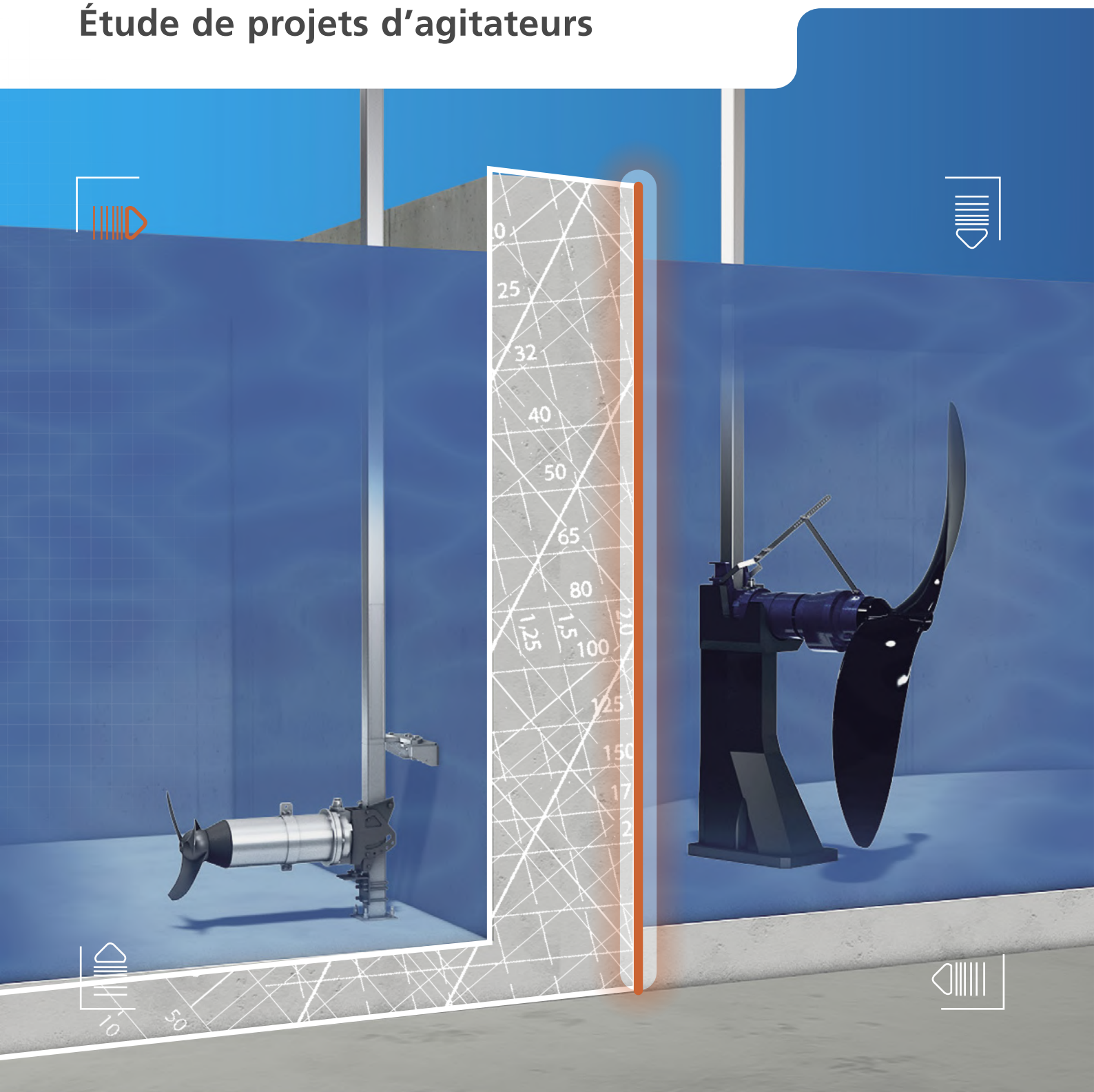
Notre technologie. Votre succès.
Pompes ▪ Robinetterie ▪ Service

Savoir-faire KSB :
Étude de projets d'agitateurs



Introduction

Ce document d'aide aux prescripteurs vise à décrire les applications intégrant des agitateurs submersibles dans les stations d'épuration communales.
Il est important de distinguer s'il s'agit seulement d'un bassin de stockage ou d'un bassin biologique dans la station d'épuration.

La gamme d'agitateurs de KSB inclut les agitateurs rapides sans réducteur et les agitateurs lents avec réducteur. Il s'agit dans les deux cas de groupes monoblocs compacts à moteur submersible refroidi par le fluide ambiant.

Équipés de grande pale, les propulseurs Amaprop permettent d'obtenir des débits importants ainsi qu'une vitesse de circulation efficace dans les bassins biologiques de la station d'épuration.

Les agitateurs rapides Amamix sont utilisés dans de nombreux domaines. Il existe un modèle standard en fonte grise et, pour des exigences particulières, une variante en acier inoxydable massif.

Les accessoires adaptés à l'installation sont disponibles pour tous les bassins.

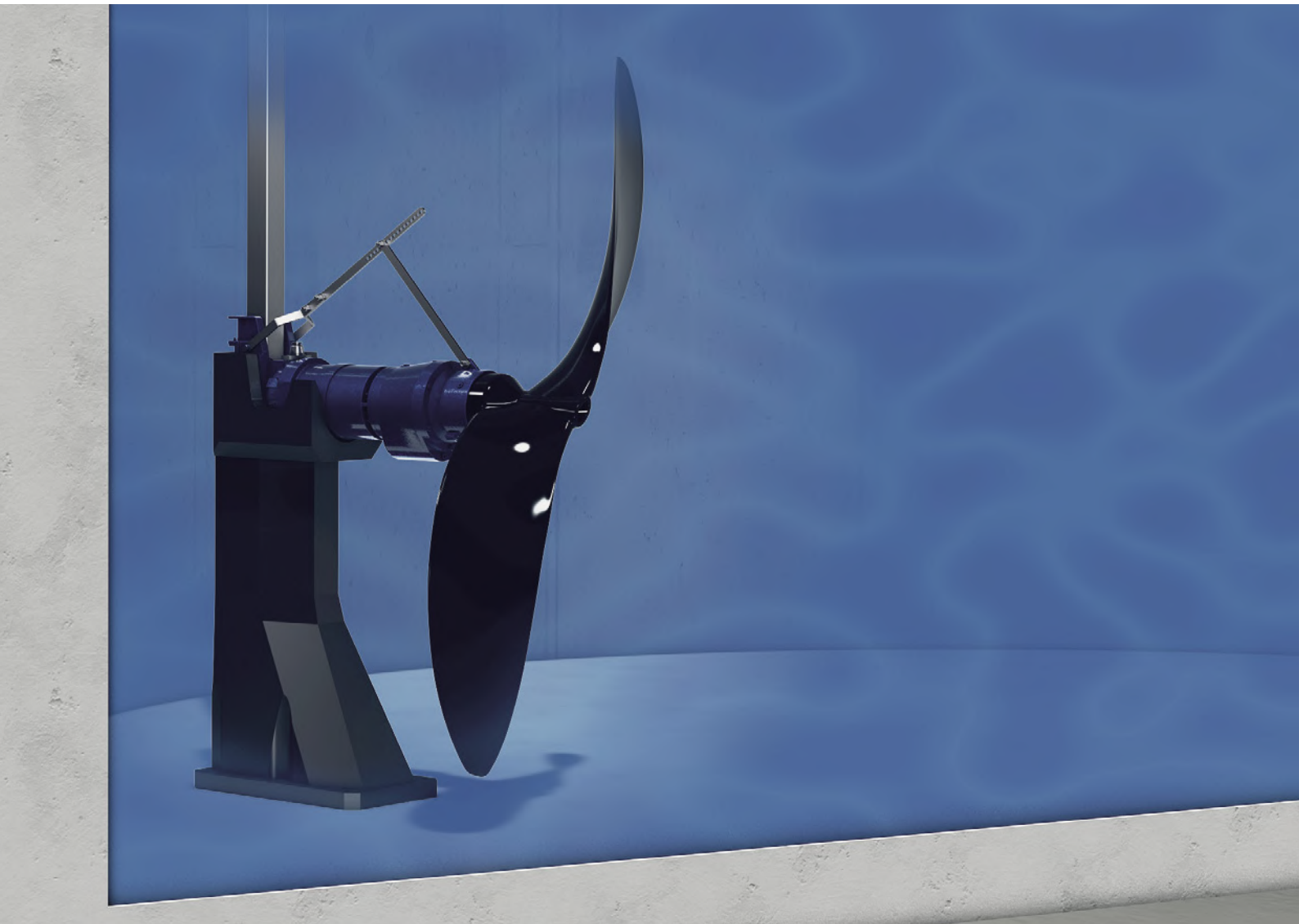
L'installation avec les barres de guidage facilite la maintenance en permettant le relevage et la remise en place du groupe aisément. Le concept de triple étanchéité, composé de deux garnitures mécaniques et d'un joint à lèvre, assure de longs intervalles entre les entretiens.

Cette brochure est conçue pour fournir une base pour les applications et le positionnement des agitateurs submersibles pour les projets de bassins.

Vous pouvez télécharger ou commander des volumes des brochures « Savoir-faire » en toute simplicité ici : www.ksb.de/know-how

Page	
02	**Avant-propos**
03	**Sommaire**
04	**1. Agitateur submersible Amamix**
05	Accessoires Amamix
06	**2. Amaprop – Tauchmotorrührwerk**
	Accessoires Amaroc
07	Montage de l'hélice
08	**3. Process et applications**
	Principes de base du brassage
09	Traitement des boues
13	Epuration biologique
17	Les bases physiques

Page	
22	Biogaz
26	Prévention de la formation de glace
	MBBR
	Nettoyage des bassins d'eaux pluviales
28	Utilisations des agitateurs dans les parcs de loisirs
	Brassage des postes de pompage
29	**4. Positionnement des agitateurs**
49	Portée
49	**5. Simulations numériques CFD**
52	Objectifs des simulations CFD
53	Crédits photos
	Auteurs



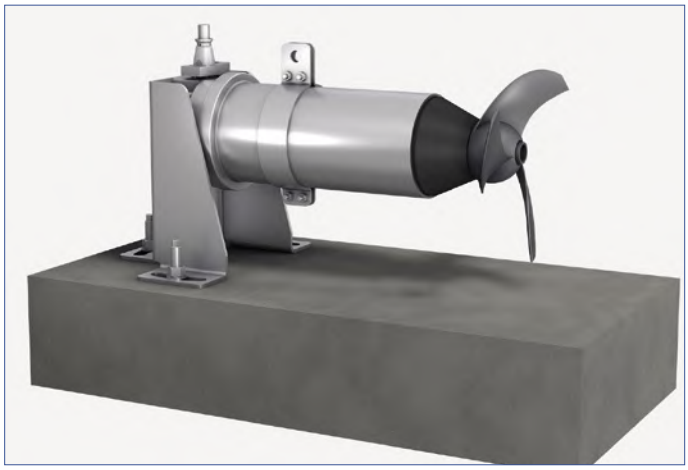


Fig. 1 : Kit d'accessoires 6

Fig. 2 : Kit d'accessoires 7

1. Agitateur submersible Amamix

L'Amamix est un agitateur submersible, horizontal, avec hélice ECB (Ever clean Blade), de construction monobloc, à entraînement direct. Il est également disponible en version protégée contre les explosions conformément à ATEX II 2G T4. Son moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit étanche et doté d'une entrée de câble moulée, étanche à l'eau et aux infiltrations assure une sécurité de fonctionnement élevée. Il est protégé contre la surchauffe par des sondes de température.
Deux garnitures mécaniques montées en tandem, indépendantes du sens de rotation, avec chambre à huile garantissent une sécurité supplémentaire. Pour contribuer à la protection de l'environnement, la chambre à huile est remplie d'huile blanche écologique. Les paliers sont de type roulements graissés à vie. Les vis en acier inoxydable assurent un démontage facile même après de longues années. Les corps sont disponibles en fonte grise et en acier inoxydable. Les hélices sont généralement fabriquées en acier inoxydable.

Caractéristiques techniques

Température du fluide	max. 40 °C (en option : 60 °C)
Vitesse de rotation	475 à 1 400 t/min
Puissance	1,25 à 10 kW
Diamètre nominal de l'hélice	225 à 630 mm
Profondeur d'installation	max. 30 m

Protection contre les explosions suivant ATEX
En option avec concentrateur de flux et variation de fréquence

Accessoires Amamix

Kit d'accessoires 6

- Fixation sur le fond du bassin
- Réglage horizontal
- Hauteur d'installation fixe

Prérequis : le lieu d'installation est accessible
(par exemple : bassins d'orage)

Kit d'accessoires 7

- Fixation sur un plan incliné et sur la paroi du bassin/de la cuve
- Profondeur d'installation réglable sur toute la hauteur et direction de flux réglable
- L'agitateur submersible peut être relevé du bassin ou de la cuve pour les travaux d'inspection et de maintenance

Kit d'accessoires 22

- Fixation sur le voile du bassin/de la cuve et sur le fond/fond incliné ou seulement sur le voile du bassin/de la cuve
- Profondeur d'installation réglable sur toute la hauteur et direction de flux réglable
- L'agitateur submersible peut être relevé du bassin ou de la cuve pour les travaux d'inspection et de maintenance

Kit d'accessoires 22 : adaptateur d'inclinaison

- Permet un réglage de 40° par pas de 10° vers le haut ou le bas (pour Amamix 600 G, inclinaison fixe à 15° ou 30° respectivement vers le haut ou vers le bas)

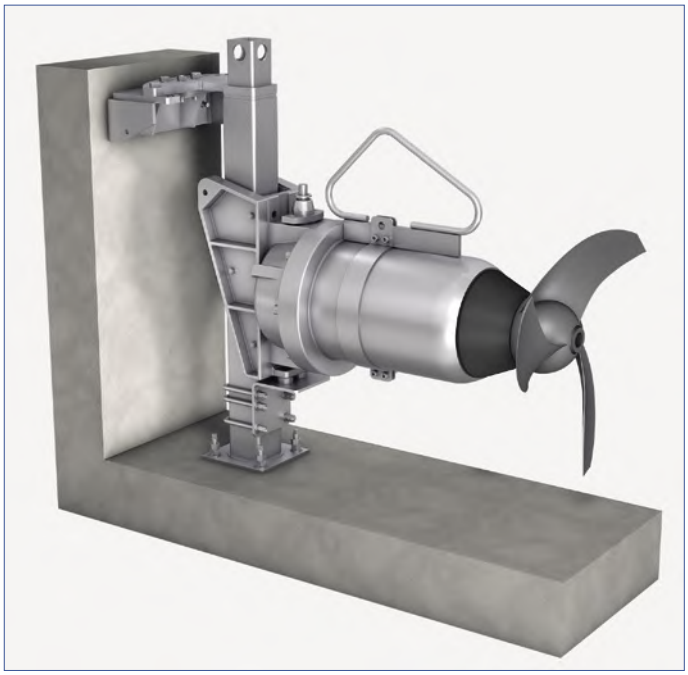


Fig. 3 : Kit d'accessoires 22

Fig. 4 : Adaptateur d'inclinaison

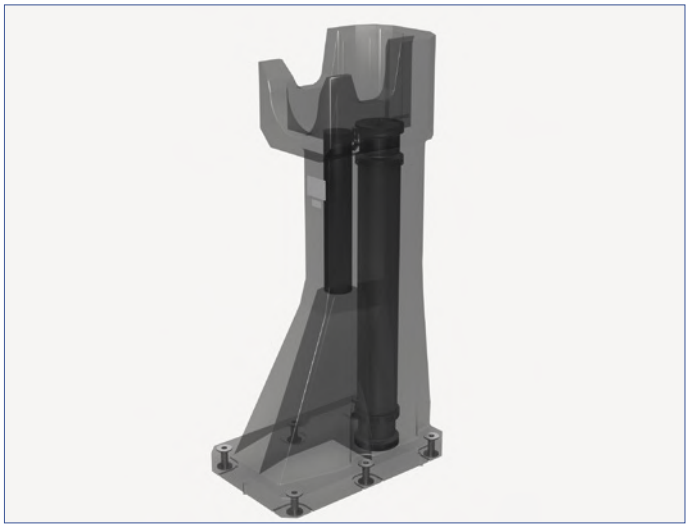


Fig. 5 : AmaRoc

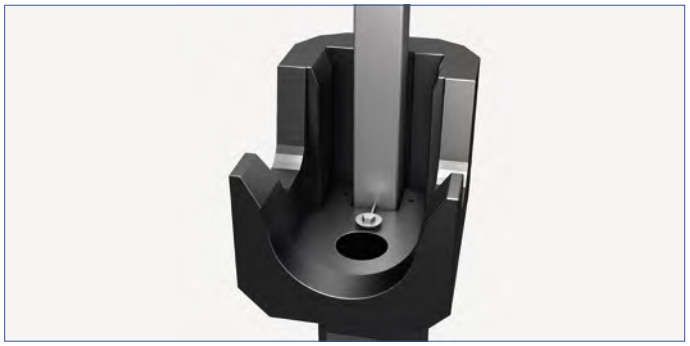


Fig. 6 : AmaRoc avec barre de guidage

Fig. 7 : Code QR vers l'animation « Conception AmaRoc »

2. Propulseur submersible Amaprop

Les pales d'hélice ECB auto nettoyantes de cet agitateur submersible sont fabriquées en résine époxy renforcée de fibres de verre avec un moyeu métallique et une couche protectrice gelcoat, les rendant à la fois légères et robustes. Deux garnitures mécaniques indépendantes du sens de rotation avec une chambre à huile écologique, une chambre de fuite entre le réducteur et la chambre à huile, un dispositif de surveillance thermique du moteur asynchrone triphasé ainsi qu'un passage de câble étanche à l'eau et aux infiltrations assurent une grande sécurité de fonctionnement. Le kit d'accessoires AmaRoc, en matériau innovant NoriRoc, assure un maintien sûr et une durée de vie extrêmement élevée.

Caractéristiques techniques

Vitesse de rotation	24 à 208 t/min
Puissance	1,25 à 20 kW
Diamètre d'hélice	1 000 à 2 500 mm

Protection contre les explosions suivant ATEX, variation de fréquence possible

Kit d'accessoires AmaRoc

L'AmaRoc est le support du propulseur, fixé sur un fond de bassin plan, avec ou sans fixation supérieure pour la barre de guidage.

Le support monolitique AmaRoc du propulseur est moulé en NoriRoc.
Il est doté de douilles métalliques intégrées pour le passage des fixations au fond du bassin et de douilles plastiques pour la barre de guidage

Fig. 8 : Hauteurs d'installation AmaRoc 1 450 mm, en option : 1 800 mm et 1 100 mm

La fixation du support du propulseur au fond du bassin s'effectue avec des chevilles chimiques.

L'AmaRoc est installé à la verticale, sans fixation supérieure (pour un tube de guidage carré < 7 m) ou avec fixation supérieure fixée au voile du bassin ou à la passerelle (toujours nécessaire pour un tube de guidage carré ≥ 7 m ; en option pour un tube de guidage carré < 7 m).

Trois hauteurs d'axe sont disponibles pour l'Amaprop :
Hauteur d'axe = 1 100 mm (uniquement Amaprop 1200 à 1801)
Hauteur d'axe = 1 450 mm
Hauteur d'axe = 1 800 mm

Montage/démontage de l'hélice

Pour transporter l'Amaprop, l'hélice doit être retirée de l'arbre.

Pour ce faire, le propulseur doit être dans une position facilement accessible, avec des appuis adéquats sous le réducteur et la fixation pour la barre de guidage.
Le cache de protection de l'arbre et de la garniture mécanique externe doit d'abord être déposé. Pour une extraction aisée de l'hélice, nettoyer le logement du moyeu sur l'arbre. L'écrou peut maintenant être enlevé de l'arbre et l'hélice peut être retirée. Pour faciliter le remontage ultérieur de l'hélice, la clavette de l'arbre doit être orientée vers le haut. Si le retrait est trop difficile, une vis d'extraction peut être utilisée.

Lors du montage de l'hélice, le logement du moyeu doit être propre. Une vis de montage peut aider à l'installation. Lorsque l'hélice a atteint la position finale, l'écrou peut être resserré sur l'arbre et le cache de protection peut être replacé.

Le faible poids de l'hélice permet le montage/démontage sans la vis de montage.

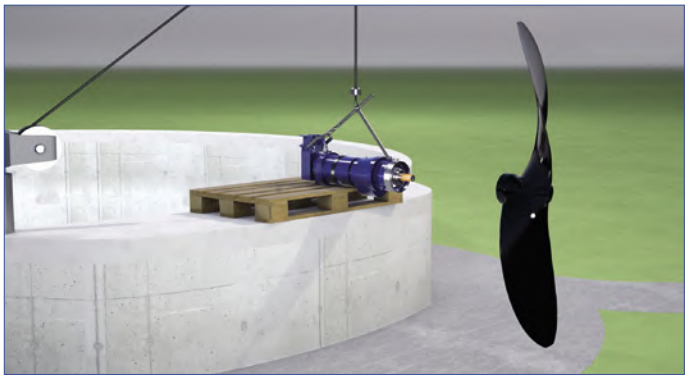


Fig. 9 : Montage Amaprop

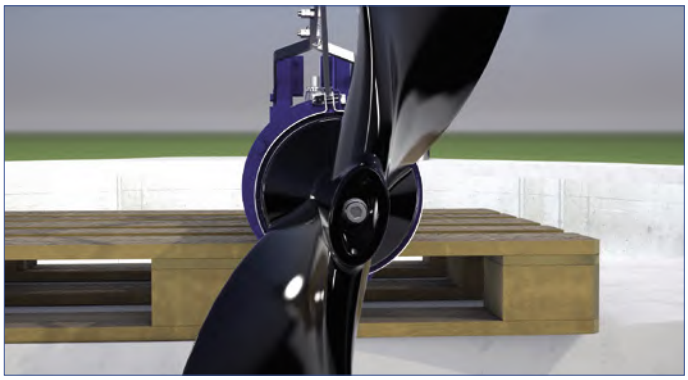


Fig. 10 : Amaprop

Fig. 11 : Code QR vers l'animation « Amaprop »

Fig. 12 : Bassin typique d'une installation de traitement des eaux usées (Henderson, NV)

Comptant parmi les principaux fabricants de mélangeurs submersibles, KSB propose des solutions complètes pour les applications de mélange.
En plus d'une évolution constante des mélangeurs submersibles, KSB peut fournir une expertise solide en matière d'applications et de systèmes, ainsi que dans la sélection d'installations de mélange.

Ce savoir-faire s'appuie sur une recherche approfondie, l'expérience de milliers d'installations réalisées, ainsi que sur les connaissances approfondies de la technologie du mélange moderne.

Principes de base du brassage

La mise en mouvement des liquides (ici défini comme « fluides ») est obtenue par une installation générant un écoulement.

Pour prendre conscience de l'importance du brassage, il faut d'abord se rappeler qu'il y a très peu de produits qui n'ont pas besoin d'être mélangés pendant la fabrication ou le raffinage ultérieur. La forme la plus simple du mélange peut être une opération toute aussi élémentaire que le mélange avec une tige ou une cuillère en bois, lors de la préparation d'un repas dans la cuisine. Pour certaines applications, cela correspondrait exactement à la technique à utiliser.

Toutefois, si le volume à mélanger est plus important, il convient d'utiliser un équipement approprié. Le choix est vaste, il peut s'agir d'un mixeur utilisé dans la fabrication d'un milk-shake ou de grands camions malaxeurs pour alimenter les chantiers de construction. Le présent document se focalise sur la technique des agitateurs submersibles et sur les applications appropriées.

Afin d'optimiser un process de mélange, tous les paramètres qui influent sur ce process doivent être connus. La figure 12 montre un bassin typique de boues activées en exploitation. Il n'est pas possible de savoir d'un simple regard sur la surface s'il s'agit d'un bassin d'anoxie, d'anaérobie ou même SBR. En outre, il pourrait y avoir des obstacles importants à l'écoulement directement sous la surface de l'eau.
Si l'on ne dispose donc que d'informations sur la surface, le succès d'un procédé n'est jamais assuré. En revanche, si l'on dispose d'une image complète, on peut obtenir des solutions économiquement avantageuses qui garantissent les bons résultats de process.

Fig. 13 : Rotifères 1

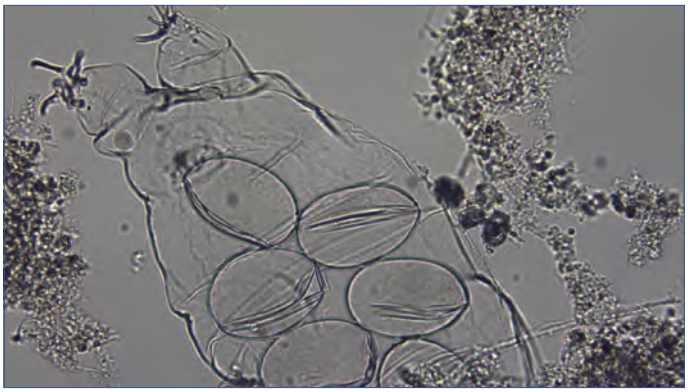


Fig. 14 : Rotifères 2

Traitement des boues

Le traitement des eaux usées entraîne la formation de boues primaires, de boues secondaires et de graisse dans une station d'épuration.

La plupart des boues primaires sont des matières fécales.

Par « boues secondaires » ou « excédentaires », on entend les micro-organismes excédentaires qui sont éliminés de l'eau clarifiée après la fin du processus d'épuration dans le bassin de décantation secondaire.

Les boues produites au cours du traitement biologique des eaux usées sont globalement appelées boues brutes. Ces boues peuvent être amenées au traitement des boues soit individuellement soit collectivement (boues mixtes).

Pendant le traitement des boues, les boues sont épaissies par élimination de l'eau. Au cours du processus d'épaississement, le volume de boues à traiter diminue, tandis que la teneur en matière sèche de la boue augmente.
L'épaississement des boues peut se faire essentiellement de deux façons : statique ou mécanique.

Dans le cas de la déshydratation statique, la boue brute est mise dans un silo. En raison de la gravité, les composants lourds se déposent au fond du bassin. L'eau claire à la surface est ensuite soustraite à l'aide d'un décanteur, permettant de conserver le volume de stockage.
La matière sèche maximale qui peut être obtenue dépend du temps de séjour de la boue dans le silo.

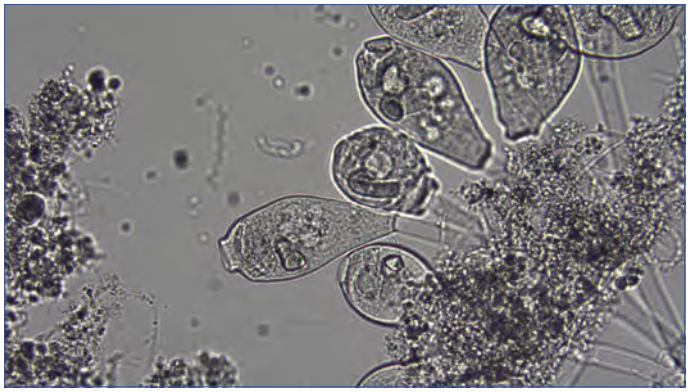


Fig. 15 : Vorticelles

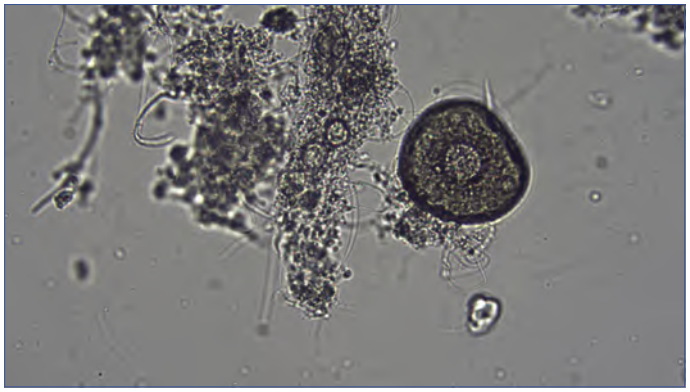


Fig. 16 : Thécamibiens

En fonction de la taille du bassin de stockage de boues par rapport à la taille de la station d'épuration, les teneurs en matière sèche peuvent atteindre 5 % ou plus.

Étant donné que de grandes stations d'épuration produisent en permanence de grandes quantités de boues, il faut bien noter que plus la station d'épuration est grande, plus le temps de séjour des boues dans le silo est court.

Les grandes stations d'épuration ont donc souvent recours à la déshydratation mécanique des boues. Dans ce cas, la boue recueillie est déshydratée au moyen d'un tambour épaississeur, d'une centrifugeuse ou d'un filtre presse à bandes. Pour optimiser le processus de déshydratation mécanique, on utilise généralement des agents de floculation polymères qui favorisent l'agrégation des boues et facilitent ainsi la déshydratation.

La déshydratation mécanique est généralement utilisée dans les grandes stations d'épuration. En raison des quantités de boues brutes produites, de très grands silos de stockage de boues seraient nécessaires pour obtenir des taux d'épaississement pertinents dans les grandes stations d'épuration sans déshydratation mécanique.

De plus, les stations d'épuration de grande taille disposent de silos de digestion. Dans le digesteur, la boue brute épaissie est chauffée à une température de 36 à 37 °C et constamment mise en circulation par des agitateurs ou des pompes spécifiques. La forme souvent choisie de l'œuf favorise la convection, facilitant ainsi la circulation. Dans le processus de digestion, une partie de la masse organique (environ 30 à 50 %) est décomposée et convertie en gaz (principalement méthane).

Ce gaz issu de la digestion des boues est converti en électricité et en chaleur dans des centrales de cogénération, ce qui participe au fonctionnement de l'installation.

Après le processus de digestion (durée de séjour dans les chambres de digestion : jusqu'à 20 jours), la boue digérée est prélevée du réservoir de stockage, épaissie à nouveau (déshydratation statique par sédimentation) et déshydratée mécaniquement (centrifugeuses, filtre-presse, filtre-presse à bande). Après cela, elle est habituellement brûlée.

La boue brute provenant d'installations sans digesteur est soit directement déshydratée et éliminée, soit amenée aux digesteurs d'une autre station d'épuration.

Les mélangeurs sont situés dans tous les réservoirs utilisés pour le stockage ou l'épaississement. Le rôle des mélangeurs consiste à homogénéiser le contenu du bassin afin de fournir aux installations en aval une teneur en matière sèche aussi constante que possible. Dans le même temps, les dépôts doivent être évités dans les bassins.

Pour assurer leur mission de brassage, les agitateurs de ces réservoirs sont généralement utilisés uniquement pendant le processus de vidange. Le dimensionnement des agitateurs est basé sur la teneur maximale en matière sèche, le type de boue et l'utilisation éventuelle d'agents de floculation polymères.

Les polymères favorisent non seulement l'aglomération de la boue, mais modifient également sa viscosité. Par conséquent, une boue d'épuration épaissie à base de polymère est beaucoup plus difficile à homogénéiser, pour une même teneur en matière sèche, qu'une boue d'épuration épaissie de manière statique.

La teneur en matière sèche d'une boue secondaire est constituée de composants organiques (micro-organismes) et minéraux. La teneur en matière sèche organique (MSO / perte au feu) d'une boue secondaire ordinaire est de 70 à 80 %.

Comme nous l'avons déjà mentionné, environ 30 à 50 % de la masse organique est convertie en gaz dans le digesteur. Cela signifie que la proportion minérale est plus élevée dans la boue digérée que dans la boue brute. L'effet est similaire lorsque la boue brute reste dans le silo de stockage des boues pendant très longtemps (6 à 12 mois). Dans ce cas également, la digestion transforme une partie de la masse organique en gaz. Ce gaz s'échappe dans l'atmosphère sans être exploité.

Dans les deux cas, la proportion minérale accrue doit être prise en compte dans le dimensionnement des agitateurs. Types et propriétés des boues

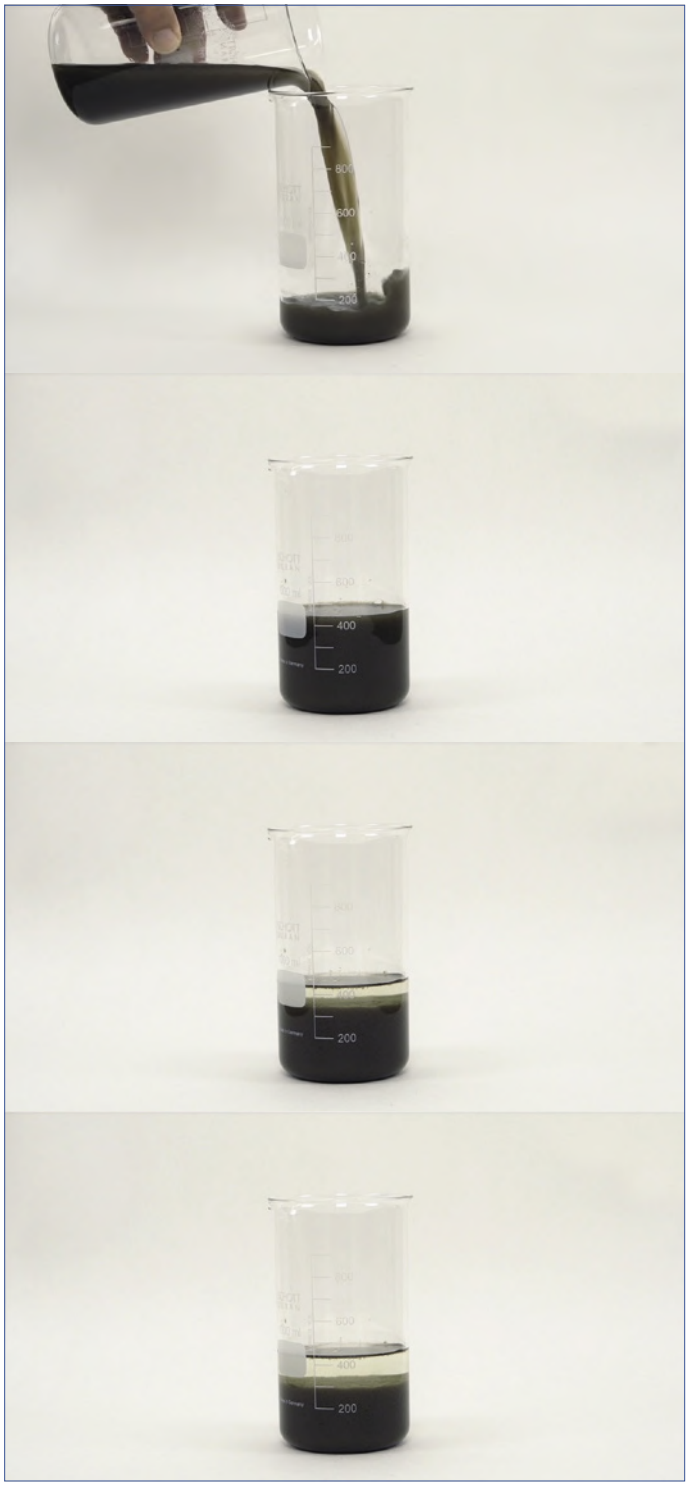


Fig. 17 : Décantation des boues

Types et propriétés des boues

Les images montrent une méthode pour déterminer l'indice de volume de boues (IVB).

L'IVB décrit le comportement de décantation des boues dans une station d'épuration. Plus sa valeur numérique est petite, plus les matières solides se déposent rapidement et une zone d'eau claire se forme dans la partie supérieure du bassin. Un IVB faible peut indiquer une teneur accrue en minéraux dans les matières solides. Ces matières solides sont plus lourdes et nécessitent une vitesse d'écoulement plus élevée.

De même, la perte au feu fournit des informations sur la proportion de matières organiques dans les matières solides.

En règle générale, les matières solides organiques sont faciles à brasser, alors qu'il est plus difficile, voire impossible pour les matières minérales. Ceci s'explique par la différence de densité entre l'eau et les matières solides.

L'un des principaux paramètres est la teneur en matière sèche (MES) de la boue. Dans le domaine des stations d'épuration, elle participe à la détermination de la viscosité des boues.
Cette caractéristique est importante pour les propriétés d'écoulement de la boue et pour la sélection optimale d'un agitateur.

Les polymères nécessaires à l'épaississement mécanique sont une exception puisqu'ils peuvent augmenter considérablement la viscosité de la boue. En plus des propriétés d'écoulement, il faut également veiller à ce que la réserve de moteur soit suffisante.

Fig. 18 : Code QR vers l'animation « Types de boues »

L'épuration biologique

Notions de base :

La majeure partie des pollutions présentes dans les eaux usées est de nature organique et est purifiée biologiquement par des micro-organismes associés à l'oxygène dissous et à l'absence d'oxygène. Les processus de transformation décomposent essentiellement les composés mentionnés ci-après.

Fig. 19 : Bassin d'activation

Pour le métabolisme optimal et l'efficacité de la station d'épuration, les bactéries ont besoin d'un rapport nutritif de Carbone : N Azote: Phophore = 100 : 5 : 1.

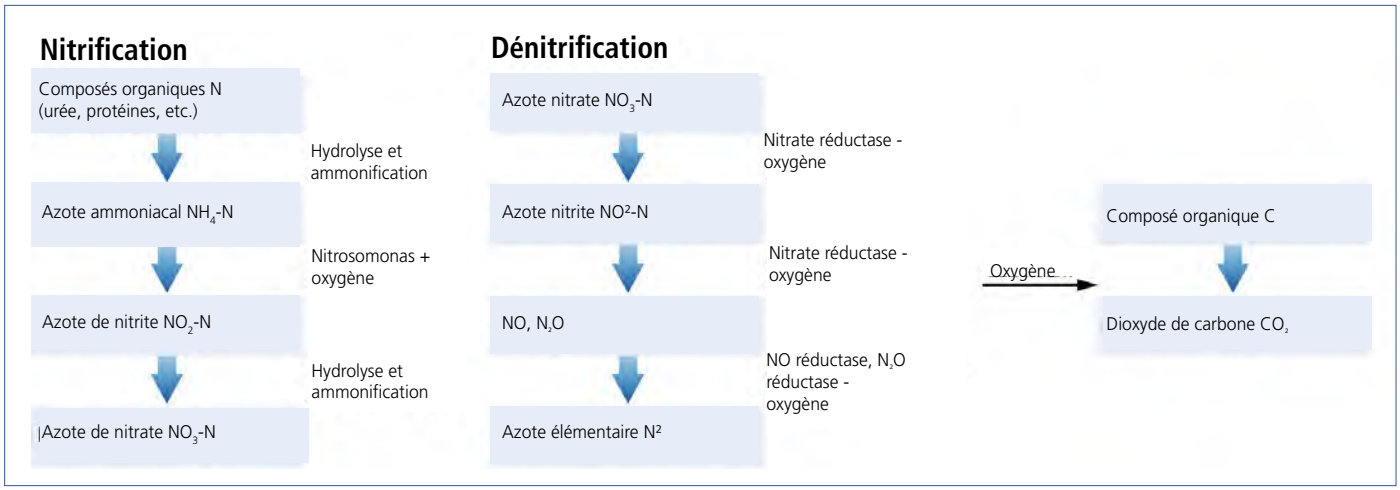


Fig. 20 : Processus de dégradation lors de la nitrification et dénitrification

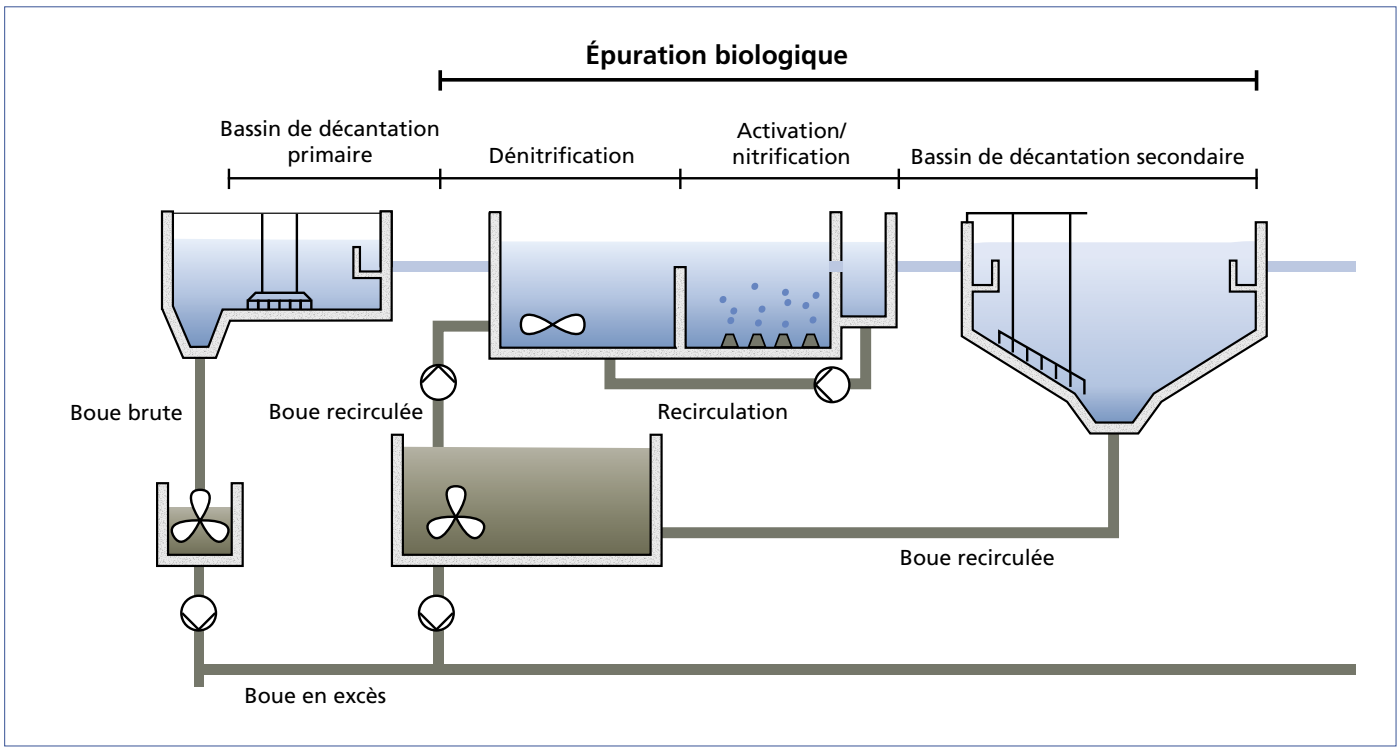


Fig. 21 : Les procédés d'épuration biologique

Bassin de décantation primaire

Dans le bassin de décantation primaire, les particules insolubles, minérales les plus fines sont séparées par sédimentation.
Les substances qui se déposent au fond du bassin forment les boues primaires. Cette boue brute est transportée, après épaississement dans le digesteur.

Nitrification

L'azote est oxydé en nitrate par des micro-organismes, les nitrosomonas et les nitrobacters.
Ce processus s'exécute en deux étapes :

$$2NH_4^+ + 3O_2 \xrightarrow{\text{Nitrosomonas}} 2NO_2^- + 2H_2O + 4H^+ \qquad \text{Formule (1)}$$

$$2NO_2^- + O_2 \xrightarrow{\text{Nitrobacter}} 2NO_3^- \qquad \text{Formule (2)}$$

Légende:
NH_4^+ = Ammonium
O_2 = Oxygène
NO_2^- = Nitrite
H_2O = Eau
H^+ = Hydrogène acide
NO_3^- = Nitrate

Dénitrification

Lors de la dégradation du carbone, les micro-organismes consommateurs d'oxygène produisent de l'azote moléculaire qui s'échappe dans l'atmosphère.

$$4H^+ + 4NO_3^- + 5C \xrightarrow{\text{bactéries hétérotrophes}} 5CO_2 + 2N_2 + 2H_2O \qquad \text{Formule (3)}$$

Légende:
H^+ = Hydrogène acide
NO_3^- = Nitrate
C = Carbone
CO_2 = Dioxyde de carbone
N_2 = Azote
H_2O = Eau

Bassin de décantation secondaire

Le bassin de décantation secondaire est la dernière étape du traitement biologique. Depuis le bassin d'activation, l'eau clarifiée s'écoule en continu dans le bassin de décantation secondaire. Ici, la boue avec les micro-organismes se dépose au fond et l'eau épurée s'écoule par la goulotte du bassin.
La boue est pompée au fond du bassin, puis soit réacheminée vers le bassin d'activation, soit amenée vers les lagunes à boue.

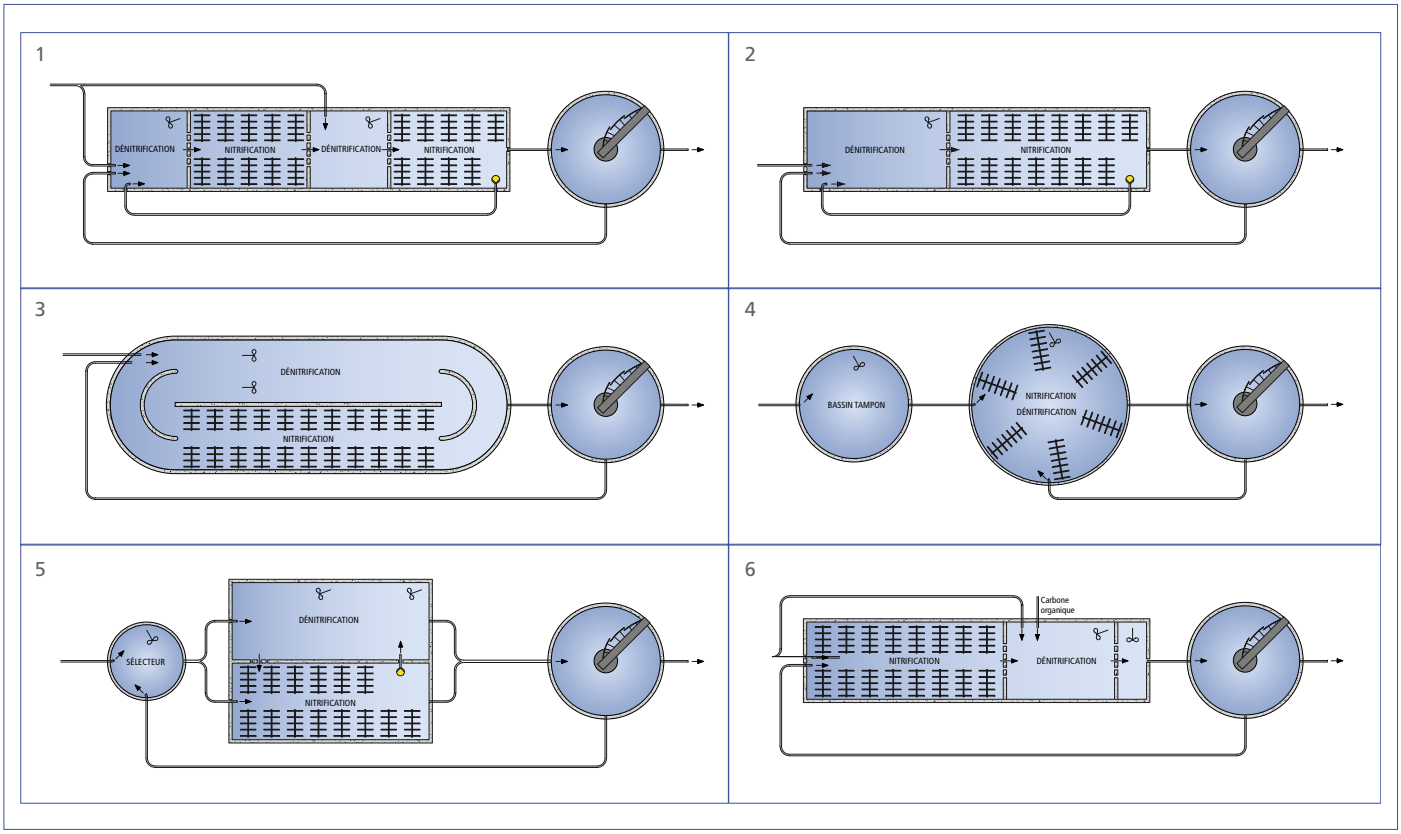


Fig. 22 : Variantes de configuration de bassins lors de l'épuration biologique

1. Dénitrification en cascade

Dans le premier bassin, la boue recirculée est dénitrifiée.
Dans les bassins de dénitrification suivants, le nitrate produit dans les bassins de nitrification en amont est dénitrifié. La circulation interne n'est pas nécessaire.

2. Dénitrification en amont

Au stade de dénitrification en amont, le bassin de dénitrification est alimenté en quantité suffisante de carbone depuis le bassin de nitrification riche en oxygène par des pompes de recirculation.
Il n'est pas nécessaire d'ajouter une dose supplémentaire de carbone, comme dans le cas de la dénitrification en aval.

3. Aération et systèmes d'aération dans les bassins d'activation

Conformément à la norme DIN 4046, l'aération implique, d'une manière générale, l'échange de gaz entre l'eau et l'air pour l'apport d'oxygène et, le cas échéant, l'élimination des gaz dissous.

L'apport d'air artificiel dans les eaux usées peut être utilisé :

- pour l'oxydation chimique des composés inorganiques et
- pour fournir suffisamment d'oxygène aux micro-organismes.

Les systèmes d'aération provoquent des pertes de charge, en fonction du mode de fonctionnement (simultané ou alterné).
D'une manière générale, ces pertes de charge peuvent être réparties en :

- pertes de charge constantes : ici, les pertes d'écoulement sont causées par le type d'aérateur (diffuseur à disques, à plateaux ou à tubes) et la surface occupée.
- pertes de charge variables : elles varient en fonction du volume d'air insufflé.

Les pertes ci-dessus doivent être prises en compte pour la sélection d'agitateurs appropriés afin d'atteindre une vitesse d'écoulement dans les bassins d'activation de 0,3 m/s, conformément à la norme VDMA 24656.

Au cours des dernières années, KSB a développé des algorithmes de sélection pour les différentes tailles d'agitateurs installés dans des bassins de géométries multiples, algorithmes validés par des mesures d'écoulement en station.

Dénitrification simultanée

Dans les bassins de circulation, se produisent simultanément la nitrification dans les zones alimentées en oxygène et la dénitrification dans les zones non oxygénées. La teneur en oxygène est régulée de manière à ce que l'oxygène dissous ne soit pas présent dans certaines parties du bassin.

4. Dénitrification intermittente

Ici, la nitrification et la dénitrification sont effectuées successivement dans le même bassin (Sequence Batch Reactor).
Le bassin d'activation est généralement un bassin rond équipé d'une aération de fond à fines bulles et d'un agitateur submersible.
Les processus se déroulent séparément, selon un programme horaire, ou sont régulés par l'oxygène et le potentiel redox.

5. Dénitrification alternée

Les installations de dénitrification alternée sont constituées de deux bassins d'activation, qui sont alternativement alimentés en eaux usées et aérées. Les eaux usées et les boues recirculées contenant des nitrates provenant du prétraitement sont mélangées dans le bassin 1 sans aération (dénitrification). Dans le même temps, le bassin 2 est aéré (nitrification). Une fois que les sondes de mesure dans le bassin 1 indiquent qu'il n'y a plus de nitrate, une aération courte est effectuée dans les deux bassins. Ensuite, le processus se déroule à l'inverse : nitrification dans le bassin 1, dénitrification dans le bassin 2.

6. Dénitrification en aval

Dans la nitrification en amont, la plus grande partie du carbone présent dans les eaux usées est décomposée. Le nitrate formé est ensuite dégradé pendant la phase de dénitrification en aval.
Étant donné qu'avec cette méthode, la respiration nitrate ne permet pas une dénitrification complète en raison d'un manque de carbone, une source externe de carbone organique doit être fournie. Idéalement, par exemple, les eaux usées des brasseries ou des laiteries peuvent être utilisées comme source externe.

Les bases physiques

- Dans un liquide, sans action de forces extérieures, une bulle d'air ou de gaz monte toujours verticalement.
- Dans un liquide, sans action de forces extérieures, un nuage de bulles monte toujours verticalement.
- Les écoulements verticaux existants (forces) influent, en fonction de leur orientation, de manière positive ou négative sur la vitesse ascensionnelle des bulles de gaz : un écoulement vertical orienté vers le fond du bassin diminue la vitesse ascensionnelle, tandis qu'un écoulement vertical orienté vers la surface l'augmente.
- Les écoulements horizontaux existants (forces) n'ont aucune influence sur la vitesse ascensionnelle des bulles de gaz.
- Les écoulements sont des vecteurs.

L'étude d'une bulle d'air ou de gaz montre que cette bulle est soumise à une poussée d'Archimède définissable proportionnelle à son volume et monte vers la surface à une vitesse correspondant à cette force.

Figure 23
Dans la figure ci-après, des bulles sont injectées à intervalles réguliers dans le liquide et montent vers la surface.

S ==> chemin parcouru par l'air, en cm
v_{Luft} ==> vitesse ascensionnelle, en cm/s
t ==> temps de séjour en s.

Si le même système est doté d'un écoulement horizontal, aucune modification du temps de séjour ne doit intervenir, conformément aux bases physiques.
La figure 24 montre un mouvement laminaire horizontal dans lequel des bulles sont injectées à intervalles réguliers et montent vers la surface.

Si l'on étudie le liquide en écoulement en segments de volume par unité de temps, on constate que, dans ces segments, les bulles montent verticalement vers la surface à la vitesse ascensionnelle.

On voit également que les bulles décrivent un mouvement diagonal le long de la résultante de la vitesse ascensionnelle et de l'écoulement horizontal.

V ==> segment de volume par unité de temps, en m³

Le chemin parcouru par la bulle est identique à celui représenté dans la figure 23.

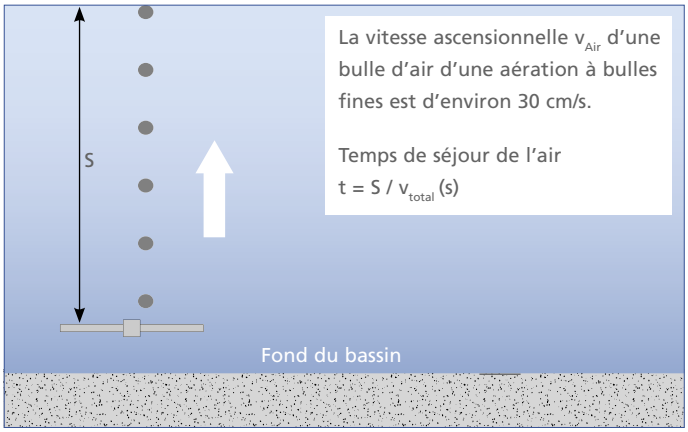


Fig. 23 : Ascension d'une bulle d'air

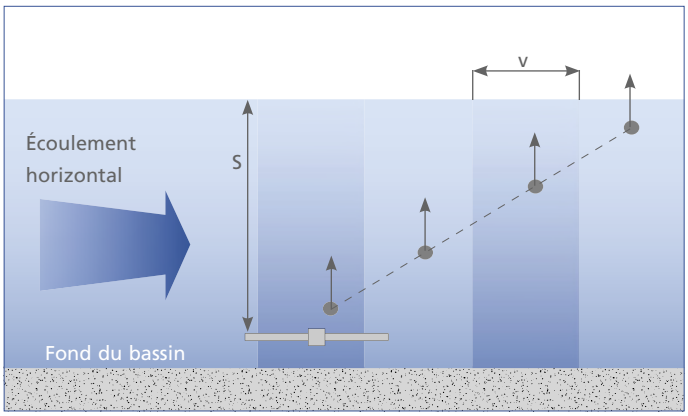


Fig. 24 : Ascension d'une bulle d'air avec écoulement horizontal

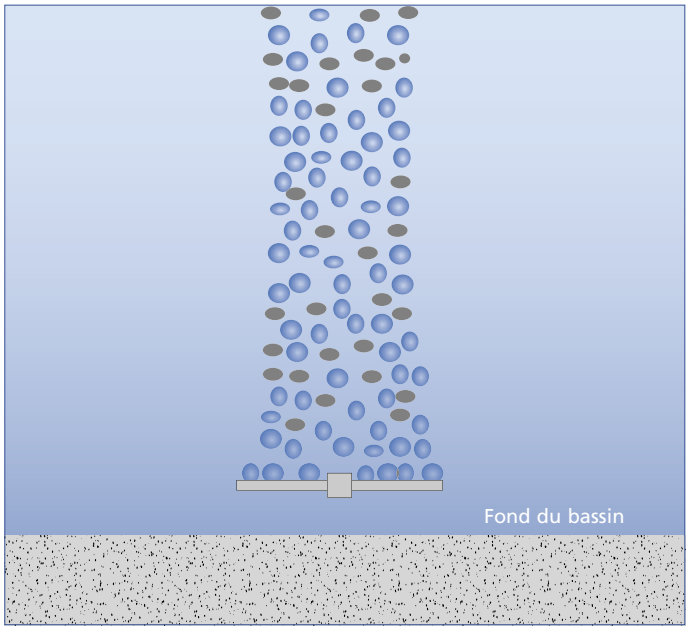


Fig. 25 : Ligne d'aération

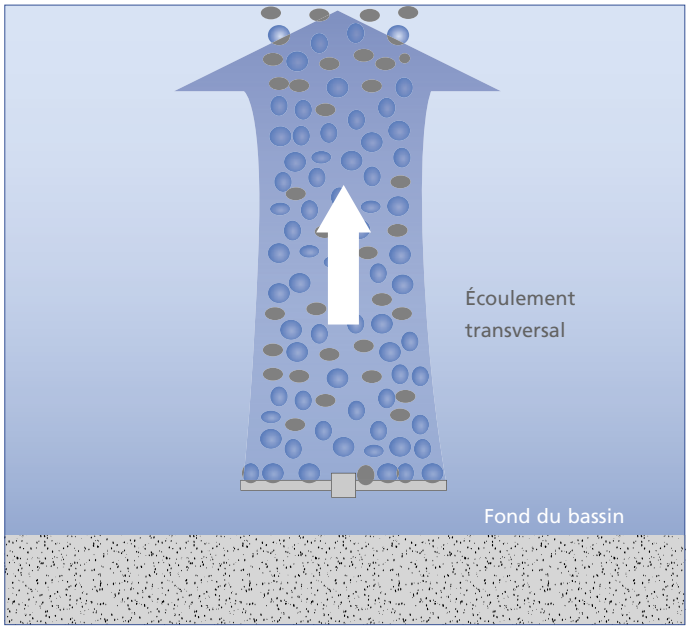


Fig. 26 : Ligne d'aération avec écoulement vertical induit

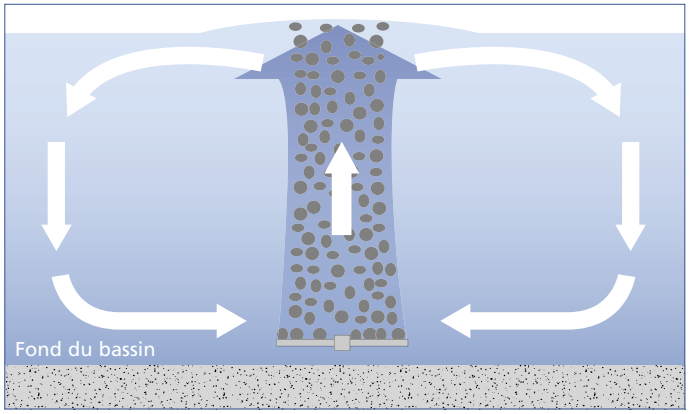


Fig. 27 : Ligne d'aération avec écoulement cylindrique

Étant donné que, dans la pratique, l'écoulement est turbulent, l'étude d'un écoulement laminaire n'est que purement théorique pour démontrer que l'écoulement horizontal n'exerce aucune influence sur le temps de séjour des bulles.

La création d'écoulements horizontaux est-elle avantageuse dans les processus ?

1. Les matières solides et les flocs sont maintenus en suspension.
2. Les bactéries sont alimentées avec un nouveau substrat.
3. Le temps de séjour augmente.

Les points 1 et 2 ne seront pas approfondis ici.

Pourquoi le temps de séjour augmente-t-il ?

Dans la pratique, la bulle individuelle doit être considérée sous l'angle de l'interaction de nuages de bulles et de l'écoulement créé par la montée de l'air.

Figure 25

La figure 25 montre une ligne d'aération individuelle dans un bassin d'activation.

La montée de l'air crée un écoulement vers la surface.
Le mélange eau/air produit à la surface une écume légèrement convexe. L'air qui monte entraîne le liquide vers la surface ce qui provoque une aspiration de liquide au fond du bassin.

Figure 27

Des deux côtés, un écoulement cylindrique se produit, ce qui accélère la montée de l'air.

Ces écoulements cylindriques peuvent atteindre une vitesse de 60 cm/s.
Les écoulements sont des vecteurs. Ceci signifie que les vitesses d'écoulement peuvent être additionnées.

	Vitesse ascensionnelle de l'air	30	cm/s
+	**vitesse d'écoulement cylindrique**	60	cm/s
=	**vitesse d'écoulement totale**	90	cm/s

Temps de séjour de l'air

$$t = S / v_{total} (s)$$ Formule (4)

Legende:
t = temps de séjour
S = longueur des aérateurs de fond
v_{total} = vitesse

Le temps de séjour des bulles d'air dans le liquide est réduit de la part de la vitesse d'écoulement cylindrique dans la vitesse d'écoulement totale.

Figure 29
Si un écoulement horizontal se superpose à cette mécanique d'écoulement, la forme des écoulements cylindriques change ou, dans le cas le plus favorable, ils sont complètement supprimés et une mécanique d'écoulement s'établit comparable à celle d'un écoulement laminaire.

En conséquence, par la disparition des écoulements cylindriques, le temps de séjour des bulles s'accroît de la part des écoulements cylindriques dans la vitesse totale.

Cette condition dépend de l'énergie de la poussée d'Archimède s'exerçant sur les bulles d'air et de l'écoulement transversal généré par les agitateurs.

Au sein de la zone d'aération, l'écoulement est fortement turbulent. Les turbulences sont renforcées par l'aération, si bien que les macro-turbulences et les micro-turbulences augmentent considérablement

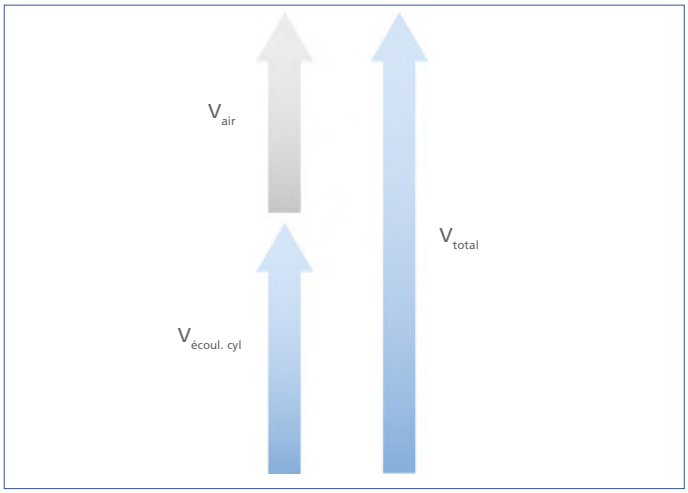


Fig. 28 : Vitesse ascensionnelle de l'air

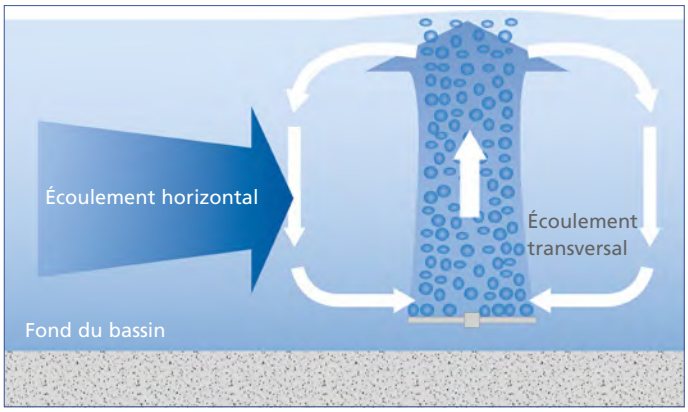


Fig. 29 : Superposition des écoulements

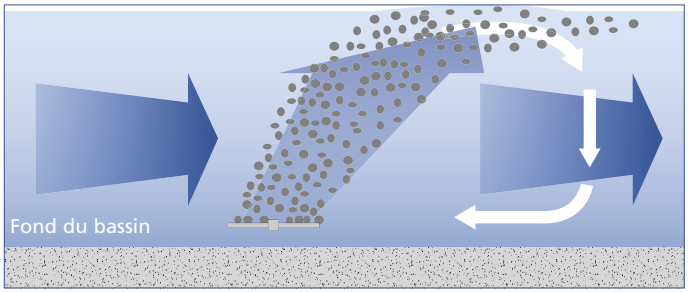


Fig. 30 : Formation d'un écoulement dipolaire

Fig. 31 : Diffuseur tubulaire

Fig. 32 : Diffuseur à plateaux Supratec

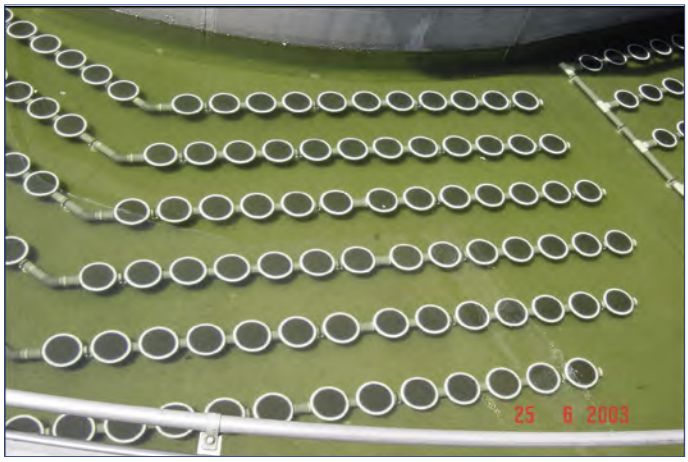


Fig. 33 : Diffuseur à disques

Figure 30
Par l'effet de l'écoulement horizontal, le nuage de bulles dérive avec l'écoulement. À l'avant, l'écoulement cylindrique est supprimé ou presque. À l'arrière, il subsiste, tandis que sa forme et son étendue se modifient.

Le temps de séjour des bulles augmente si l'écoulement vertical est réduit !

Systèmes d'aération

Selon la construction de la station d'épuration, il est possible que la nitrification et la dénitrification aient lieu dans le même bassin. Cela peut se produire aussi bien en alternance qu'en parallèle.

KSB ne fabrique pas de système d'aération, mais possède de nombreuses années d'expérience dans l'interaction de ses agitateurs avec les systèmes d'aération les plus divers.
En substance, on distingue deux formes de construction différentes : les aérateurs de surface et les aérateurs de fond à fines bulles.

Les aérateurs de surface utilisent des éléments d'aération rotatifs (circulaires / rouleaux / brosses) pour l'apport d'air. Ils sont utilisés pour projeter le mélange eau-boue activée dans l'air et créer ainsi une pulvérisation air / eau.
En raison de leur fonction, ces systèmes d'aération sont utilisés dans des bassins de faible profondeur (2,5 m à 4 m).

Des écoulements particuliers apparaissent à la surface en fonction du système d'aération de surface sélectionné. Ceux-ci doivent être pris en compte lors du positionnement des agitateurs si un fonctionnement en simultané est prévu.
Selon le diamètre de l'hélice, un écoulement turbulent entraîne une charge accrue sur le groupe et donc un effet négatif sur la durée de vie. Le positionnement du mélangeur est donc primordial.

L'apport d'oxygène s'effectue par des diffuseurs à disques, à tubes ou à plateaux. Ils sont alimentés en air comprimé par des compresseurs

Les éléments d'aération sont généralement dotés de membranes dont l'objectif est de produire des bulles d'air les plus fines possible, car celles-ci augmentent l'efficacité du système d'aération.

La raison en est le rapport plus favorable entre la surface et le volume d'air enfermé. En termes simples, cela signifie que plus la bulle produite est petite, plus le transfert d'oxygène est efficace. Étant donné que les éléments d'aération sont montés au fond du bassin, la bulle d'air libère l'oxygène au mélange eau-boue activée qui l'entoure pendant la période de sa montée à la surface. En simplifiant, on peut en déduire que plus le bassin est profond, plus l'apport d'oxygène est élevé.

Au niveau fonctionnel, l'utilisation simultanée des agitateurs et des systèmes d'aération à fines bulles constitue un défi. Les raisons sont multiples.

Contrairement à l'eau, l'air peut être comprimé. Ce fait implique le respect d'une certaine distance de sécurité par rapport à la zone d'aération lors du fonctionnement en parallèle des agitateurs et des aérateurs.

Dans le cas contraire, des bulles d'air peuvent pénétrer dans l'hélice et être comprimées du côté refoulement. En fonction de la quantité de bulles d'air, l'énergie de brassage générée par l'agitateur diminue. Les charges variables sur l'hélice, qui en sont la conséquence logique, soumettent le groupe à des contraintes accrues selon le diamètre de l'hélice, exerçant un effet négatif sur sa durée de vie.

Une bulle d'air ascendante attire l'eau vers la surface par la force tractrice, tout en laissant une quantité d'eau correspondant au volume d'air entrant s'écouler vers le bas jusqu'à la rampe d'aération. Cela crée un écoulement cylindrique vertical au-dessus de la zone d'aération en fonctionnement. L'importance de cet écoulement cylindrique dépend de la densité d'aération générée (m^3 d'air / m^2 de bassin / heure).

Une turbulence accrue se produit localement lorsque le jet primaire généré par l'agitateur rencontre l'écoulement cylindrique décrit.
Il est impossible de détecter un « cisaillement » des bulles au-dessus des aérateurs. Les analyses ont montré que, dans le meilleur des cas, l'écoulement généré par l'agitateur est dévié à la surface et y traverse la zone d'aération.

Toutefois, l'écoulement doit disposer pour cela d'une distance appropriée sans aération pour que le jet primaire s'étende aussi loin que possible et transfère ainsi autant d'énergie de brassage que possible au mélange eau-boue activée, sous forme de poussée horizontale.

Dans le cas contraire, une grande partie de l'énergie de brassage est dissipée sous la forme d'une forte turbulence locale (frottement).

Dans ce contexte, il convient de noter que l'aération de fond à fines bulles nécessite une énergie plusieurs fois supérieure à celle des agitateurs.

Sur la base des faits mentionnés ci-dessus, nous recommandons d'éviter, dans la mesure du possible, le fonctionnement parallèle des agitateurs et des aérateurs de fond.

Si cela est inévitable, les faits mentionnés doivent être pris en compte. Cela signifie que le constructeur d'agitateurs doit être impliqué le plus tôt possible dans l'étude du projet.

Enfin, nous voudrions aborder quelques problèmes généraux.

En raison des différences décrites ci-dessus, le remplacement d'une aération de surface par un système d'aération de fond peut s'avérer très difficile.

Comme nous l'avons évoqué ci-dessus, la bulle d'air libère l'oxygène dans le milieu environnant lorsqu'elle monte. Si le bassin n'est pas suffisamment profond, l'apport d'oxygène diminue. Toutefois, ce problème ne peut être résolu que dans une mesure limitée avec une densité d'aération accrue.

Une densité d'aération accrue crée logiquement un nombre accru de bulles. L'augmentation du nombre de bulles entraîne une collision des bulles, ce qui entraîne la formation de bulles plus grosses et donc une dégradation de la qualité de l'apport en oxygène.

En outre, un apport d'air élevé entraîne un écoulement vertical renforcé au-dessus de la zone d'aération, tel que nous l'avons décrit ci-dessus. Un mélange eau-boue activée déjà suffisamment aéré peut alors rester « piégé » dans l'écoulement cylindrique, et il n'y a presque plus de transfert d'oxygène. Il convient de rappeler que le processus de nitrification est assuré par des micro-organismes qui ont besoin d'oxygène pour le processus de transformation.

Les agitateurs peuvent éventuellement faciliter le transfert d'oxygène, mais le métabolisme des micro-organismes ne peut être accéléré par ces agitateurs.

Fig. 34 : Mise en place pour éviter la formation de croute

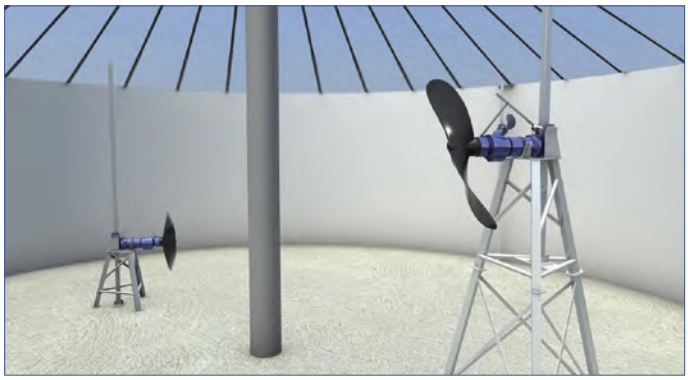


Fig. 35 : Installation courante dans le digesteur

Fig. 36 : Code QR vers l'animation « Biogaz »

Biogaz

Application et utilisation d'agitateurs

Pour la production de biogaz, des matières organiques non toxiques sont décomposées biochimiquement par des micro-organismes en l'absence d'oxygène. Comme il s'agit d'un processus continu, les digesteurs doivent être alimentés chaque jour en grandes quantités de substrats. Afin d'obtenir des conditions de réaction favorables pour les micro-organismes, les agitateurs prennent en charge diverses tâches dans les installations de biogaz.

KSB, l'un des leaders dans le domaine des agitateurs submersibles à vitesse lente à rendement énergétique élevé, est également actif dans le secteur du biogaz depuis de nombreuses années. Pour mieux servir ce marché innovant, KSB s'est associé à un partenaire commercial.

S'appuyant sur l'expertise de KSB, la sélection et le positionnement des agitateurs peuvent être optimisés grâce à l'évolution technique continue des groupes par notre partenaire.

Partenaire commercial KSB

En tant que fabricant spécialisé dans la technique du mélange haute qualité jouissant de nombreuses années d'expérience dans les applications les plus difficiles, PTM GmbH Halle (Saale) maîtrise parfaitement les exigences de cette technologie de pointe auxquelles doit répondre le matériel dans les installations de biogaz. À partir de ce savoir-faire spécialisé, une gamme d'agitateurs a été développée, alliant efficacité maximale et longévité absolue.

Pour y parvenir, on s'appuie sur des années d'expérience, des matériaux de qualité et un contrôle permanent des produits.

Développement propre : hélices en polyamide 12

Les agitateurs dans les installations de biogaz sont soumis à des exigences particulières. En particulier, les fibres longues et les composants minéraux tels que le sable et les pierres causent souvent des dommages aux hélices après une courte période. Cela se traduit par une courte durée de vie et des coûts élevés résultant d'une réparation ou du remplacement des agitateurs existants. Une nouvelle génération d'hélices fabriquées en polyamide 12 (PA12) hautement résistant à l'usure a donc été développée. Ce matériau est bien supérieur aux matériaux métalliques et aux polymères chargés de fibres de verre.
Cela a permis de résoudre le problème fondamental de la durabilité des hélices et d'atteindre des durées de vie bien supérieures au niveau du marché. En outre, l'hydraulique assure un brassage performant et efficace, même pour les exigences les plus élevées. Ces hydrauliques sont particulièrement intéressantes pour la mise à niveau aisée d'agitateurs existants dans l'objectif d'améliorer leur durée de vie.

PHAL'agitateur PHANTOM

Le modèle PHANTOM est l'agitateur submersible le plus efficace de sa catégorie. Dans les applications exigeantes, il est nettement supérieur aux machines à vitesse rapide ou aux machines conventionnelles à vitesse lente. Cependant, sa durée de vie inégalée et son rapport poussée/puissance élevé ne sont pas le fruit du hasard. Ils sont le résultat de l'interaction d'une variété de composants optimisés.

Fig. 37 : Hélice en polyamide 12

Avantages des agitateurs PHANTOM en un coup d'œil

- L'hélice en PA12 extrêmement résistante à l'usure offre une excellente tenue à l'abrasion et à la corrosion avec un rapport poussée/puissance maximal.
- Le siège du contre-grain trempé protège la garniture mécanique contre les substances filandreuses.
- La garniture mécanique double avec ressort protégé résiste aux substances solides et aux filasses.
- La griffe de guidage avec rouleaux mobiles permet de garantir une mobilité libre, même en cas d'encrassement.
- Le moteur à réserve élevée fournit la pleine puissance, même en fonctionnement à haute température.
- La grande section des câbles augmente sensiblement leur durée de vie.
- Les paliers de précision garantissent un fonctionnement sans incident, même en cas de variations de charge fréquentes.

Domaines d'emploi des agitateurs PHANTOM

Toutes les applications difficiles, par exemple dans les installations de biogaz (digesteurs, post-digesteurs, bassins de stockage de digestat) et / ou pour la remise en suspension des boues de forage.

Synoptique des produits

PHANTOM 1000 – agitateur submersible horizontal

Domaines d'application :	**pré-fosse, digesteur, post-digesteur, bassin de stockage de digestat**	
Fluide pompé :	substrat de fermentation	
Température max. admissible :	60 °C	
Vitesse de rotation de l'hélice :	166–204 t/min	
Puissance moteur P²:	11–20 kW	
Matériau:	Polyamide 12	
Diamètre de l'hélice	1.000 mm	
Poussée axiale max	4.500 N	
Protection contre les explosions :	II2G Ex d IIB T3	

PHANTOM 1400 – agitateur submersible horizontal

Domaines d'application :	**pré-fosse, digesteur, post-digesteur, bassin de stockage de digestat**	
Fluide pompé :	substrat de fermentation	
Température max. admissible :	60 °C	
Vitesse de rotation de l'hélice :	88–114 t/min	
Puissance moteur P²:	6–20 kW	
Matériau:	Polyamide 12	
Diamètre de l'hélice	1.400 mm	
Poussée axiale max	5.500 N	
Protection contre les explosions :	II2G Ex d IIB T3	

PHANTOM 2500 – agitateur submersible horizontal

Domaines d'application :	**préfosse, digesteur, post-digesteur**	
Fluide pompé :	substrat de fermentation	
Température max. admissible :	60 °C	
Vitesse de rotation de l'hélice :	42–46 t/min	
Puissance moteur P²:	6–10 kW	
Matériau:	Polyamide 12	
Diamètre de l'hélice	2.500 mm	
Poussée axiale max	6.000 N	
Protection contre les explosions :	II2G Ex d IIB T3	

L'agitateur compact TYPHOON est idéal pour les applications de mélange à fortes turbulences dans les fluides à faible viscosité contenant des particules abrasives.

Son hélice en polyamide 12 très résistant à l'usure a été développée à l'aide de techniques de simulation de pointe assistées par ordinateur, et perfectionnée dans des essais in situ empiriques. Tout comme la gamme Phantom, le TYPHOON est doté d'une garniture mécanique double et de paliers graissés à vie. Grâce à son entraînement direct sans réducteur, l'agitateur TYPHOON est petit et compact, et peut être utilisé facilement sans démarrage progressif ni variateur de fréquence. L'agitateur TYPHOON est ainsi le choix idéal pour les bassins de stockage de digestat ou les pré-fosses de mélange.

Avantages du TYPHOON en un coup d'œil

- Hélice en PA 12 : hélice optimisée en composite haute performance, résistant à l'usure pour un brassage parfait
- Double étanchéité : deux garnitures mécaniques en carbure de silicium à résistance élevée
- Entraînement direct : construction compacte, sans réducteur soumis à usure
- Entretien réduit : jusqu'à 16 000 heures de service sans renouvellement d'huile
- Protection contre les explosions : ATEX de série
- Surveillance : trois sondes de température et de fuite pour la surveillance du moteur
- Protection parfaite : aucune pénétration d'humidité dans le moteur grâce au passage de câble étanche à l'eau et aux infiltrations, remplacement de câble facile sans outil spécial en cas d'intervention

TYPHOON – agitateur submersible horizontal

Domaines d'application :	**destiné spécialement aux bassins de stockage de digestat**
Fluide pompé :	substrat de fermentation
Température max. admissible :	40 °C
Vitesse de rotation de l'hélice :	475 t/min
Puissance moteur P^2:	13 kW
Matériau:	Polyamide 12
Diamètre de l'hélice	650 mm
Poussée axiale max	2.710 N
Protection contre les explosions :	II2G Ex d IIB T4

Prestations pour le secteur du biogaz

- Expertise technique et commerciale complète en matière de sélection et de montage d'agitateurs
- Études de faisabilité et définition de solutions pour les nouvelles installations et la mise à niveau d'installations
- Simulations CFD (Computational Fluid Dynamics) Études rhéologiques
- Conception et calculs statiques de structures intégrées dans les bassins pour applications spéciales
- Gestion d'un stock d'agitateurs important pour des délais de livraison et des temps de réaction courts

Prévention de la formation de glace

Dans certains cas, il est nécessaire de protéger du gel les plans d'eau ou la zone d'arrivée des eaux dans les stations de pompage pendant les mois d'hiver, garantir l'accès aux ports ou aux écluses, ou pour maintenir opérationnelles les stations de pompage, comme les stations de relevage pour la protection prévenant les crues. Les agitateurs peuvent y contribuer en amenant l'eau des couches inférieures plus chaudes vers la surface. Autre effet positif : le mouvement de l'eau à la surface, qui empêche également le gel.

En règle générale, des vitesses d'écoulement relativement faibles suffisent pour prévenir la formation de glace. Étant donné que les mesures visant à empêcher la formation de glace concernent généralement les eaux à ciel ouvert, des dispositifs de protection contre le contact avec l'hélice de l'agitateur sont souvent nécessaires.

Les pertes causées par les dégrilleurs, les tuyauteries et autres dispositifs de protection ou d'aménagement devront être prises en compte dans le calcul des pertes de charge pour la sélection.

MBBR

« MBBR » signifie « Moving Bed Biological Reactor » (réacteur à biofilm actif). Il s'agit d'un bassin à charge polluante élevée utilisé dans l'épuration biologique d'une station d'épuration. Pour obtenir la densité la plus élevée possible de substance biologiquement active, on utilise des supports de biofilm (appelés « carrier » en anglais). Ils sont en général en polyéthylène et flottent légèrement sous la surface de l'eau.

Il existe des formes et des tailles différentes, mais leur surface doit être aussi large que possible. Afin de garantir le meilleur échange possible de nutriments, ces supports de biofilm doivent être maintenus en mouvement par le brassage.
L'Amamix à vitesse rapide ne convient pas car son hélice en acier inoxydable endommagerait les supports de biofilm.
Comme les supports de biofilm entravent l'écoulement de la boue activée, il convient de prendre en compte une vitesse d'écoulement supérieure à 30 cm/s dans les calculs de dimensionnement.

Pour un brassage efficace, l'hélice de l'agitateur doit entraîner les supports de biofilm en profondeur, afin qu'ils puissent remonter lentement ailleurs.
Le MBBR exige donc souvent une variante spéciale du kit d'installation.

Le « MBBR » ne doit pas être confondu avec le « MBR » (Membrane Biological Reactor, bioréacteur à membrane). Ce dernier est doté d'une membrane qui ne laisse pas passer de molécules plus grandes que l'eau. De même que le MBBR, le MBR permet de traiter des charges polluantes importantes.

Nettoyage de bassins d'eaux pluviales

Lorsque les bassins de rétention des eaux pluviales se remplissent, on peut s'attendre à l'arrivée d'une certaine charge polluante. Lors de la vidange de ces bassins, cette charge polluante doit également être évacuée.
Il existe plusieurs façons d'éliminer les charges polluantes ou de nettoyer les bassins de rétention des eaux pluviales. En plus des méthodes conventionnelles de nettoyage des bassins d'eaux pluviales, à savoir : chasses / rinçage en cascade, enlèvement mécanique, dispositifs de rinçage ou nettoyeur de bassin avec pompe, le nettoyage peut s'effectuer à l'aide d'agitateurs à hélice axiale. Par exemple, les agitateurs peuvent être utilisés dans les bassins de rétention des eaux pluviales circulaires, la poussée des agitateurs entraîne l'eau en rotation, ce qui provoque le tourbillonnement et le maintien en suspension des composants solides (effet « tasse de thé »). Autre condition préalable pour un effet de nettoyage correct : une vitesse élevée de l'extraction des eaux usées du bassin. Il faut naturellement tenir compte de l'efficacité relative au niveau des parois et du dénoyage des agitateurs lors de la vidange. L'avantage capital de l'utilisation des agitateurs repose sur les faibles frais d'investissement et d'exploitation. Le tableau ci-dessous offre une comparaison des différentes solutions de nettoyage des bassins de rétention des eaux pluviales.

	Dispositif de rinçage	**Racleurs**	**Chasses/ Rinçage en cascade**	**Systèmes d'aération par jet**	**Agitateurs avec hélice axiale**
Adaptation de l'ouvrage nécessaire	Oui, tuyauteries fixes avec buses de rinçage	Non	Oui, les bassins doivent être plus profonds et les grands bassins nécessitent des murs de soutènement.	Oui, le fond du bassin doit être incliné dans le sens inverse à celui du nettoyage	Non
Eau extérieure requise	Oui, eau potable ou eau réseau	Non	Oui, eau potable ou eau réseau	Non	Non
Forme spéciale de bassin requise	Non	Oui, bassin ouvert avec fond lisse requis	Oui, seuls les bassins rectangulaires sont possibles	Non	Oui, utilisation optimale dans les bassins ronds à grande vitesse d'évacuation
Dépendance du niveau de l'eau	Oui, nettoyage possible uniquement avec le bassin vidé	Oui, nettoyage possible uniquement avec le bassin vidé	Oui, nettoyage possible uniquement avec le bassin vidé	Non	Oui, en cas de faible niveau d'eau, le pouvoir nettoyant est limité
Putréfaction et nuisances olfactives en cas de temps de séjour prolongé	Oui, putréfaction possible	Oui, putréfaction possible	Oui, putréfaction possible	Non, grâce à l'apport d'oxygène	Oui, putréfaction possible
Degré d'encrassement uniforme	Non	Non, risque d'épaississement des boues nécessitant un nettoyage manuel mécanique	Non, pics de contamination inhérents au système, la charge polluante est particulièrement élevée en fin de vidange.	Oui	Oui, avec un niveau d'eau suffisant
Nettoyage latéral prévu	Non	Non	Non	Oui	Non
Nettoyage complet, y compris des zones à problèmes	Non, la rigole d'écoulement s'obstrue.	Non, risque d'épaississement des boues	Non, la rigole d'écoulement s'obstrue ; en cas de contamination importante, plusieurs rinçages sont nécessaires.	Oui	Non, si le niveau d'eau est faible, des décantations résiduelles sont possibles.
Évaluation	Investissement important, consommation d'eau élevée, buses pouvant s'obstruer, efficacité de nettoyage réduite	Coûts d'acquisition et de maintenance élevés, efficacité de nettoyage réduite	Coûts d'investissement élevés du fait d'un ouvrage spécialement conçu, nettoyage supplémentaire des rigoles nécessaire	Solution économique ; solutions individuelles possibles pour chaque géométrie de bassin, très bonne efficacité de nettoyage	Solution économique avec de bons résultats de nettoyage.

Tabelle 1: Comparaison des installations de nettoyage des bassins d'eaux pluviales

Utilisations possibles des agitateurs dans les parcs de loisirs

Outre les pompes de constructions diverses, les agitateurs peuvent également être utilisés pour la création d'écoulements horizontaux dans les parcs de loisirs, les installations d'eau vive ou d'autres applications similaires. Par exemple, les agitateurs sont utilisés dans des circuits d'eau pour le déplacement des barques, des bateaux pneumatiques ou des radeaux, ou pour la création de vagues. Les agitateurs sont également utilisés pour la mise en circulation des eaux de lacs artificiels ou d'autres eaux stagnantes, afin d'éviter la formation d'algues, la putréfaction et, par conséquent, prévenir des odeurs.
En tout état de cause, il s'agit de solutions personnalisées qui doivent être adaptées aux besoins spécifiques. Veuillez nous contacter pour échanger pour les applications de ce type.

Brassage des stations de pompage

Dans les stations de pompage dédiées aux eaux usées ou autres fluides à teneur élevée en matières solides, comme par ex. le sable, il existe un risque de décantation ou de sédimentation des particules au fond en cas d'arrêt prolongé des pompes. Afin d'éviter ces dépôts, un ou plusieurs agitateurs rapides peuvent être installés dans le puisard pour brasser les matières solides avant le prochain cycle de pompage et les évacuer de la station lors du pompage. En outre, ces groupes peuvent permettre d'éliminer ou d'éviter les couches de boues en surface. Les agitateurs doivent être mis en service avant le démarrage des pompes de vidange. Ils doivent brasser le puisard pendant environ 10 à 15 minutes, en fonction de sa taille, et s'arrêter juste avant la mise en service des pompes. Ainsi, les turbulences dans le puisard ne développent pas de vortex qui peuvent à leur tour avoir un effet négatif sur le fonctionnement des pompes. Le ou les agitateurs doivent être installés dans le poste de pompage de manière à ne pas entraver l'arrivée des eaux et rester accessibles pour l'entretien et les éventuelles réparations.

4. Positionnement de l'agitateur

Remarques générales

L'efficacité du brassage et le bon fonctionnement des agitateurs submersibles dépendent largement de leur positionnement.

L'implantation optimale de l'agitateur s'appuie toujours sur une analyse du système.
Il sera tenu compte de la forme et de la taille du bassin, des arrivées et sorties d'eau, des structures internes, des systèmes d'aération éventuels et du type d'agitateur utilisé.

Afin de garantir un brassage optimal du bassin, les agitateurs doivent être répartis uniformément ou symétriquement.

La figure 38 présente la simulation d'un bassin rectangulaire avec un agitateur (1 x 2 000 N / puissance absorbée 2,5 kW). La figure 39 montre le même bassin rectangulaire avec deux agitateurs (2 x 1 000 N / puissance absorbée 1,0 kW chacun).

En comparaison directe, la répartition plus homogène de la vitesse dans le bassin avec deux agitateurs est clairement visible. Le nombre et la taille des zones d'écoulement faible liées à la forme du bassin sont visiblement réduits.

En fonction de la taille et de la forme du bassin, un seul agitateur peut être suffisant pour obtenir le résultat souhaité. Néanmoins, l'augmentation du nombre d'agitateurs garantit en principe la redondance ainsi qu'un mélange plus homogène.
En particulier dans le bassin d'activation, l'augmentation du nombre d'agitateurs permet d'économiser de l'énergie.

Dans l'idéal, cela devrait être pris en compte dès la phase d'étude. Car la forme du bassin est le facteur qui permet d'économiser le plus d'énergie.

Ainsi, le positionnement de l'agitateur submersible a un impact considérable sur la qualité du brassage et le bon fonctionnement de l'agitateur, et donc de l'ensemble du système.
À cet égard, il convient de distinguer dans la gamme d'agitateurs encore les mélangeurs à petite hélice à vitesse rapide (KSB Amamix) des propulseurs à grande pale à vitesse lente (KSB Amaprop), en raison de leurs caractéristiques différentes.

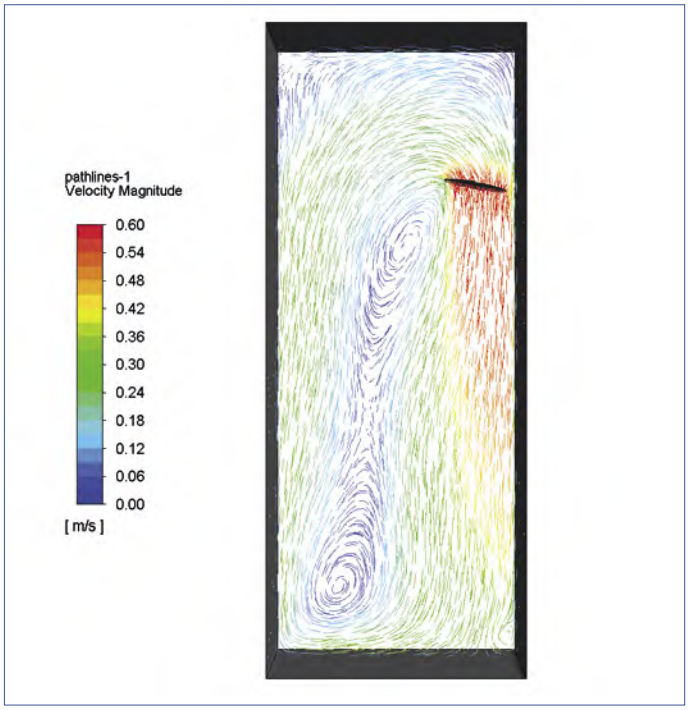


Fig. 38 : Bassin rectangulaire avec un agitateur

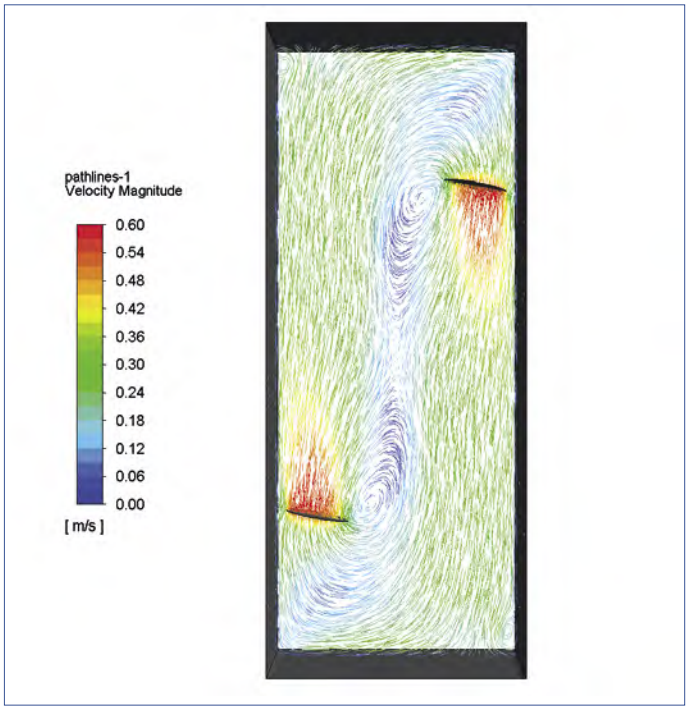


Fig. 39 : Bassin rectangulaire avec deux agitateurs

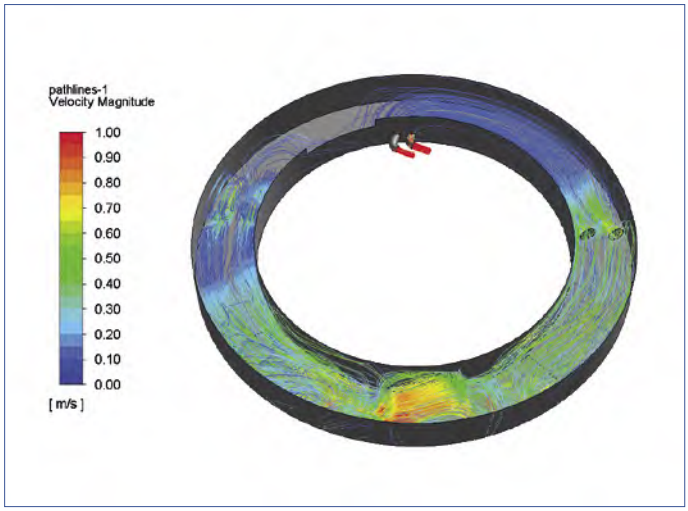


Fig. 40 : Bassin annulaire

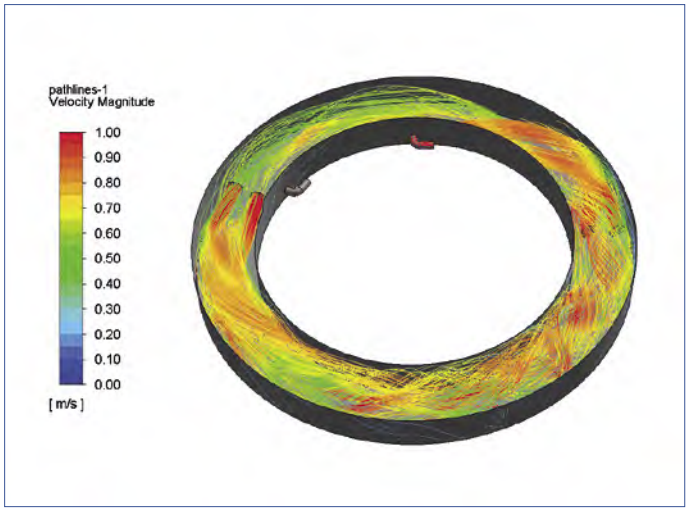


Fig. 41 : Bassin annulaire optimisé

Les accélérateurs d'écoulement à haut rendement se caractérisent par une grande hélice tournant à vitesse lente. Cette configuration génère un débit relativement important (de 0,8 à 5 m³/s en fonction du diamètre de l'hélice et de la vitesse de rotation) pour une vitesse de sortie relativement faible (de 0,4 à 0,8 m/s en fonction du diamètre de l'hélice et de la vitesse de rotation). En outre, le grand diamètre de l'hélice génére un bras de levier relativement grand sur l'arbre. En pratique, cela signifie que les propulseurs à haut rendement doivent aussi être positionnés avec le plus grand soin.

Les écoulements de cisaillement et/ou les turbulences élevées entraînent une sollicitation accrue du groupe, en raison de sa construction. Un positionnement défavorable peut donc avoir un effet négatif sur la qualité du brassage et sur la durée de vie des groupes mis en œuvre.

La figure 40 présente, à titre d'exemple, la simulation d'un bassin annulaire avec un fonctionnement simultané de quatre agitateurs, de deux pompes de recirculation et d'une aération de fond à fines bulles.

La figure illustre à la fois l'influence de la zone d'aération et l'influence des pompes de recirculation sur la vitesse d'écoulement. Il apparaît clairement qu'aucun écoulement circulaire ne s'installe du fait des pompes de recirculation mal positionnées et surdimensionnées.

La figure 41 présente la simulation du même bassin, à la différence que, contrairement à la première simulation, le débit des pompes de recirculation a été réduit et les pompes repositionnées. L'amélioration obtenue est clairement visible.

En outre, la poussée produite par ce type d'agitateur est beaucoup plus influencée par un éventuel écoulement par l'arrière, en raison de sa faible vitesse d'écoulement à la sortie de l'hélice. Cet aspect doit également être pris en compte selon le positionnement souhaité.

Les agitateurs à entraînement direct équipés d'une petite hélice à vitesse rapide se caractérisent par un débit relativement faible (de 0,06 à 1,2 m³/s en fonction du diamètre de l'hélice et de la vitesse de rotation), pour une vitesse d'écoulement relativement élevée à la sortie de l'hélice (2 à 2,5 m/s).
Grâce à l'hélice relativement petite, ce type d'agitateur est nettement moins sensible à un positionnement défavorable. Cependant, un mauvais positionnement entraîne une charge accrue sur les accessoires de guidage.

Pour les raisons mentionnées ci-dessus, il est donc nécessaire de prendre en compte le positionnement des agitateurs dès la première phase d'étude et de considérer le rapport entre la forme et la taille du bassin, l'aération et l'agitateur comme une unité fonctionnelle dont les composants interagissent les uns avec les autres (DIN 19596-3). En fonction de la géométrie de bassin envisagée, il est nécessaire de prévoir les ouvertures de montage et d'entretien, ainsi que les plateformes et passerelles nécessaires. En cas de niveau de remplissage important, il est nécessaire de protéger les barres de guidage contre les vibrations au moyen de fixation à mi-hauteur.

Les recommandations de positionnement suivantes servent, d'une part, à produire une mise en écoulement optimale et, d'autre part, à maximiser la durée de vie des groupes.

Modes d'installation dans les bassins

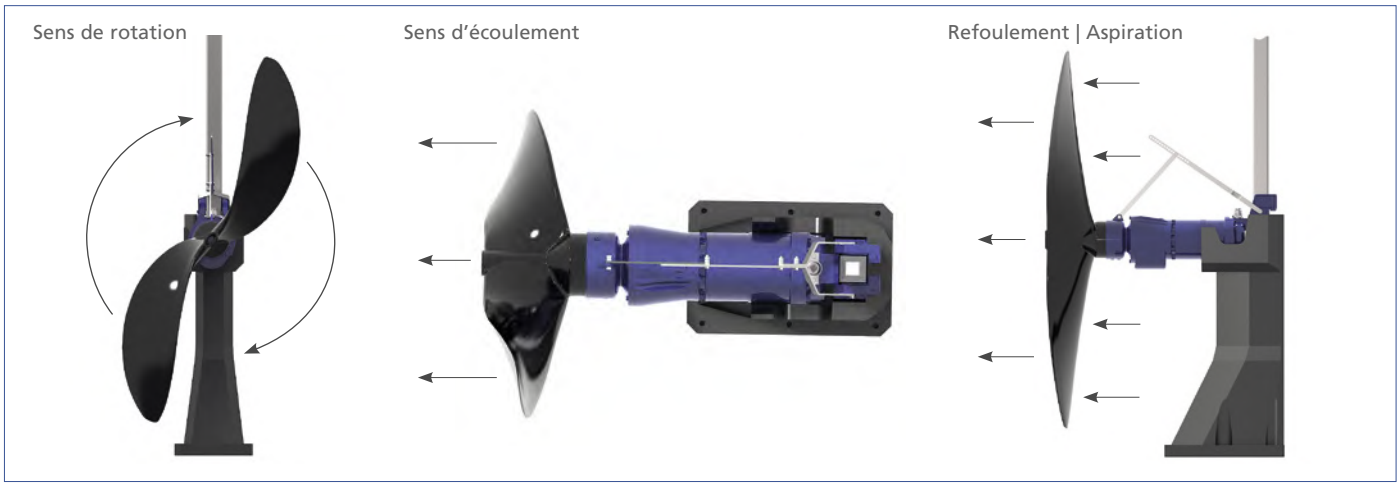


Fig. 42 : Sens de rotation et sens d'écoulement

Bassins ronds

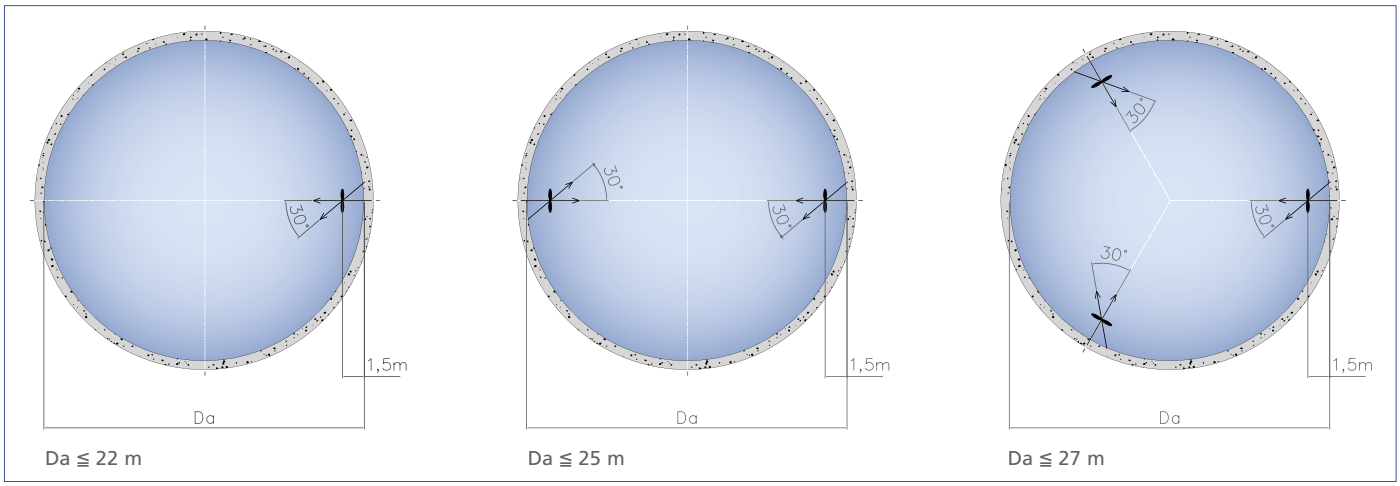


Fig. 43 : Bassin rond | Positionnement traditionnel

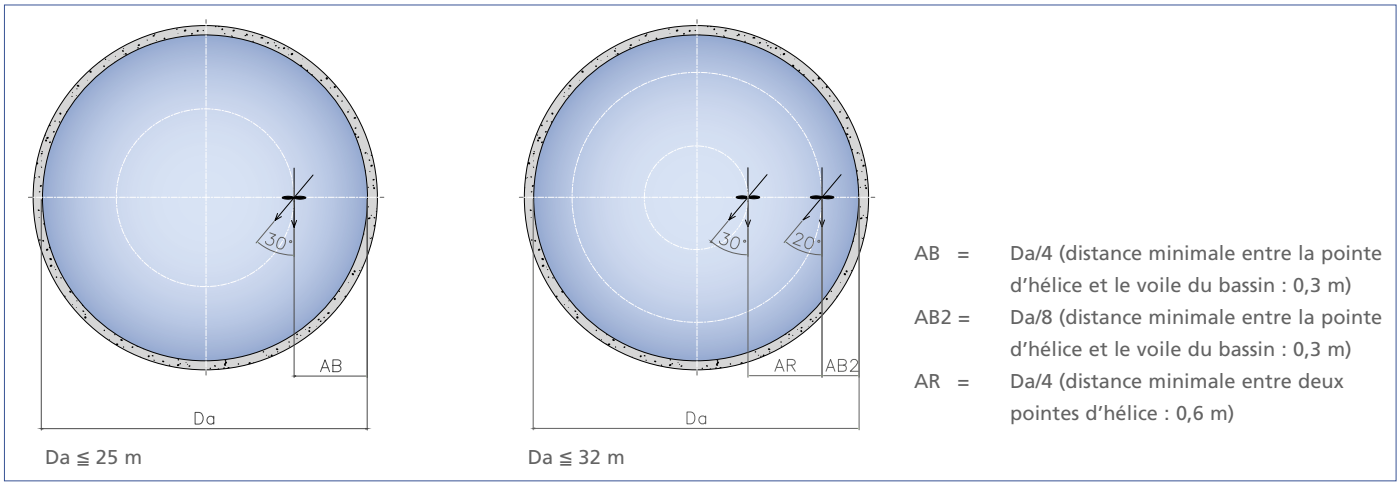
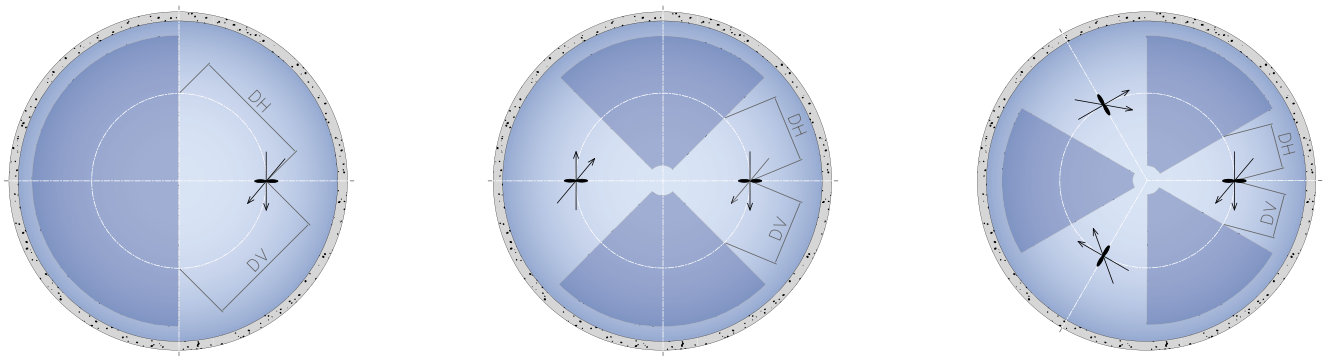
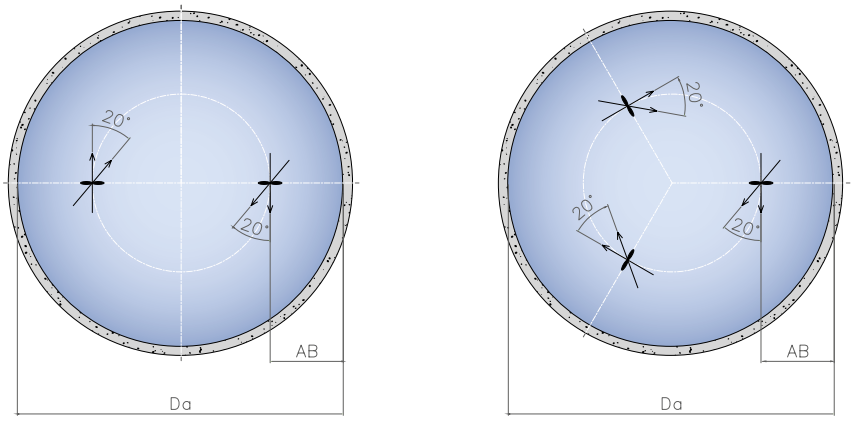


Fig. 44 : Bassin rond | Positionnement traditionnel



DV ≧ DH
DV ≧ 10 m
DH ≧ 8 m

Fig. 45 : Bassin rond | Positionnement des zones d'aération pour montage sur passerelle



Da ≦ 38 m

Da ≦ 42 m

AB = Da/4 (distance minimale entre la pointe d'hélice et le voile du bassin : 0,6 m)
AB2 = Da/8 (distance minimale entre la pointe d'hélice et le voile du bassin : 0,6 m)
AR = Da/4 (distance minimale entre deux points d'hélice : 0,6 m)

Fig. 46 : Bassin rond | Positionnement des zones d'aération pour montage sur passerelle

AB – Distance par rapport au voile du bassin
AB2 – Distance par rapport au voile du bassin en cas d'installation sur passerelle
W – Largeur de chenal
Da – Diamètre du bassin / diamètre extérieur de l'anneau
Di – Diamètre du bassin intérieur / diamètre de la zone centrale
AR – Distance entre deux agitateurs en cas d'installation sur passerelle. Pointe d'hélice à pointe d'hélice
DV – Distance de sécurité avale par rapport à la zone d'aération pour les implantations sur passerelle
DH – Distance de sécurité amont par rapport à la zone d'aération pour les implantations sur passerelle

Les distances de sécurité / distances minimales indiquées doivent impérativement être respectées pour l'implantation des propulseurs.

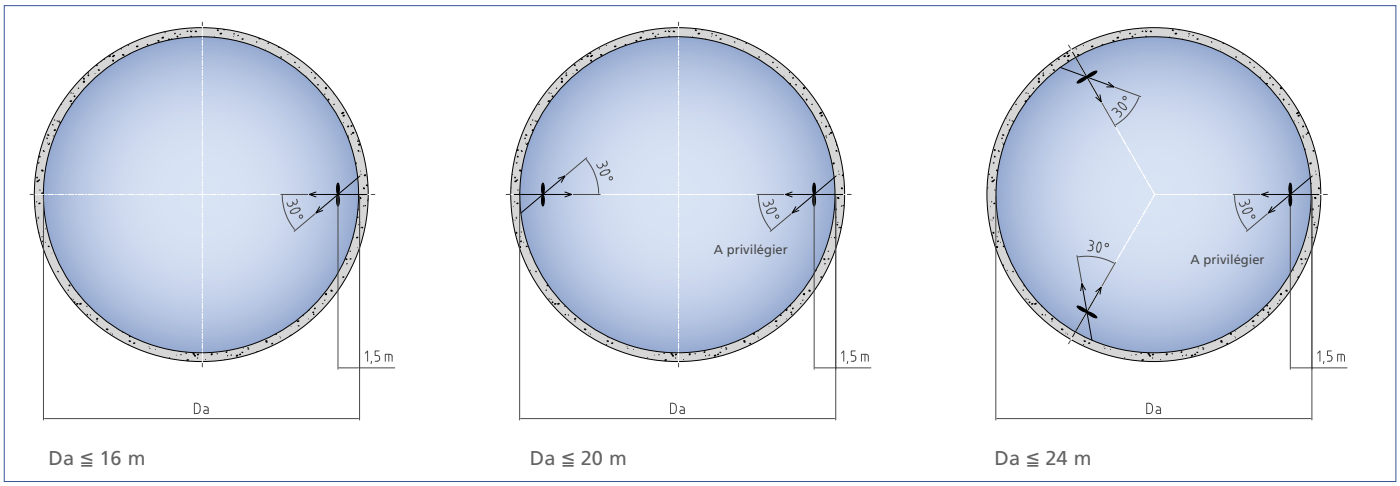


Fig. 47 : Bassin rond | Bassin de stockage de boues (teneur en matière sèche max. 8 % sans polymères)

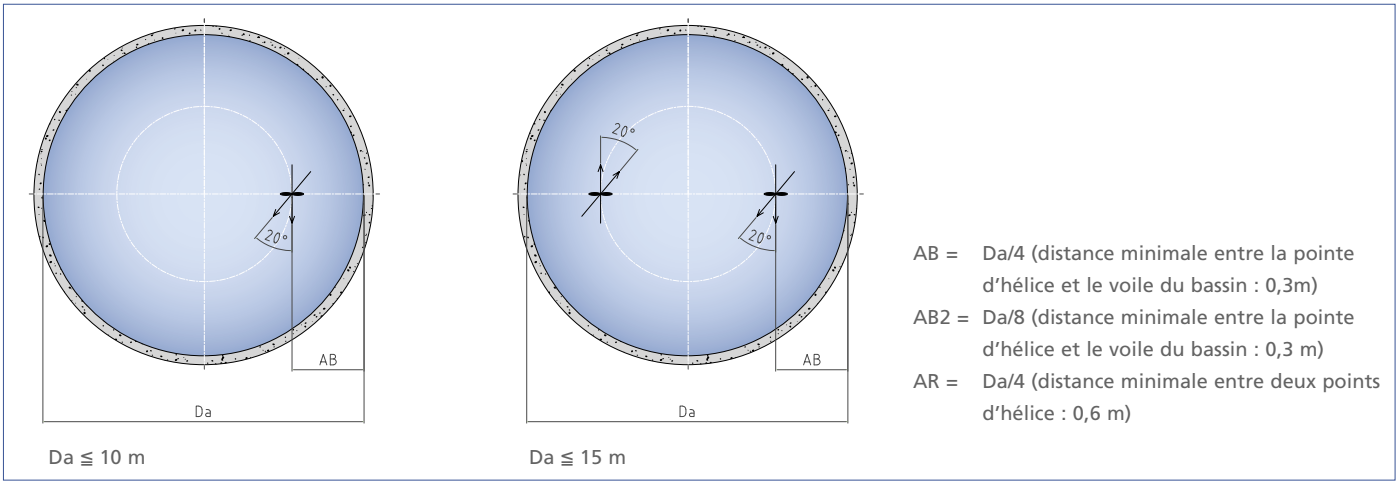


Fig. 48 : Bassin rond | Bassin d'orage (la vidange s'effectue au centre du bassin)

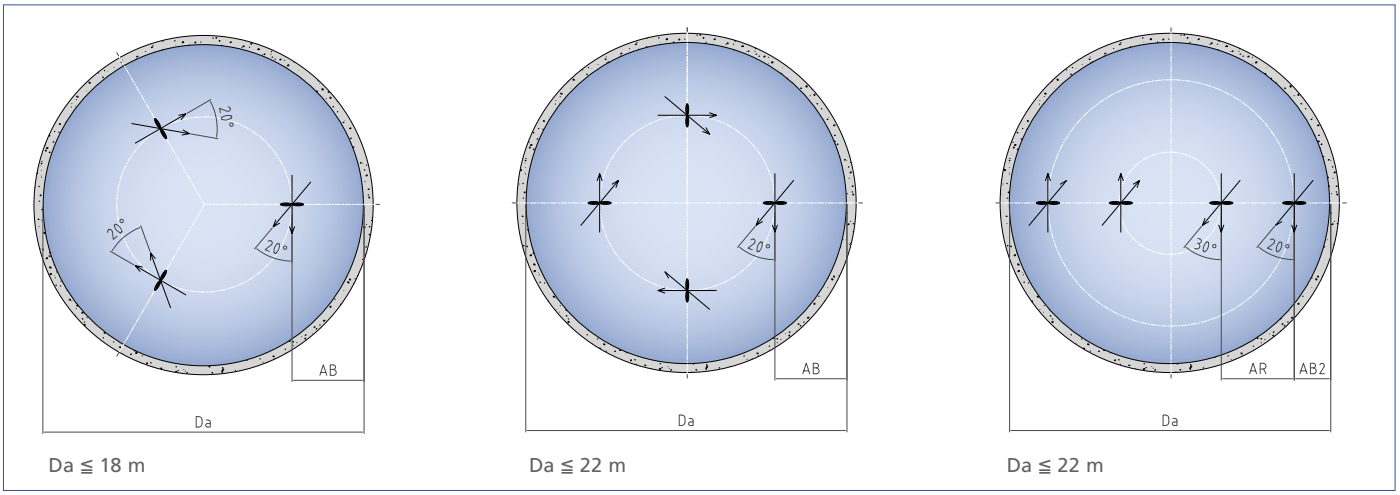
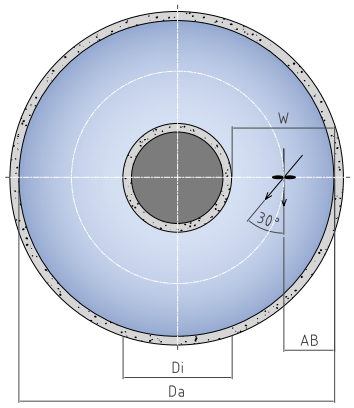
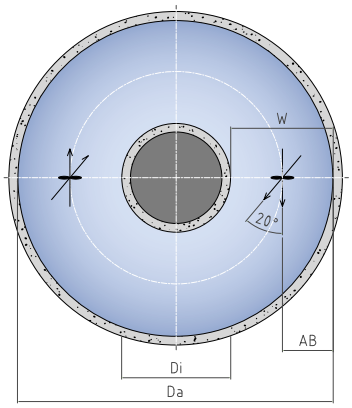


Fig. 49 : Bassin rond | Bassin d'orage (la vidange s'effectue au centre du bassin)

Bassin annulaire



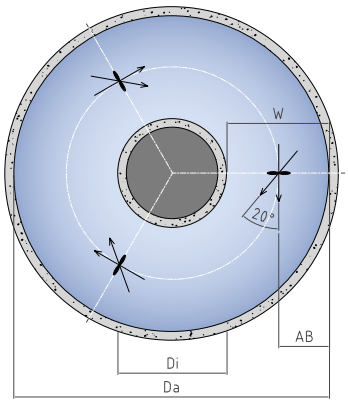
Da ≦ 10 m



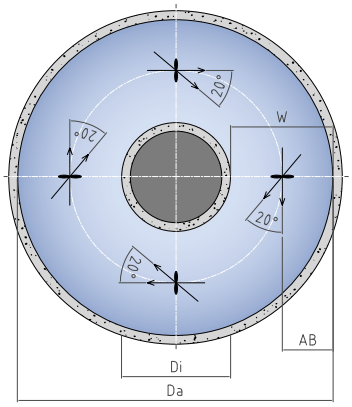
Da ≦ 15 m

W = (Da-Di) / 2
AB = W/2 (distance minimale entre la pointe d'hélice et le voile du bassin : 0,3 m)
AB2 = W/4 (distance minimale entre la pointe d'hélice et le voile du bassin : 0,3 m)
AR = W/2 (distance minimale entre deux pointes d'hélice : 0,6 m)
Di = mini 0,05 x Da (sinon bassin rond)

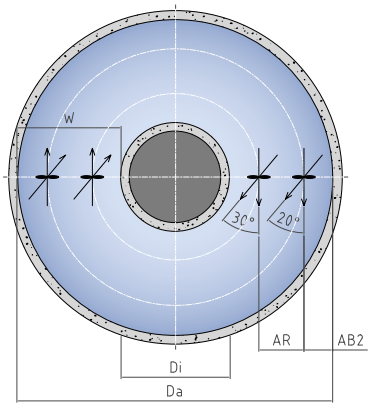
Fig. 50 : Bassin annulaire | Bassin d'orage (le pompage s'effectue par un canal collecteur autour de la structure centrale)



Da ≦ 18 m



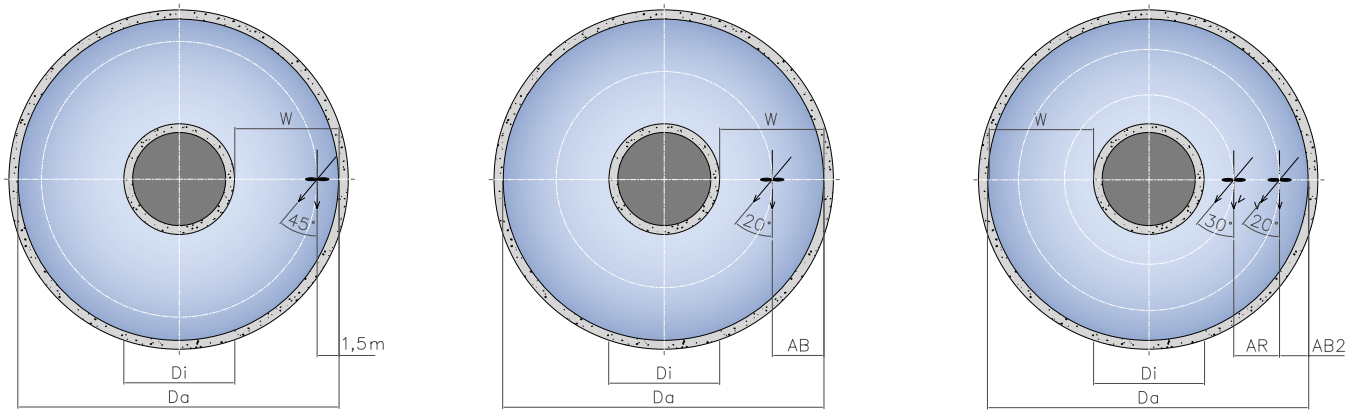
Da ≦ 22 m



Da ≦ 22 m

W = (Da-Di) / 2
AB = W/2 (distance minimale entre la pointe d'hélice et le voile du bassin : 0,3 m)
Di = mini 0,05 x Da (sinon bassin rond)

Fig. 51 : Bassin annulaire



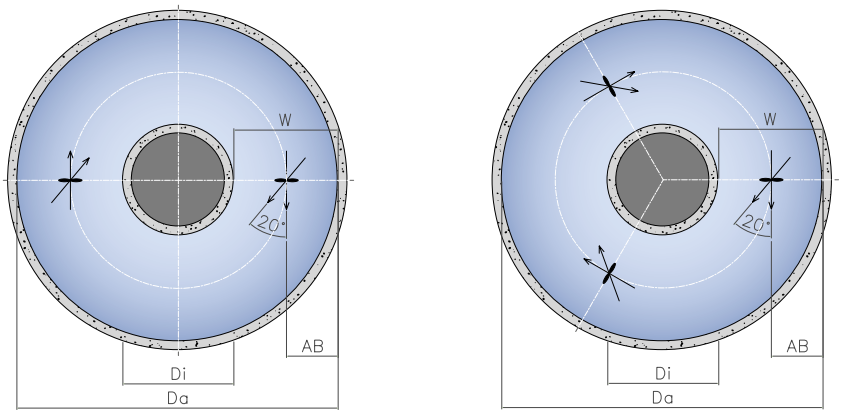
Da ≦ 15 m

Da ≦ 22 m

Da ≦ 27 m

W = (Da-Di)/2
AB = W/2 (distance minimale entre la pointe d'hélice et le voile du bassin : 0,3 m)
AB2 = W/4 (distance minimale entre la pointe d'hélice et le voile du bassin : 0,3 m)
AR = W/2 (distance minimale entre deux pointes d'hélice : 0,3 m)
Di > 0,05 x Da (sinon bassin rond)

Fig. 52 : Bassin annulaire | Positionnement traditionnel



Da > 22 m < 39 m

Da > 39 m < 45 m

W = (Da-Di)/2
AB = W/2 (distance minimale entre la pointe d'hélice et le voile béton : 0,6 m)
Di > 0,05 x Da (sinon bassin rond)

Fig. 53 : Bassin annulaire

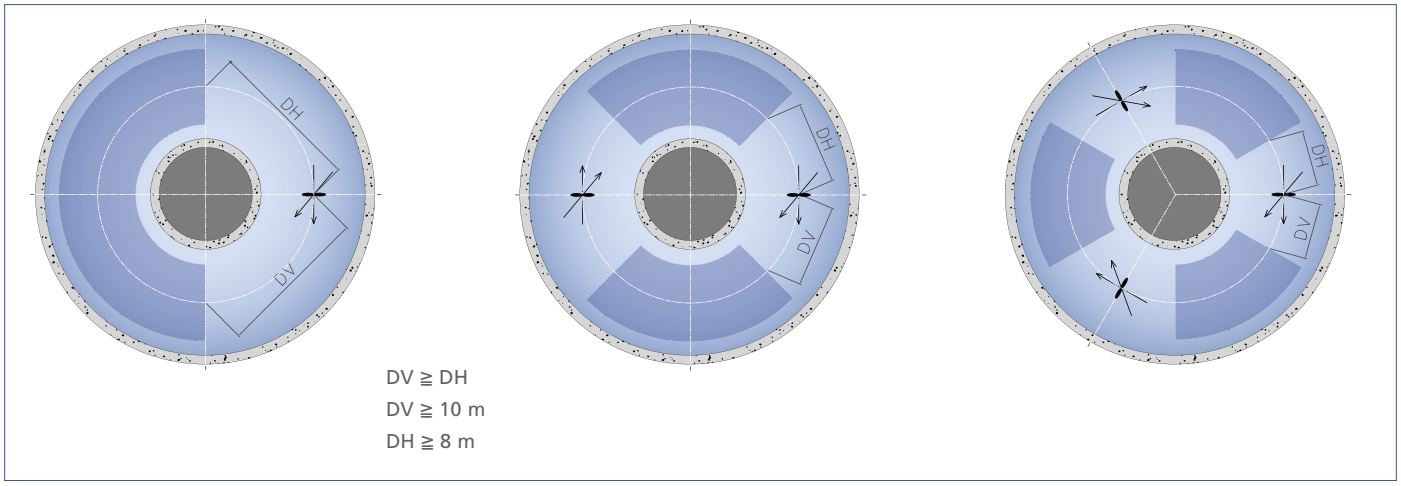
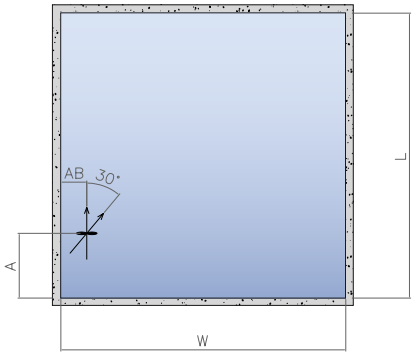


Fig. 54 : Bassin annulaire | Positionnement des zones d'aération par rapport aux implantations sur passerelle

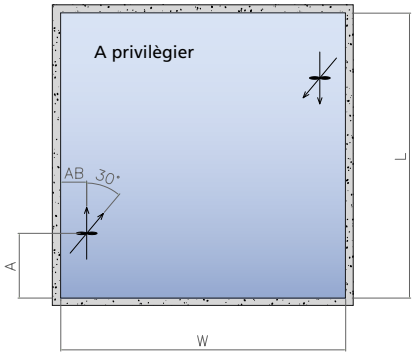
AB – Distance par rapport à la paroi latérale du bassin
AB2 – Distance par rapport à la paroi latérale du bassin en cas d'installation en parallèle
W – Largeur de chenal
Da – Diamètre du bassin / diamètre extérieur de l'anneau
Di – Diamètre du bassin intérieur / diamètre zone centrale
AR – Distance entre les agitateurs en cas d'installation sur passerelle. Pointe d'hélice à pointe d'hélice
DV – Distance de sécurité avale par rapport à la zone d'aération pour les implantations sur passerelle
DH – Distance de sécurité amont par rapport à la zone d'aération pour les implantations sur passerelle

Les distances de sécurité / distances minimales indiquées doivent impérativement être respectées pour l'implantation des propulseurs.

Bassin carré



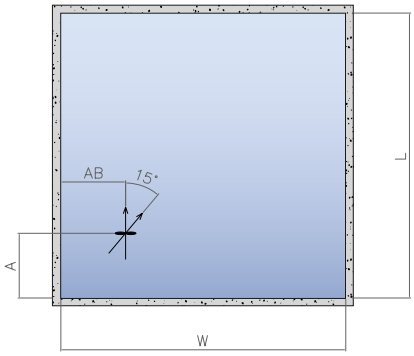
L ≦ 20 m



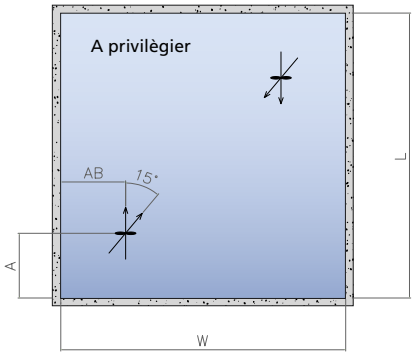
L ≦ 24 m

A = L/6 à L/3 (distance minimale par rapport au voile avant : 2 x diamètre de l'hélice)
AB = 1,5 m (distance minimale entre la pointe d'hélice et le voile du bassin : 0,3 m)
L = W

Fig. 55 : Bassin carré | Positionnement traditionnel



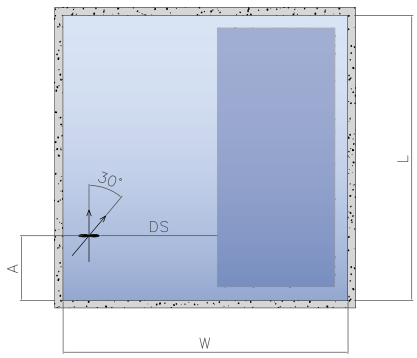
L > 20 m ≦ 24 m



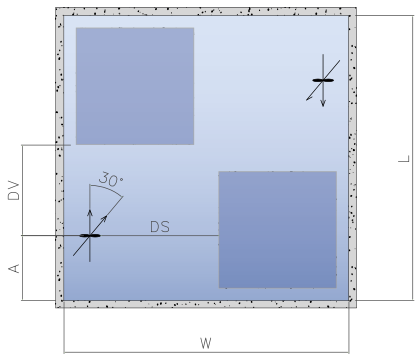
L > 24 m ≦ 28 m

A = L/6 à L/3 (distance minimale par rapport à la paroi avant : 2 x diamètre de l'hélice)
AB = L/4
L = W

Fig. 56 : Bassin carré



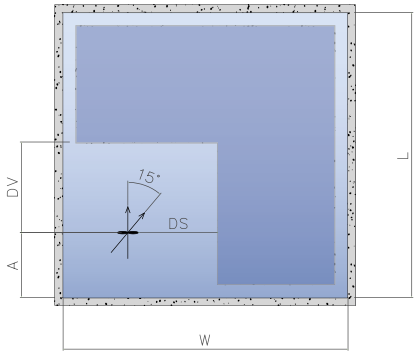
L ≦ 20 m



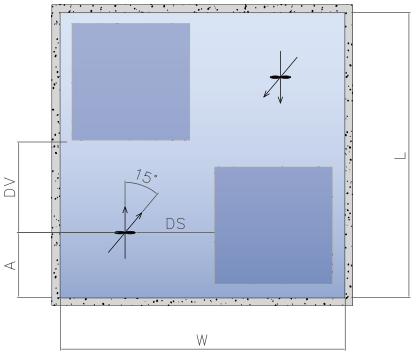
L ≦ 24 m

A = L/6 à L/4 (distance minimale par rapport au voile avant : 2 x diamètre de l'hélice)
DV = 7,5 m
DS ≧ 2 x diamètre de l'hélice

Fig. 57 : Bassin carré | Positionnement des zones d'aération par rapport aux implantations sur passerelle



L > 20 m ≦ 24 m



L > 24 m ≦ 28 m

A = L/6 à L/4 (distance minimale par rapport au voile avant : 2 x diamètre de l'hélice)
DV = 7,5 m
DS ≧ 2 x diamètre de l'hélice

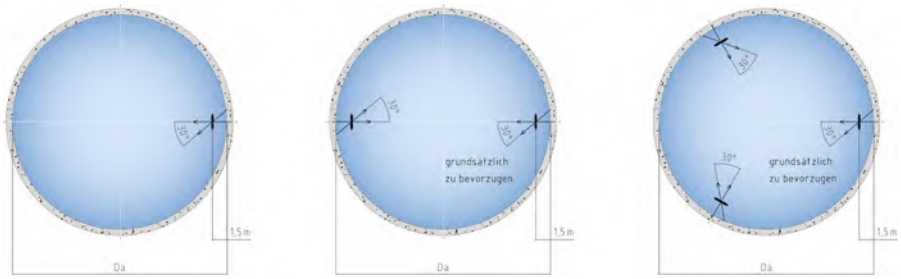
Fig. 58 : Bassin carré | Positionnement des zones d'aération par rapport aux implantations sur passerelle

A – Distance de sécurité amont par rapport à la paroi du bassin
AB – Distance par rapport au voile du bassin
B1 – Distance entre deux agitateurs installés en série

W – Largeur de bassin
L – Longueur du bassin

DS – Distance latérale de sécurité par rapport à la zone d'aération pour montage sur passerelle
DV – Distance avale de sécurité par rapport à la zone d'aération pour montage sur passerelle
DH – Distance amont de sécurité par rapport à la zone d'aération pour montage sur passerelle

Les distances de sécurité / distances minimales indiquées doivent impérativement être respectées pour l'implantation des agitateurs.

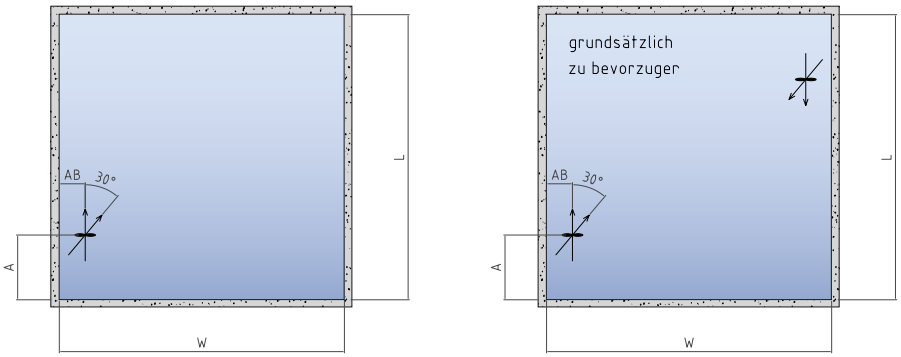


L ≦ 8 m

L ≦ 12 m

A = L/6 à L/3 (distance minimale par rapport au voile avant : 2 x diamètre de l'hélice)
AB = L/4
L = W

Fig. 59 : Bassin carré | Bassin d'orage (le pompage s'effectue au centre du bassin)



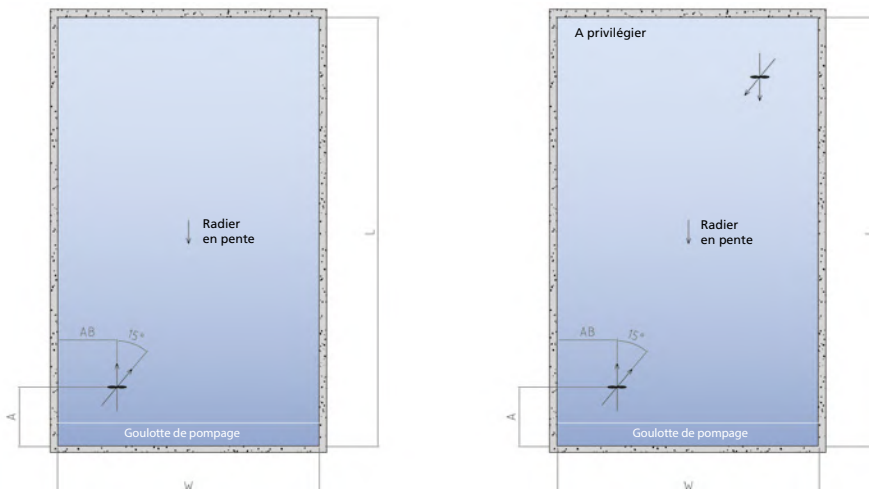
L ≦ 16 m

L ≦ 20 m

A = L/6 à L/3 (distance minimale par rapport au voile avant : 2 x diamètre de l'hélice)
AB = 1,5 m (distance minimale entre la pointe d'hélice et le voile du bassin : 0,3 m)
L = W

Fig. 60 : Bassin carré | Bassin de stockage de boues (teneur en matière sèche max. 8 % sans

Bassin rectangulaire

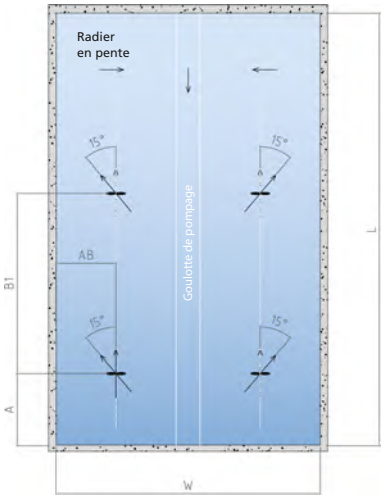


L/W ≦ 2 - W ≦ 6

L/W ≦ 2 - W ≦ 8

A = L/6 à L/4 (distance minimale par rapport au voile avant : 2 x diamètre de l'hélice)
AB = W / 4

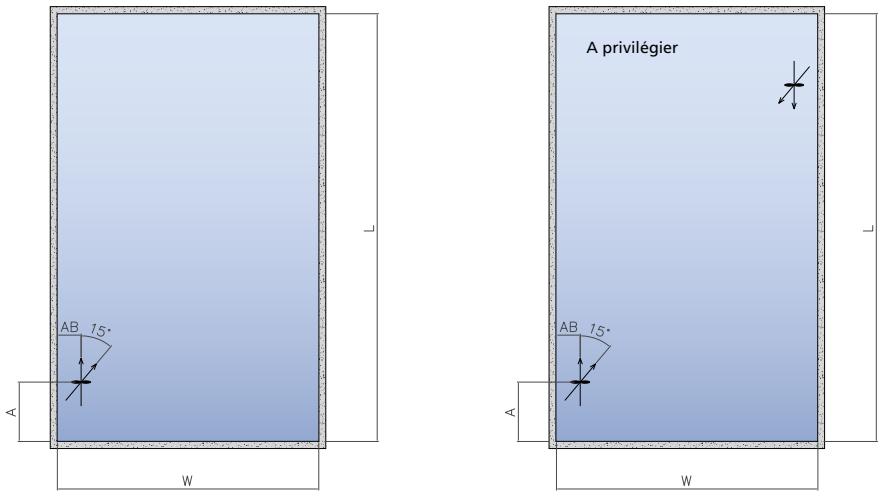
Fig. 61 : Bassin rectangulaire | Bassin d'orage Installation type support 6



L/W > 2,5
W ≦ 18

A = L/6 à L/4 (distance minimale par rapport au voile avant : 2 x diamètre de l'hélice)
B1 = (L-A) divisé par le nombre d'agitateurs
AB = W/4

Fig. 62 : Bassin rectangulaire | Bassin d'orage Installation type support 6

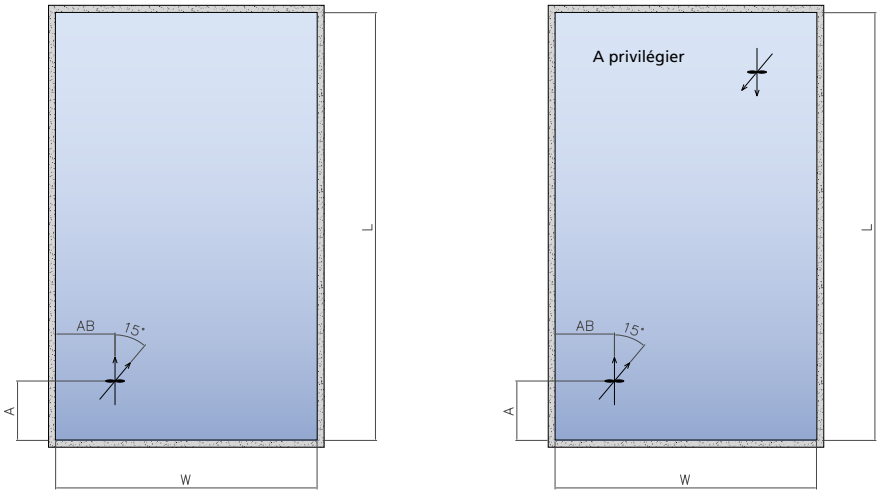


L/W ≦ 2,5 - W ≦ 15

L/W ≦ 2,5 - W ≦ 20

A = L/6 à L/4 (distance minimale par rapport au voile avant : 2 x diamètre de l'hélice)
AB = 1,5 m (distance minimale entre la pointe d'hélice et le voile du bassin : 0,3 m)

Fig. 63 : Bassin rectangulaire | Positionnement traditionnel

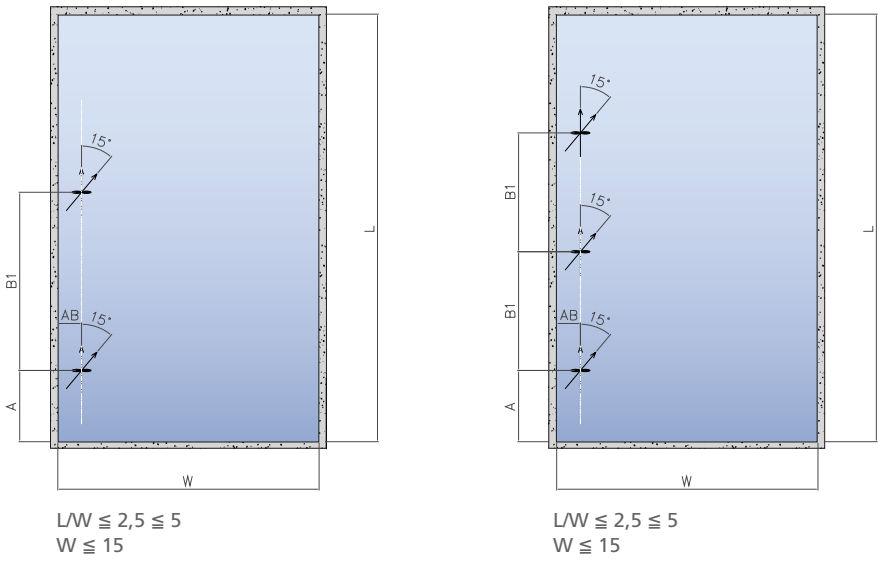


L/W ≦ 2 - W ≦ 18

L/W ≦ 2 - W ≦ 25

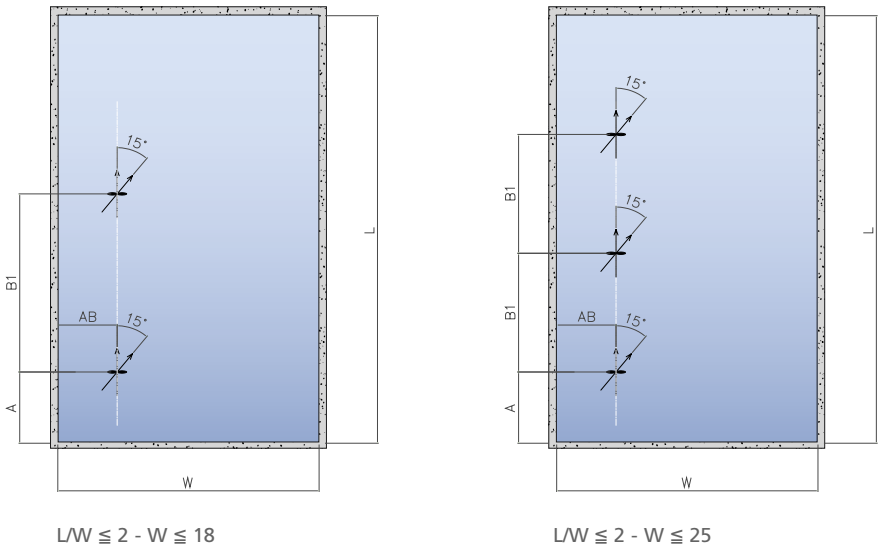
A = L/6 à L/4 (distance minimale par rapport au voile avant : 2 x diamètre de l'hélice)
AB = W/4

Fig. 64 : Bassin rectangulaire



A = de L/6 à L/4 (distance minimale par rapport au voile avant : 2 x diamètre de l'hélice)
B1 = (L-A) divisé par le nombre d'agitateurs
AB = 1,5 m (distance minimale entre la pointe d'hélice et le voile du bassin : 0,3 m)

Fig. 65 : Bassin rectangulaire | Positionnement traditionnel



A = de L/6 à L/4 (distance minimale par rapport au voile avant : 2 x diamètre de l'hélice)
B1 = (L-A) divisé par le nombre d'agitateurs
AB = W/4

Fig. 66 : Bassin rectangulaire

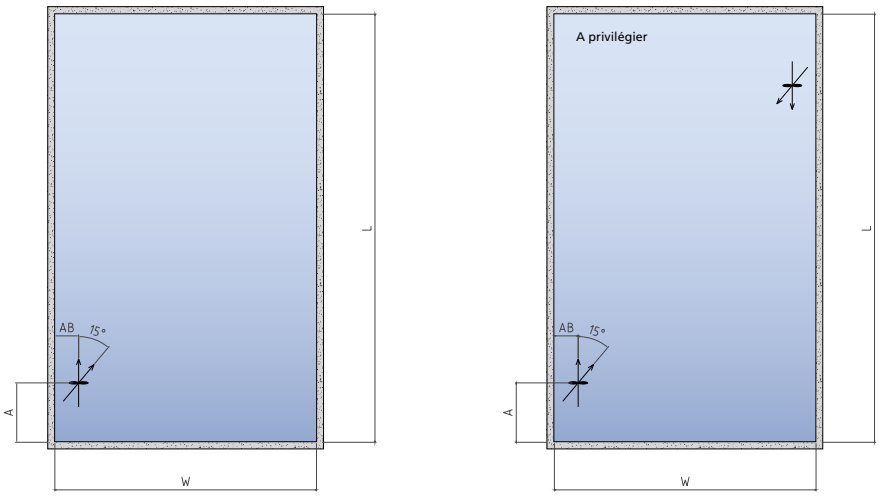
A – Distance de sécurité amont par rapport au voile du bassin
AB – Distance par rapport au voile latérale du bassin
B1 – Distance entre deux agitateurs installés en série
Les distances de sécurité / distances minimales indiquées doivent impérativement être respectées pour l'implantation des agitateurs.

W – Largeur de bassin
L – Longueur du bassin

DS – Distance latérale de sécurité par rapport à la zone d'aération pour montage sur passerelle

DV – Distance avale de sécurité par rapport à la zone d'aération pour montage sur passerelle
DH – Distance amont de sécurité par rapport à la zone d'aération pour montage sur passerelle

Les distances de sécurité / distances minimales indiquées doivent impérativement être respectées pour l'implantation des agitateurs.

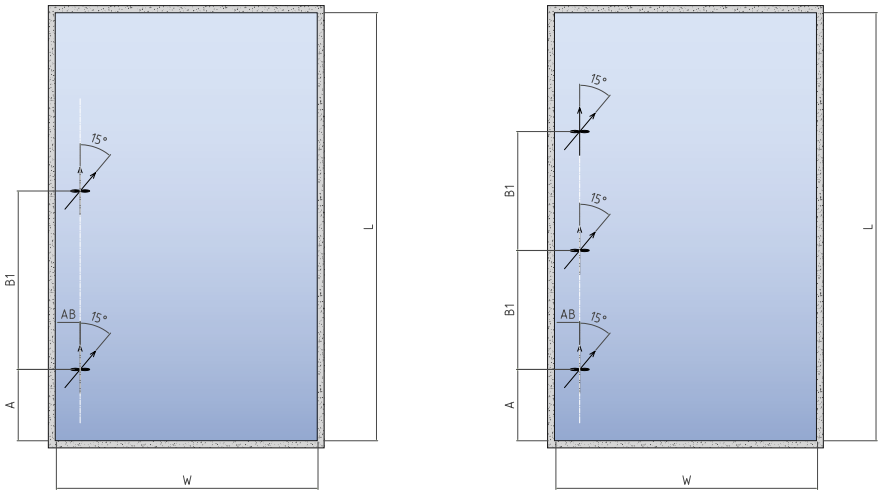


L/W ≦ 2,5 - W ≦ 8

L/W ≦ 2,5 - W ≦ 10

A = de L/6 à L/4 (distance minimale par rapport au voile avant : 2 x diamètre de l'hélice)
AB = 1,5 m (distance minimale entre la pointe d'hélice et le voile du bassin : 0,3 m)

Fig. 67 : Bassin rectangulaire | Bassin de stockage de boues (teneur en matière sèche max. 8 % sans polymères)

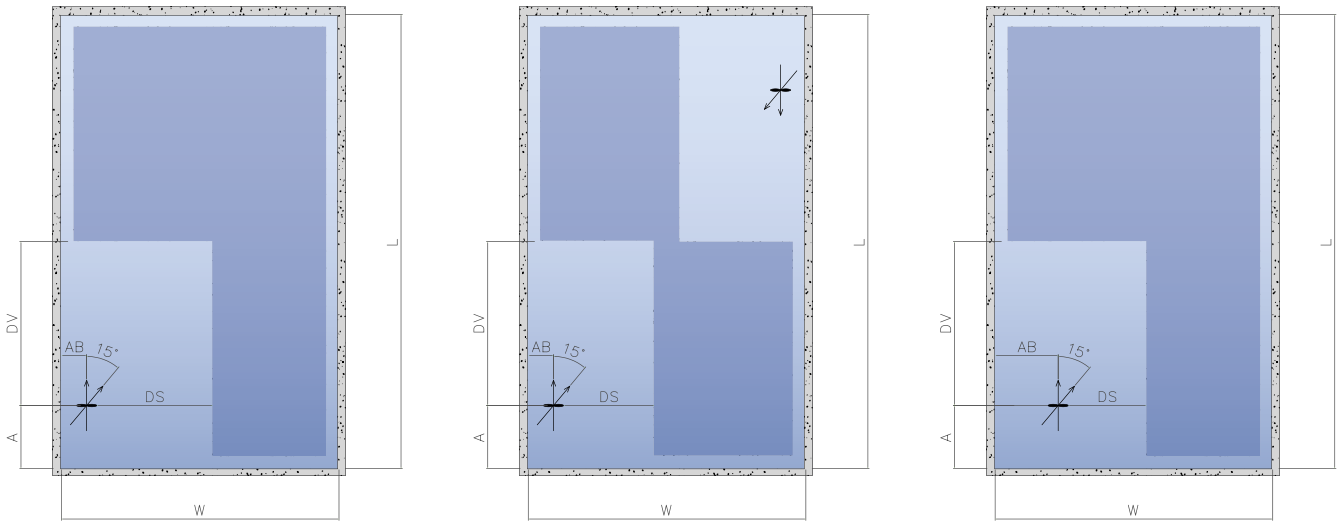


L/W > 2,5 ≦ 5
W ≦ 6

L/W > 5 ≦ 7,5
W ≦ 6

A = de L/6 à L/4 (distance minimale par rapport au voile avant : 2 x diamètre de l'hélice)
B1 = (L-A) divisé par le nombre d'agitateurs
AB = 1,5 m (distance minimale entre la pointe d'hélice et le voile du bassin : 0,6 m)

Fig. 68 : Bassin rectangulaire | Bassin de stockage de boues (teneur en matière sèche max. 8 % sans polymères)



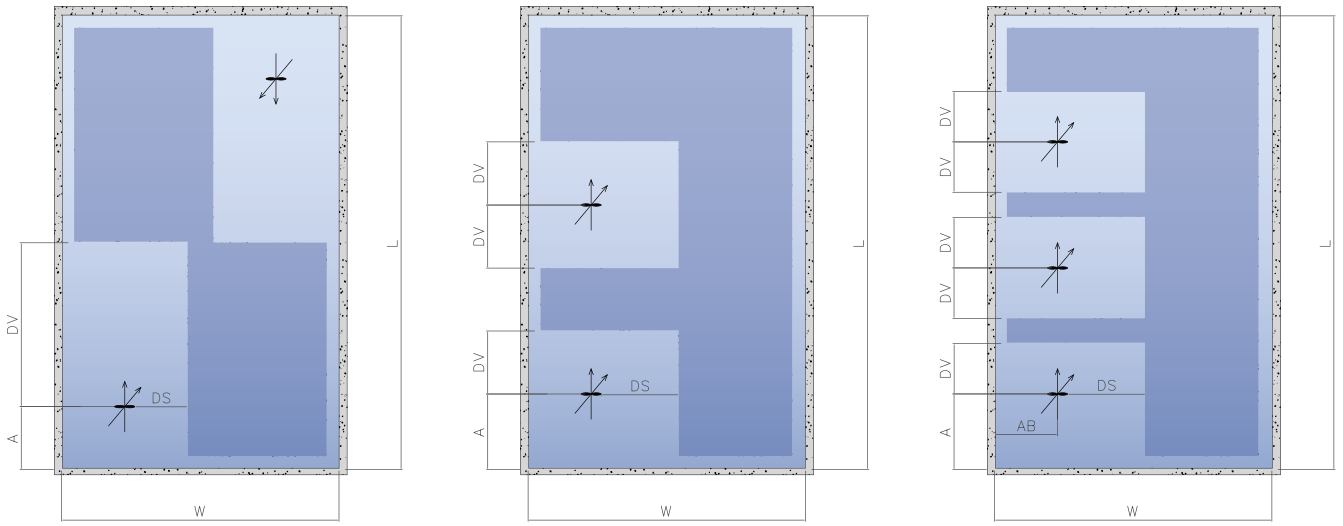
L/W ≦ 2,5 - W ≦ 15

L/W ≦ 2,5 - W ≦ 20

L/W ≦ 2,5 - W ≦ 18

DV = 7,5 m
DS = 2 x diamètre de l'hélice
A = de L/6 à L/4 (distance minimale par rapport au voile avant : 2 x diamètre de l'hélice)

Fig. 69 : Bassin rectangulaire | Positionnement des zones d'aération par rapport aux implantations sur passerelle



L/W ≦ 2 - W ≦ 25

L/W ≦ 2,5 ≦ 5
W ≦ 15

L/W ≦ 2,5 ≦ 5
W ≦ 15

DV = 7,5 m
DS = 2 x diamètre de l'hélice
A = de L/6 à L/4 (distance minimale par rapport au voile avant : 2 x diamètre de l'hélice)

Fig. 70 : Bassin rectangulaire | Positionnement des zones d'aération par rapport aux implantations sur passerelle

Bassin de circulation type hippodrome

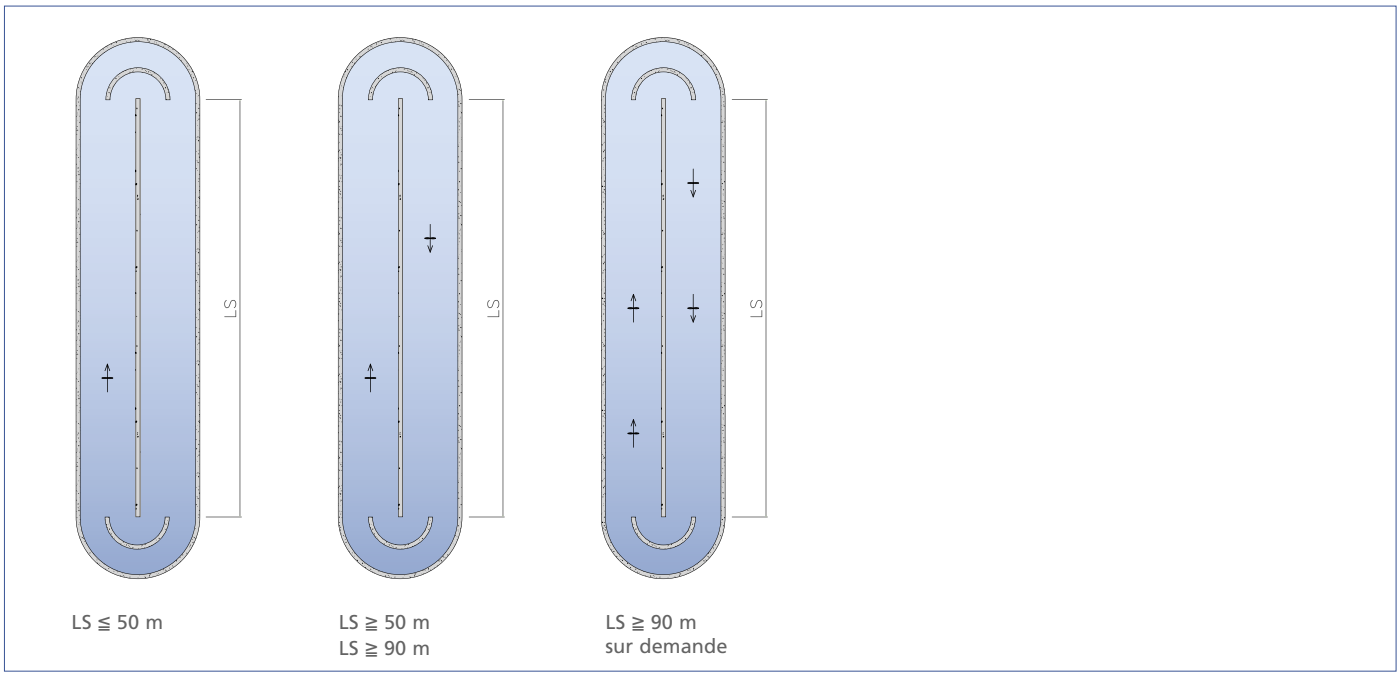


Fig. 71 : Bassin de circulation | Nombre de points d'installation d'agitateurs

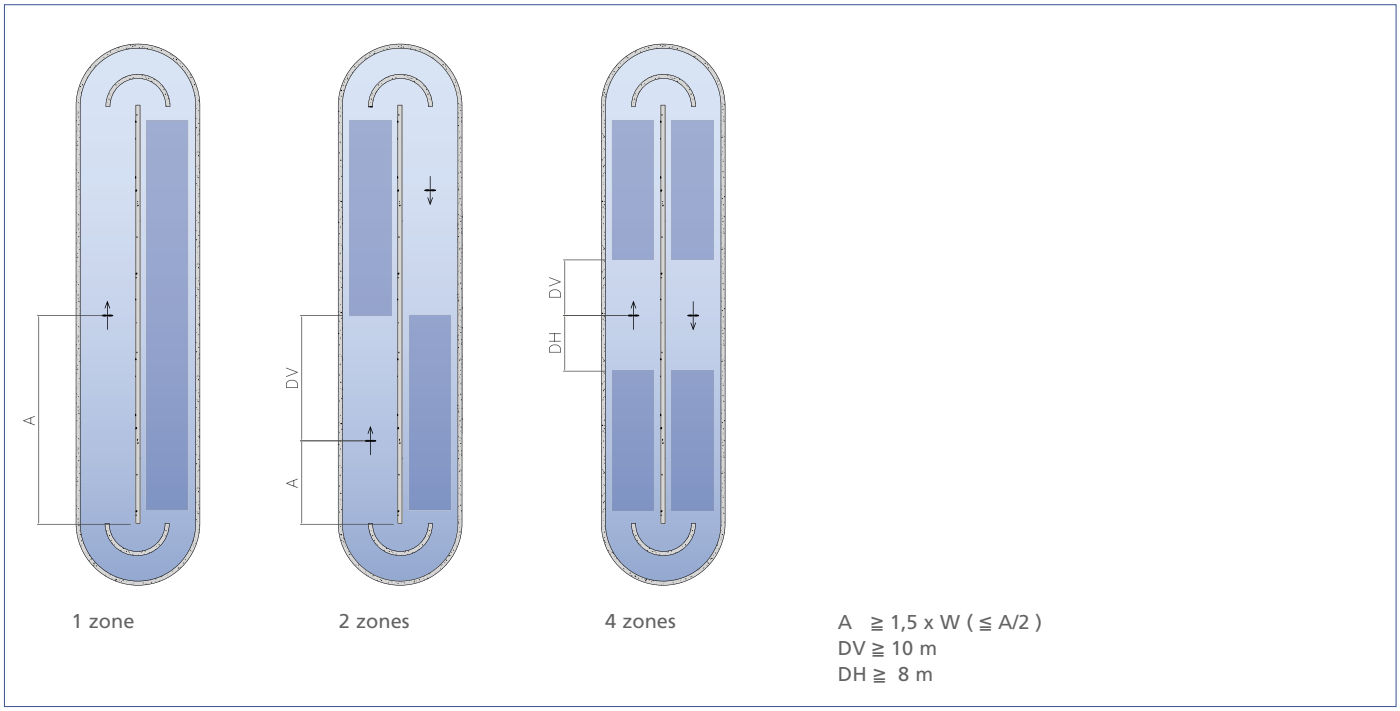
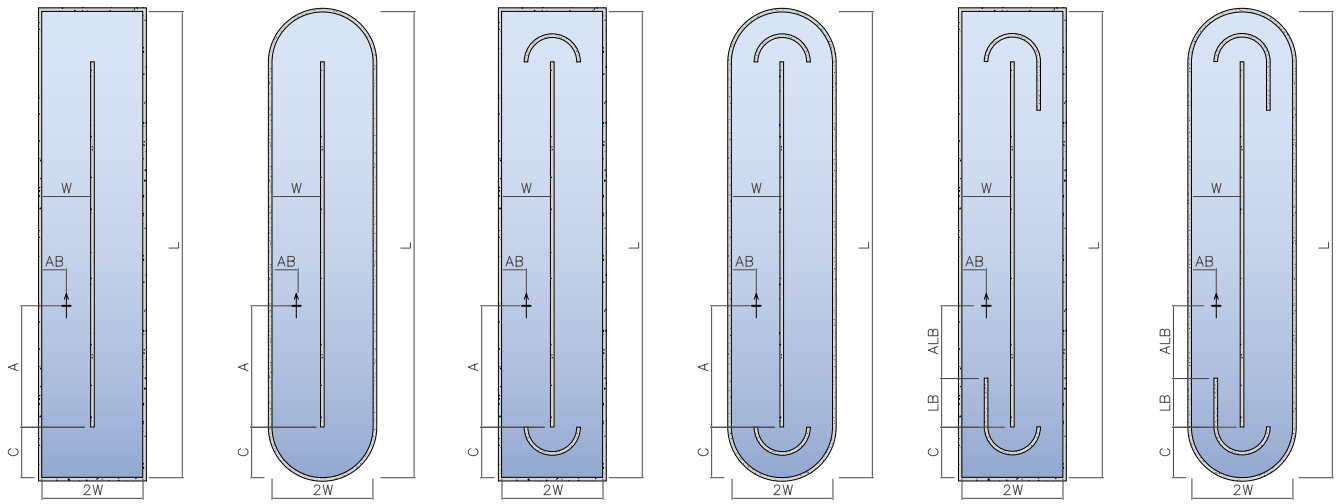


Fig. 72 : Bassin de circulation | Positionnement des zones d'aération par rapport aux implantations sur passerelle



A ≧ 1,5 x W (≦ A/2)
AB = W/2 (distance minimale entre la pointe d'hélice et le voile du bassin : 0,3 m)
LB ≧ W
ALB ≧ 1 x W
C = W

AW2 = W/4 (distance minimale entre la pointe d'hélice et le voile du bassin : 0,3 m)
AR2 = W/2 (distance minimale entre la pointe d'hélice et le voile du bassin : 0,6 m)
AW3 = W/6 (distance minimale entre la pointe d'hélice et le voile du bassin : 0,3 m)
AR3 = AW3 (distance minimale entre la pointe d'hélice et le voile du bassin : 0,6 m)

Fig. 73 : Bassin de circulation type hippodrome | Traditionnel

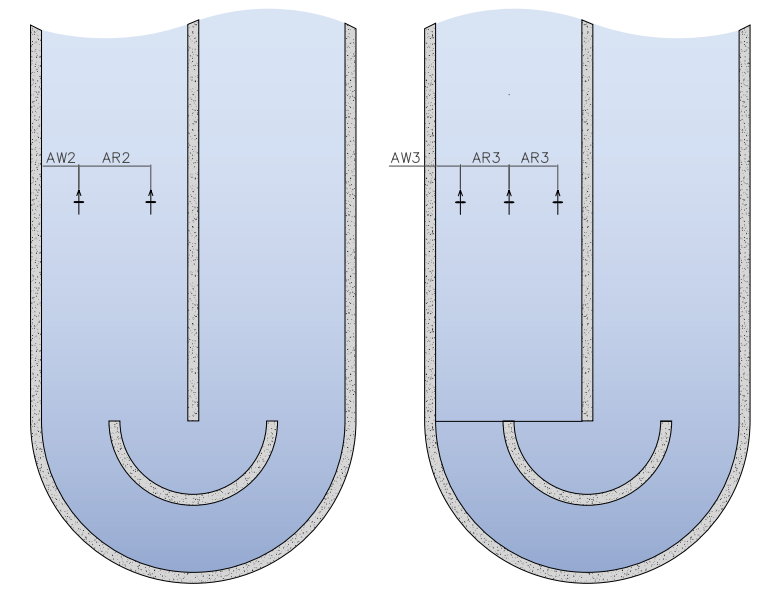
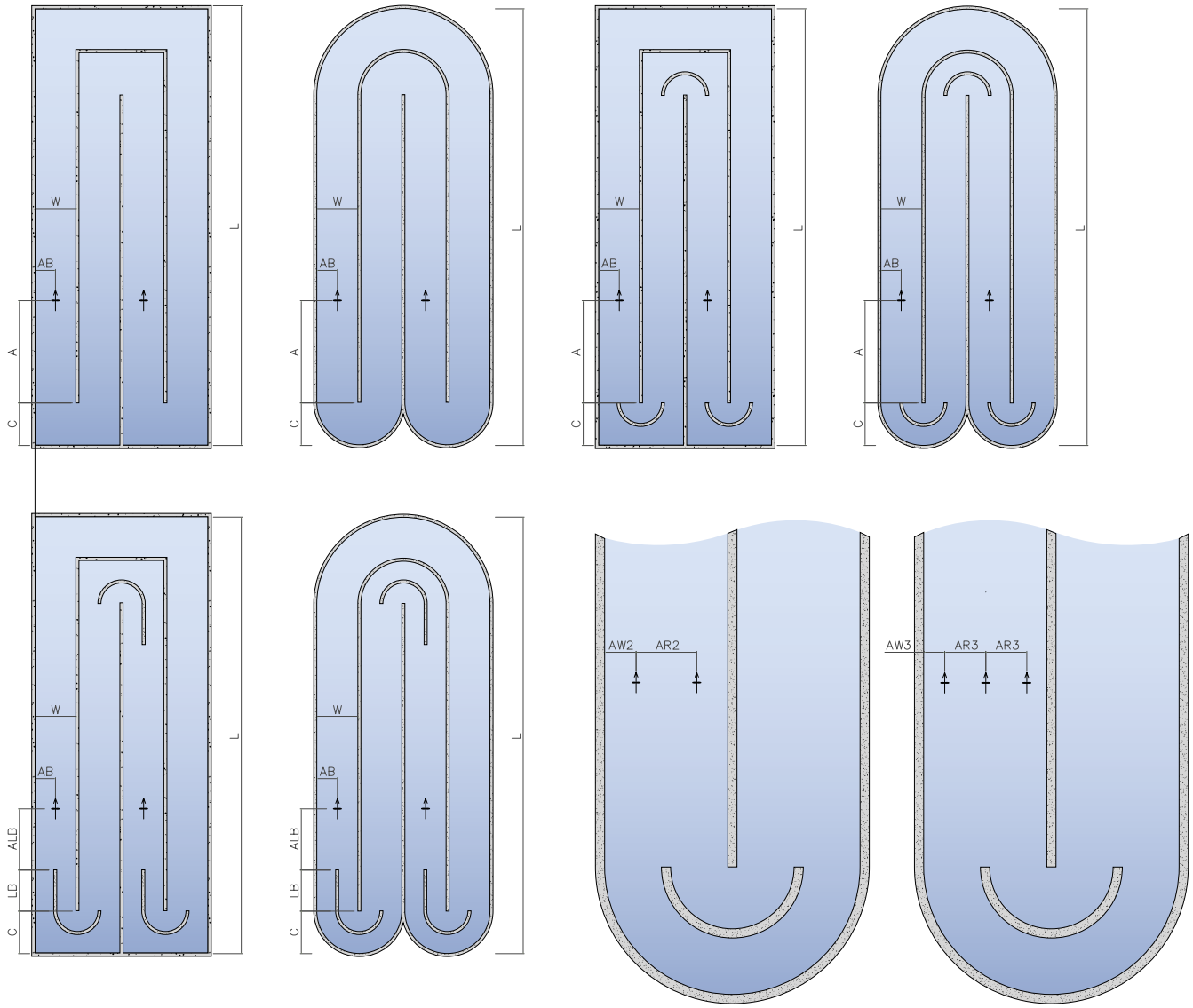


Fig. 74 : Bassin de circulation type hippodrome

Bassin à écoulement sinueux



A ≧ 1,5 x W (≦ A/2)
AB = W/2 (distance minimale entre l'extrémité de l'aube et la paroi du bassin : 0,3m)
LB ≧ W
ALB ≧ 1 x W
C = W

AW2 = W/4 (distance minimale entre l'extrémité de l'aube et la paroi du bassin : 0,3 m)
AR2 = W/2 (distance minimale entre l'extrémité de l'aube et la paroi du bassin : 0,6 m)
AW3 = W/6 (distance minimale entre l'extrémité de l'aube et la paroi du bassin : 0,3 m)
AR3 = 2 x AW3 (distance minimale entre l'extrémité de l'aube et la paroi du bassin : 0,6 m)

Fig. 75 : Bassin à écoulement sinueux | Positionnement des zones d'aération par rapport aux implantations sur passerelle

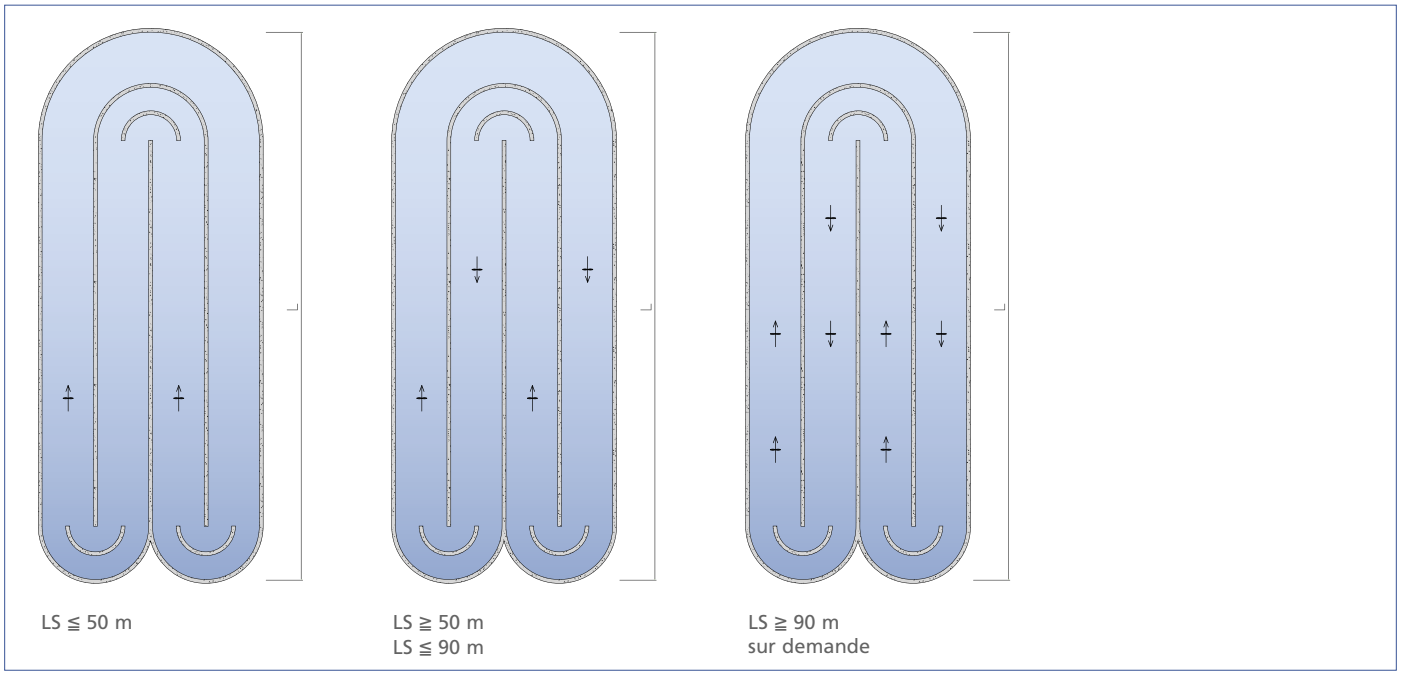


Fig. 76 : Bassin à écoulement sinueux type méandre | Positionnement des propulseurs pour les implantations sur passerelle

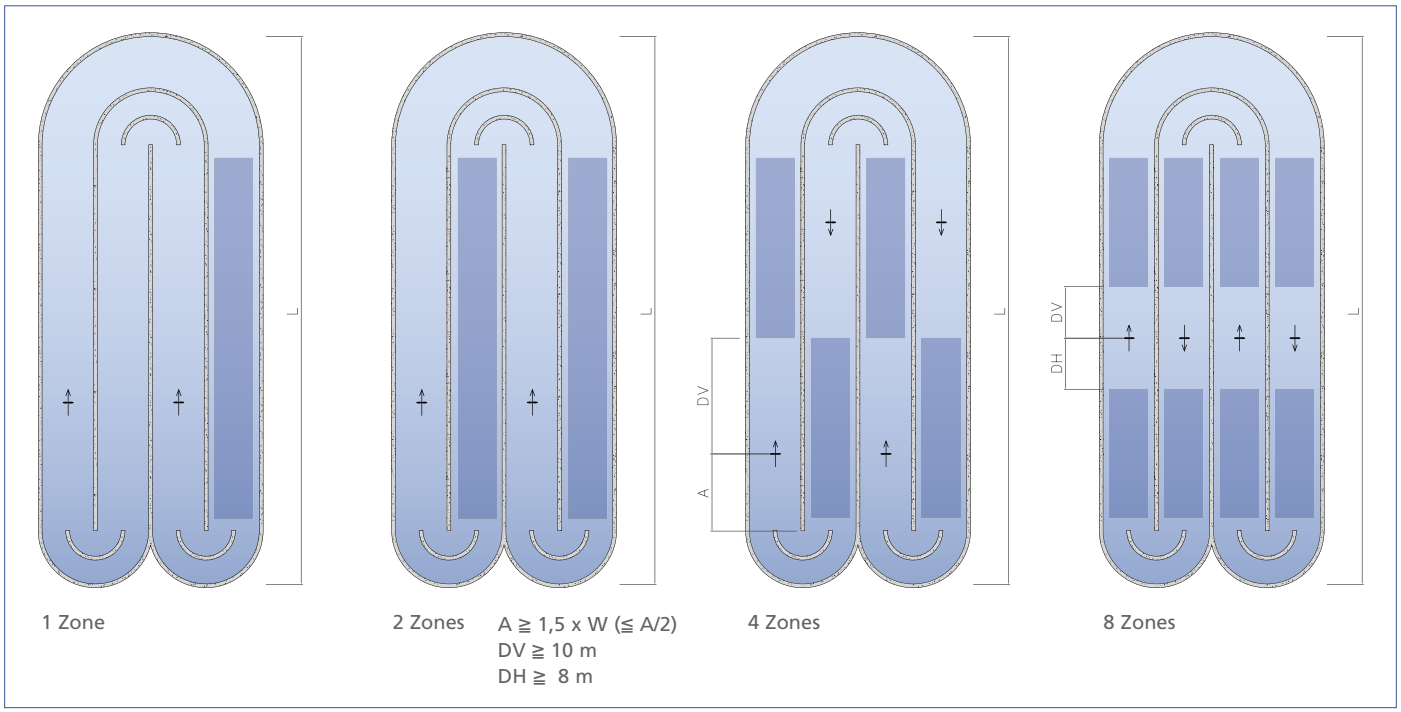


Fig. 77 : Bassin à écoulement sinueux | Positionnement des zones d'aération par rapport aux implantations sur passerelle

Portée de jet (Flamme)

Comme indiqué dans la section précédente, les agitateurs submersibles sont sélectionnés par rapport à la fonction recherchée et des paramètres du bassin.

En outre, il est possible de se prononcer sur la « portée du jet » des agitateurs. Pour ce faire, les isotaches (lignes de vitesse égale) sont déterminées et représentées graphiquement à l'aide d'une simulation CFD, par exemple (voir figure 79). Sur demande, un diagramme de la portée de jet spécifique peut être créé pour chaque agitateur submersible.

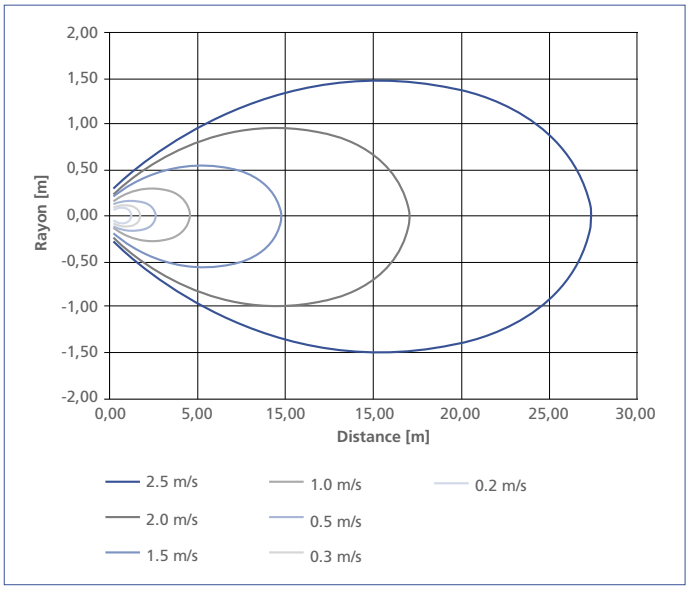


Fig. 78 : Diagramme de la portée de jet Amamix C 3231

5. CFD

Les processus d'agitation dans le domaine du traitement des eaux usées sont réalisés avec des hélices tournant librement dans le fluide. La taille de l'hélice est petite par rapport au volume du bassin. Le brassage proprement dit est réalisé par le jet primaire produit par l'hélice. Cette impulsion est mesurée par la poussée de l'hélice, la poussée F représentant le paramètre le plus important pour définir un agitateur. Le jet primaire est utilisé de différentes manières. D'une part, la force d'impulsion cinétique du jet est utilisée pour maintenir un écoulement de recirculation, et d'autre part, l'énergie apportée par l'hélice permet d'homogénéiser et de disperser le contenu du bassin (mélange). KSB propose deux types d'agitateurs, appelés propulseurs et mélangeurs.

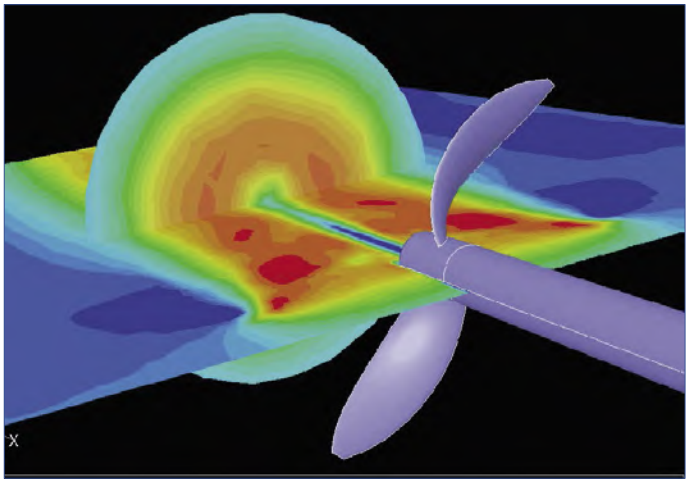


Fig. 79 : Agitateur à hélice tournant librement dans le fluide

Les propulseurs sont utilisés pour maintenir une circulation dans un chenal. Le respect d'une vitesse d'écoulement minimale garantit la mise en suspension des flocs de boue et empêche la formation de dépôts. Les pertes de charge liées à l'écoulement dans le chenal doivent être compensées par la force d'impulsion du propulseur.

Les mélangeurs ont pour objectif d'homogénéiser un volume de bassin donné et d'assurer la mise en suspension des boues et minéraux grâce au débit généré par le mélangeur et par l'entraînement du jet primaire au débit secondaire.

Poussée résultant du jet primaire :

$$F = \rho \cdot A_S \cdot v_S \cdot (v_4 - v_1)$$ Formule (5)

Légende:
F = Poussée [N]
ρ = Densité [$^{kg}/_{m^3}$]
A_S = Section de plan d'hélice [m^2]
v_S = Vitesse d'écoulement dans le plan d'hélice [$^m/_s$]
v_4 = Vitesse d'écoulement en aval de l'hélice [$^m/_s$]
v_1 = Vitesse d'écoulement en amont de l'hélice [$^m/_s$]

Poussée résultant de la pression :

$$F = A_S \cdot \rho / 2 \cdot (v_{42} - v_{12})$$ Formule (6)

$$v_S = (v_4 + v_1) / 2$$ Formule (7)

Légende:
F = Poussée [N]
ρ = Densité
A_S = Section de plan d'hélice [m^2]
v_{42} = Différence de vitesse [$^m/_s$]
v_{12} = Différence de vitesse [$^m/_s$]
v_S = Vitesse d'écoulement dans le plan d'hélice [$^m/_s$]
v_4 = Vitesse d'écoulement en aval de l'hélice [$^m/_s$]
v_1 = Vitesse d'écoulement en amont de l'hélice [$^m/_s$]

La réduction du diamètre du jet de A_S à A_4 est appelée contraction du jet.

Puissance utile des agitateurs :

$$P_N = F \cdot v_1$$ Formule (8)

Légende:
P_N = Puissance utile [W]
F = Poussée [N]
v_1 = Vitesse d'écoulement en amont de l'hélice [$^m/_s$]

Calcul de l'écoulement dans un bassin

Les logiciels de CDF sont un outil efficace pour justifier les paramètres de performance hydraulique des agitateurs.
La perte de charge $\Delta p = g \cdot \Delta h \cdot \rho$ est causée par les pertes par frottement et les pertes par les aménagements dans le bassin.

Pertes de charge :

$$\Delta p = \left(\frac{\lambda \cdot L}{D_h} + \sum_i \zeta_i\right) \cdot \rho \cdot \frac{V_B^2}{2}$$ Formule (9)

Légende:
Δp = Perte de charge [Pa]
λ = Coefficient de frottement dans la tuyauterie
L = Longueur
D_h = Diamètre équivalent mécanique des fluides [m]
ρ = Densité
ζ = Coefficient de perte de charge
V_B = Vitesse d'écoulement [$^m/_s$]

Force de résistance :

$$F_W = \Delta p \cdot A_F = \left(\frac{\lambda \cdot L}{D_h} + \sum_i \zeta_i\right) \cdot \rho \cdot \frac{V_B^2}{2}$$ Formule (10)

$$F_W = konst. \cdot V_B^2 \rightarrow V_B \sim \sqrt{F_W}$$ Formule (11)

Legende:

F_W = Force de résistance [N]
Δp = Perte de charge [Pa]
A_F = Section [m²]
λ = Coefficient de frottement dans la tuyauterie
L = Longueur
D_h = Diamètre équivalent mécanique des fluides [m]
ρ = Densité
ζ = Coefficient de perte de charge
V_B = Vitesse d'écoulement [m/s]

Force de résistance :

$$F_{agitateur} = - F_W$$ Formule (12)

L'agitateur compense les résistances à l'écoulement par la poussée. Selon notre expérience, l'approche numérique est performante si les conditions suivantes sont remplies :

- Définition de l'objectif de calcul physique fondée sur l'expérience ;
- Conception du modèle de calcul en fonction des exigences ;
- Vérification des résultats qualitatifs du calcul à l'aide d'approches simples ;
- Calcul d'un nombre important de variantes différentes pour créer une matrice dans le cadre du développement produit ;
- Analyse des résultats pour élaborer une stratégie d'optimisation ;
- Vérification de cette stratégie par la modélisation et la mise en œuvre du produit (mesure).)

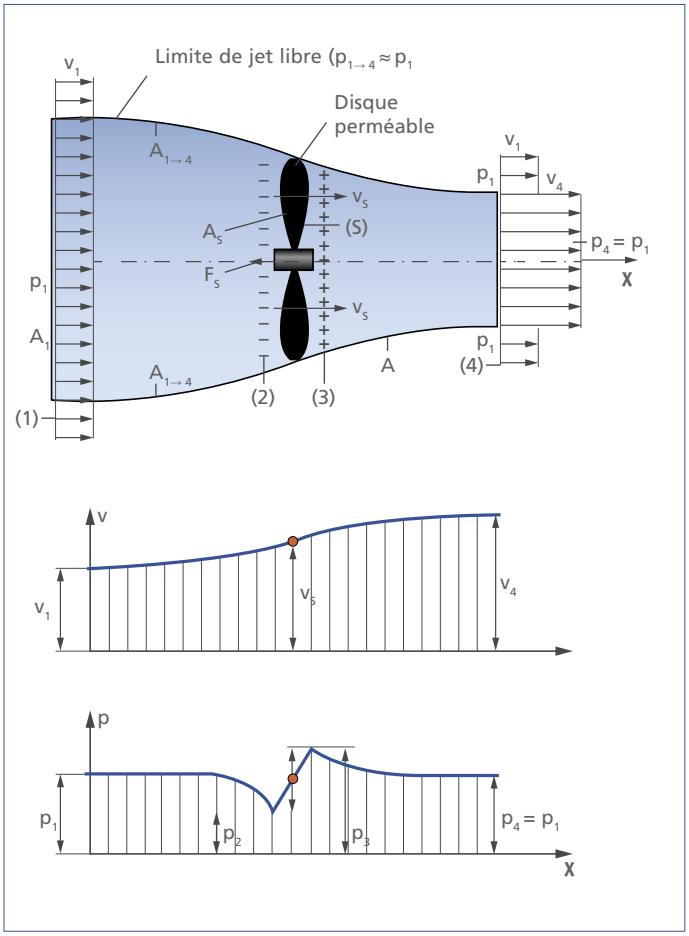


Fig. 80 : Contraction du jet

Aération

Les installations d'aération font partie de la géométrie du bassin. Les pertes de charge des installations et de l'air insufflé doit être prise en compte.

Il s'agit d'un module UDF qui prend en compte les effets des forces ascensionnelles résultant des zones d'aération dans un calcul monophasique. L'apport d'air et les écoulements secondaires qui en résultent sont modélisés par la solution d'une équation supplémentaire de transport. En fonction du volume d'air, les points de départ et points d'arrivée qui sont créés représentent la résistance à l'écoulement des bulles d'air et les forces ascensionnelles.

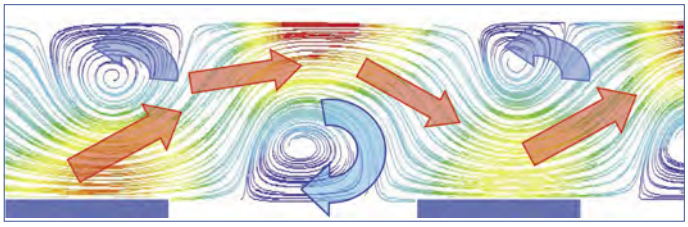


Fig. 81 : Gradients de flux avec plusieurs zones d'aération

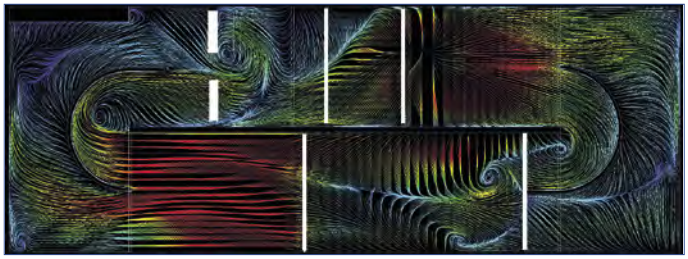


Fig. 82 : Gradients de flux à la surface

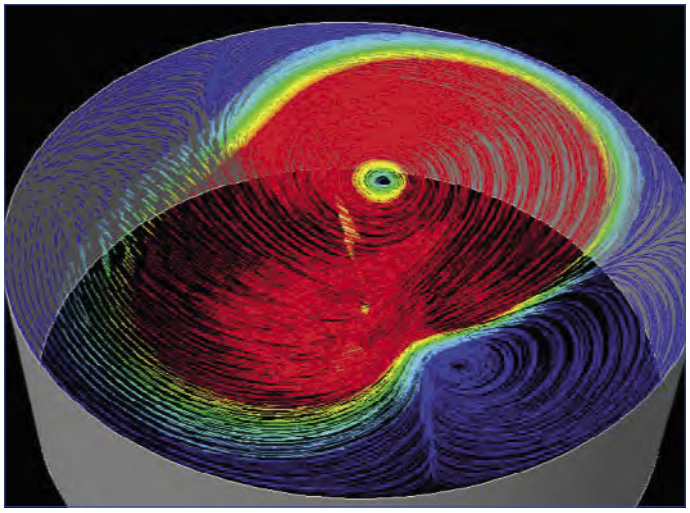


Fig. 83 : Gradients de vitesse à la surface

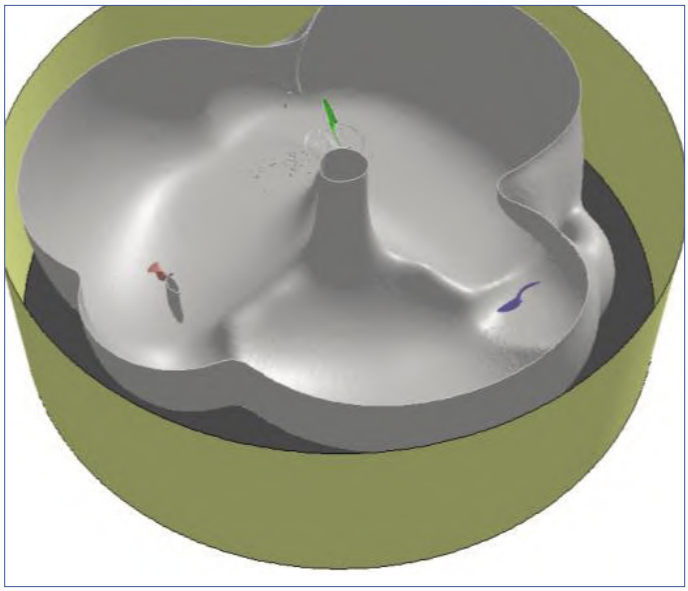


Fig. 84 : Volume de mélange

Un outil de sélection fiable a été élaboré sur la base de calculs approfondis de bassin, en combinaison avec l'expériences existante. La fiabilité des résultats a été démontrée par des mesures de vitesse et des observations de surface in situ.

Fluides à viscosité élevée – Biogaz

Pour les fluides non newtoniens (par exemple pour les applications de biogaz), il faut prendre en compte le rapport entre la viscosité et le taux de cisaillement.
La CFD permet d'étudier la qualité des agitateurs, de l'écoulement dans le réacteur et à la surface, ainsi que du transport de substrat. Pour les fluides pseudo-plastiques, il existe un volume de mélange optimal dépendant du type d'agitateur, de sa position, du nombre d'agitateurs et de leur vitesse de rotation.
Le but est de fournir un volume de mélange v > vlimite avec un apport d'énergie minimal.

Modèles de calcul de fluides structurellement visqueux :

- La viscosité η dépend du taux de cisaillement.
- $\eta = f(\gamma)$ est déterminé dans le viscosimètre rotatif.
- Approche pour $\eta = f(\gamma)$ programmable en UDF

L'analyse d'un grand nombre de calculs prenant en compte des bassins à géométrie variées (bassins circulaires, annulaires, oblongs) de différentes dimensions, de différentes rhéologies (K, m), équipés de différents agitateurs, et la comparaison des calculs CFD avec les mesures in situ permettent de valider l'approche de modélisation. À partir des études de modèle, nous avons pu établir des méthodes simples d'évaluation du volume de mélange.

Objectifs des calculs CFD

- Détermination des écoulements caractéristiques
- Reproduction qualitative et quantitative des vitesses d'écoulement
- Estimation de la taille et du contenu énergétique d'une zone de mélange (caverne) avec les réacteurs type biogaz
- Analyse des agitateurs en ce qui concerne leur utilisation et leur disposition
- Détection des zones morte
- Estimation possible de la charge sur les agitateurs
- Détection de vortex de surface potentiels

Crédits photos

Figure 13 – 16 öko-control GmbH
Figure 37 PTM GmbH Halle (Saale)

Auteurs

Chapitre 1 M. Michael BECKER (Dipl.-Ing.)
M. Markus DOMAGALA (Dipl.-Ing. FH)
M. Matthias FORNER

Chapitre 2 M. Michael BECKER (Dipl.-Ing.)
M. Markus DOMAGALA (Dipl.-Ing. FH)
M. Matthias FORNER

Chapitre 3 M. Rainer KUTZKO
M. Markus DOMAGALA (Dipl.-Ing. FH)
M. Matthias FORNER
M. Karl-Heinz DEUTSCH (Dipl.-Ing.)
M. Uwe LINSEL (Dipl. Ing.)
M. Andreas KRONBERG (Dipl.-Ing. FH)

Chapitre 4 M. Peer SPRINGER (Dipl.-Ing.)
M. Matthias MÜLLER (Dipl.-Ing.)

La technologie qui fait référence

Inscrivez-vous
à la newsletter KSB !
www.ksb.fr

Industriel leader et précurseur

sur le marché des pompes et de la robinetterie, KSB co-construit avec vous les solutions de vos projets de demain. Attentifs aux enjeux économiques et technologiques du secteur, nous plaçons toujours l'innovation au coeur de notre réflexion pour vous faire bénéficier du meilleur. Soucieux de notre impact sur l'environnement, nous développons des produits durables et recyclables, et veillons à réduire notre empreinte carbone en faisant appel à des fournisseurs de proximité.

Nos équipes KSB SupremeServ prennent le relais pour l'exploitation de vos parcs installés. Nos solutions de maintenance curative, préventive et prédictive vous permettent d'obtenir la meilleure disponibilité de vos équipements à coûts maîtrisés.

Une question ? Un projet ?
L'équipe KSB Bienvenue vous répond

Par e-mail : contact.ksbfrance@ksb.com

N°Cristal 09 69 39 29 79
APPEL NON SURTAXE

KSB S.A.S.
4 allée des Barbanniers
92635 Gennevilliers Cedex (France)
www.ksb.fr

1592.025-FR / 07.21 / © KSB S.A.S. · Sous réserves de modifications techniques