivités. Ministère de l'Agriculture et de la Forêt – 60 p.
- ↳ **DOCUMENT TECHNIQUE FNDAE n°6 (1988)**, Les bassins d'orage sur les réseaux d'assainissement. Ministère de l'Agriculture et de la Forêt – 61 p.
- ↳ **DOCUMENTS DE COURS OFFICE INTERNATIONAL DE L'EAU**
Documents stage F015
Documents stage F007
Documents stage F025
- ↳ **DUCHENE (1989)**, Amélioration du traitement de l'azote des effluents : synthèse des mesures d'efficacité des matériels d'aération et de brassage – CEMAGREF – 27 p.
- ↳ **DUCHENE Ph. (1995)**, Prévention des dysfonctionnements biologiques en boues activées. Cahier technique de l'épuration n° 20, 11 p.
- ↳ **DUCHENE Ph., LESAVRE J., FAYOUX Ch., LORRE E. (1997)** , Assainissement des collectivités rurales : contraintes techniques et économiques particulières et perspectives. Congrès AGHTM, la Rochelle, 12-16 mai 1997, 25 p.
- ↳ **Fascicules de IATILH** (industrie des liants hydrauliques)
- ↳ **Fascicules du CCTG** en particulier le 74
- ↳ **INRS (1997)** , Conception des lieux de travail – Démarches, méthodes et connaissances techniques.
- ↳ **INRS-CRAM (2001)** , Conception des usines d'épuration des aux résiduaires – Préconisations à l'intention des maîtres d'ouvrages en vue d'assurer la sécurité et la protection de la santé des personnels d'exploitation et de maintenance.
- ↳ **Normes européennes applicables** : NFEN 1508 (pour les réseaux d'eau potable), EN 206 pour les bétons.
- ↳ **Normes françaises NFP18011 et NFP18305** relatives aux choix des bétons en fonction de l'agressivité de l'environnement.

- ↳ **PUJOL ET CANLER J.P. (1990)**, La technique de la zone de contact – Informations techniques du CEMAGREF Mars 1990 n°77, note 6.

- ↳ **RACAULT Y. (1996)**, Bilan d'une étude de l'Union européenne sur les lits bactériens : critères de dimensionnement et conception pour répondre aux nouvelles normes de rejet, notamment sur l'azote. Séminaire « Procédés d'épuration par biomasse fixée » 31 mai 1996, Fondation universitaire luxembourgeoise, Arlon, (Belgique), 12p.

- ↳ **RACAULT Y., LIENARD A., SEGURET F., BOUTIN C. (1997)** , Systèmes de traitement des eaux usées par cultures fixées sur supports grossiers : lits bactériens conventionnels et préfabriqués monoblocs, disques biologiques. Huitièmes rencontres de l'ARPE – « Quelle station d'épuration choisir en 2005 ? 9 octobre 1996, 20 p.

- ↳ **RACAULT Y., SCHETRITE S. (1996)** , Influence de la saison sur l'abattement de l'azote en lagunage naturel, in « Traitement de l'azote, cas des eaux résiduaires urbaines et des lisiers », Pollutec Lyon 96, Ed. Cemagref, Antony, (France) pp. 53-61

- ↳ **RACAULT Y., SEGURET F. (1996)**, Eléments de dimensionnement pour la nitrification en lit bactérien in : « traitement de l'azote, cas des eaux résiduaires urbaines et les lisiers », Pollutec Lyon 96, Cemagref Editions, Antony, (France) pp. 21-37

- ↳ **Règles professionnelles de Mai 1990** « calcul, réalisation, étanchéité des réservoirs, cuves, bassins, châteaux d'eau »