

Traitement de l'eau

Technologie durable pour la protection de l'environnement



G S D E
s.a.r.l.

Table des matières

Introduction

Connaissances de base
Station d'épuration

04

Procédés unitaires de traitement de l'eau

Procédés mécaniques

Connaissances de base

Traitement mécanique de l'eau

06

HM 142

Séparation dans les réservoirs de sédimentation

08

CE 587

Flottation à l'air dissous

10

CE 588

Démonstration de la flottation à l'air dissous

12

CE 579

Filtration en profondeur

14

Procédés biologiques

Connaissances de base

Traitement biologique de l'eau

16

CE 705

Procédé à boues activées

18

CE 704

Procédé SBR

20

CE 701

Procédé à biofilm

22

CE 730

Réacteur airlift

24

CE 702

Traitement anaérobie de l'eau

28

Procédés physiques/chimiques

Connaissances de base

Traitement physico-chimique de l'eau

30

CE 583

Adsorption

34

CE 530

Osmose inverse

36

CE 300

Échange d'ions

37

CE 586

Précipitation et floculation

38

CE 584

Oxydation avancée

40

Le traitement de l'eau occupe une place centrale de ce domaine. L'objectif du traitement de l'eau consiste toujours à lui soustraire certains composants. Ce retrait peut servir par exemple à épurer des eaux usées en station avant de les rejeter dans un cours d'eau. Du point de vue de la protection de l'environnement, l'assainissement des eaux souterraines contaminées et des lixiviats de décharge constitue un autre vaste exemple d'application. L'objectif du traitement de l'eau peut aussi consister à rendre cette eau utilisable à une certaine fin, comme c'est le cas pour la préparation d'eau potable.

Indépendamment de l'application prévue, il existe toute une série de procédés unitaires pour le traitement de l'eau, que l'on divise traditionnellement en trois groupes.

Pour chacun des principaux procédés unitaires, vous trouverez dans ce chapitre un appareil didactique permettant d'expliquer visuellement et d'assimiler tous les aspects importants du procédé concerné.

Les stations de traitement de l'eau sont en général structurées autour de plusieurs étapes et associent différents procédés unitaires. C'est pourquoi nous vous proposons deux appareils pour vous permettre d'expliquer les opérations complexes, en plusieurs étapes, du traitement de l'eau.

Traitement de l'eau en plusieurs étapes

Procédés unitaires combinées

Connaissances de base

Traitement de l'eau en plusieurs étapes

42

CE 581

Traitement de l'eau: Station 1

44

CE 582

Traitement de l'eau: Station 2

48



Connaissances de base Station d'épuration

Protection de l'environnement par l'épuration des eaux usées

Lorsque l'on déverse des eaux usées dans un cours d'eau, des micro-organismes dégradent les matières organiques qu'elles contiennent tout en consommant une grande quantité d'oxygène. Cela conduit à un défaut d'oxygène dans le cours d'eau et perturbe de ce fait l'équilibre écologique. Pour éviter cela, il faut purifier préalablement les eaux usées dans des stations d'épuration. La composante centrale d'une station d'épuration est constituée, c'est la purification biologique au moyen de micro-organismes. Les processus de dégradation naturelle sont donc déplacés du cours d'eau vers une installation technique où ils se déroulent dans des conditions contrôlées et optimisées.

Purification mécanique

Les eaux usées sont soumises dans un premier temps à une purification mécanique. L'objectif étant de séparer certaines matières solides de l'eau. Un dégrilleur libère tout d'abord les eaux usées des matières solides grossières, telles que textiles, papier et sacs en plastique. Ensuite, un dessableur sépare par sédimentation les matières solides minérales telles que le sable charrié par l'eau. Les matières solides comme les restes de nourriture sont également séparées par sédimentation durant la décantation primaire.



Purification biologique

Au terme du traitement mécanique, les eaux usées ne contiennent pratiquement plus que des matières dissoutes. Ces matières dissoutes sont dégradées au cours de la purification biologique par des micro-organismes. Le procédé le plus fréquemment utilisé ici est le procédé à boues activées aérobie. À cette étape du traitement, les eaux usées sont aérées afin d'alimenter les micro-organismes (boues activées) en oxygène. Étant donné que les boues activées sont en suspension dans le bassin d'aération, l'écoulement des eaux usées entraîne avec lui en continu également des boues activées. Dans le décanteur secondaire, ces boues activées entraînées sont séparées mécaniquement de l'eau épurée (en général par sédimentation). Une partie des boues activées séparées est reconduite en tant que boues de retour dans le bassin d'aération. Sans boues de retour, il est impossible d'obtenir un déroulement stable de la purification biologique. Donc même si la décantation secondaire est en réalité un processus mécanique, on l'inclut pour cette raison à la purification biologique.

Traitement des boues

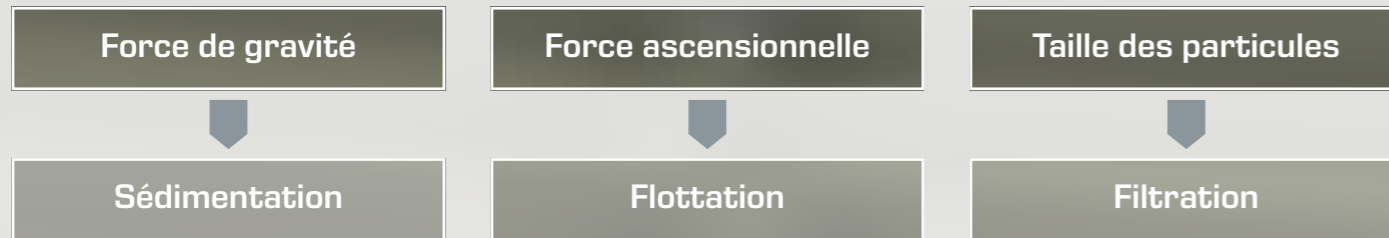
La part des boues séparées lors de la décantation secondaire qui n'est pas réintroduite est appelée boues en excès ou boues secondaires. Les boues en excès et la boue issue de la décantation primaire (boues primaires) sont essentiellement composées de substances organiques et constituent un résidu de l'épuration des eaux usées. C'est pourquoi ces boues (boues d'épuration) doivent faire l'objet d'un traitement séparé. Il a lieu en général dans des tours de fermentation, où les boues d'épuration se putréfient dans des conditions anaérobies. Les boues d'épuration ainsi digérées peuvent ensuite être utilisées par exemple comme engrais agricoles.





Connaissances de base Traitement mécanique de l'eau

Les matières solides peuvent facilement provoquer des engorgements à l'intérieur des composants de la station comme les conduites et les robinetteries. C'est pourquoi dans les stations de traitement de l'eau en plusieurs étapes, on commence en règle générale par éliminer les matières solides au moyen de procédés mécaniques. Ces procédés ne modifient ni physiquement ni chimiquement la composition des matières solides. Il s'agit uniquement de séparer les matières solides de la phase liquide (eau). Ce qui peut être réalisé selon les trois principes de base suivants:



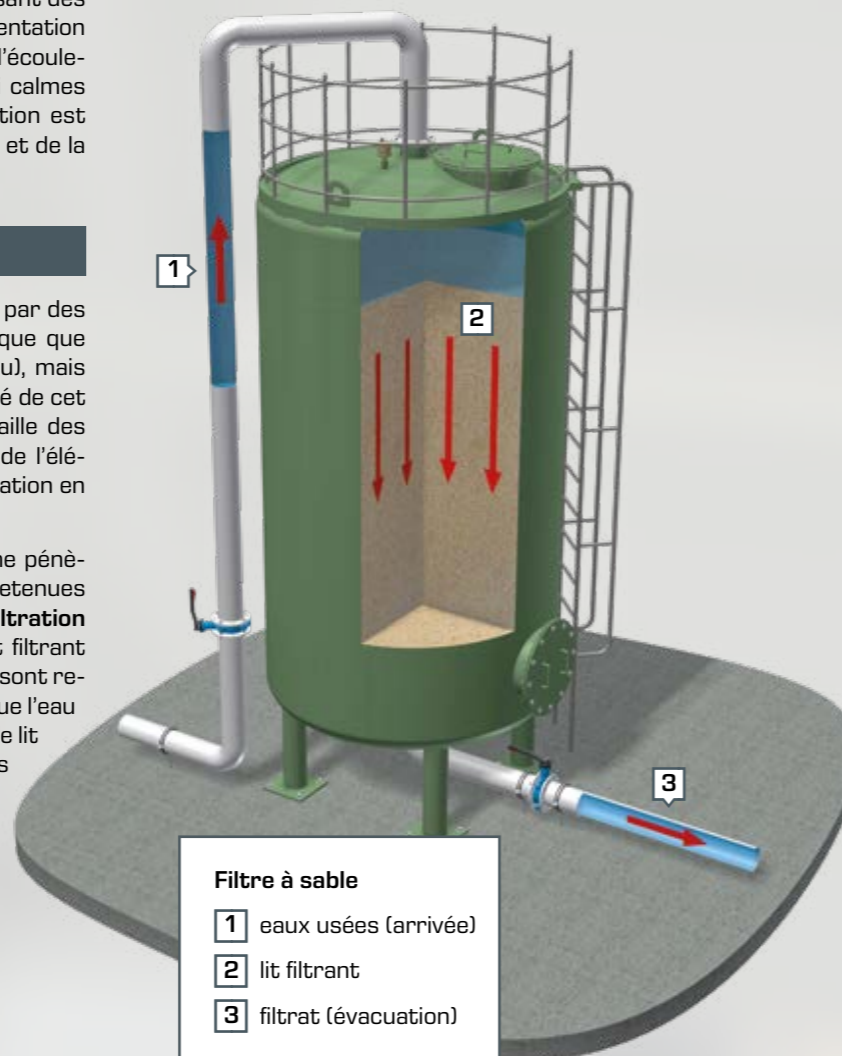
Sédimentation

La sédimentation représente le moyen le plus simple pour séparer les matières solides. Sous l'effet de la force de gravité, les particules solides se déposent au fond du réservoir de sédimentation et peuvent alors facilement être retirées en utilisant des dispositifs d'évacuation des boues. Pour que la sédimentation soit la plus efficace possible, il faut que les conditions d'écoulement dans le réservoir de sédimentation soient aussi calmes que possible (absence de turbulences). La sédimentation est utilisée essentiellement lors de la décantation primaire et de la décantation secondaire dans les stations d'épuration.

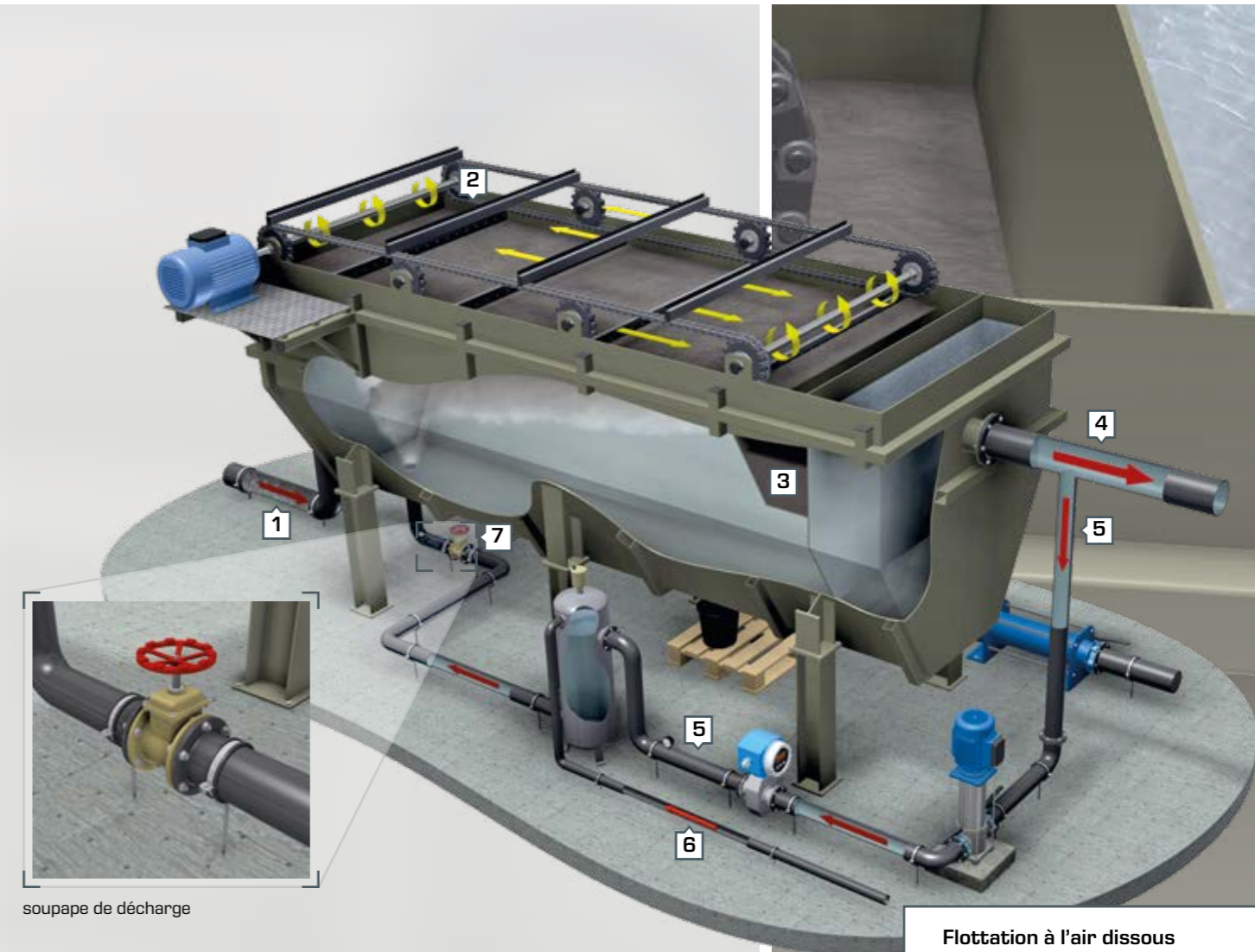
Filtration

Lors de la filtration, les matières solides sont retenues par des éléments filtrants poreux. Une filtration efficace implique que l'élément filtrant soit perméable à la phase liquide (eau), mais qu'il ne laisse pas passer les matières solides. L'efficacité de cet étage d'épuration dépend donc du rapport entre la taille des particules des matières solides et la taille des pores de l'élément filtrant. On fait en général la distinction entre filtration en surface et filtration en profondeur.

Lors de la **filtration en surface**, les matières solides ne pénètrent pas à l'intérieur de l'élément filtrant mais sont retenues à sa surface (effet de tamisage). À l'inverse, lors de la **filtration en profondeur**, les eaux usées entrent dans l'élément filtrant (par ex. lit fixe de sable ou gravier). Les matières solides sont retenues dans les pores entre les grains de sable tandis que l'eau passe sans encombre au travers du lit fixe (filtrat). Plus le lit fixe est chargé, plus la perte de charge est forte et plus le débit baisse. Un rinçage à contre-courant permet de nettoyer le lit fixe avec pour effet de réduire à nouveau la perte de charge.



- Filtre à sable**
- 1 eaux usées (arrivée)
 - 2 lit filtrant
 - 3 filtrat (évacuation)



soupape de décharge

Flotation

Les matières solides ayant une faible vitesse de sédimentation ne peuvent être séparées efficacement par sédimentation, étant donné que les réservoirs de sédimentation requis à cet effet doivent être de très grande taille. Les procédés de flottation représentent dans ce cas une alternative judicieuse. Le principe de base est toujours le même: des bulles de gaz se collent aux matières solides par le bas et les entraînent ainsi vers la surface de l'eau. Les matières solides flottant à la surface de l'eau peuvent alors être retirées à l'aide de racleurs spéciaux. La manière dont sont générées les bulles de gaz est ce qui distingue les procédés de flottation entre eux.

Dans le domaine du traitement de l'eau, la flottation à l'air dissous est le procédé de flottation le plus fréquemment utilisé. Il consiste à saturer en air, sous pression, une partie d'écoulement de l'eau épurée. L'eau saturée en air est alors réacheminée vers la zone d'entrée du bassin de flottation (circulation). Une soupape de décharge se trouve devant l'entrée du bassin de flottation, ce qui permet une détente soudaine de l'eau à la pression atmosphérique. Sous l'effet de cette détente, l'air dissous se libère sous la forme de toutes petites bulles.

Flottation à l'air dissous

- 1 eaux usées
- 2 dispositif d'évacuation des boues
- 3 boues séparées
- 4 eau épurée
- 5 circulation
- 6 air comprimé
- 7 soupape de décharge



HM 142

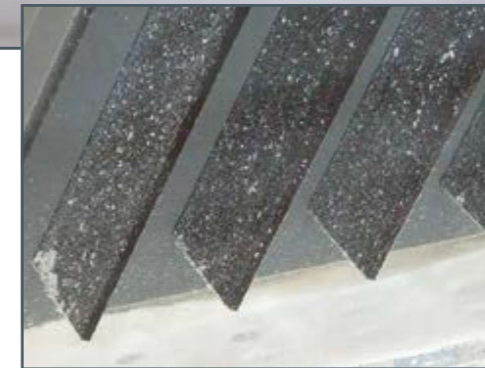
Séparation dans les réservoirs de sédimentation

La sédimentation est la méthode la plus simple pour séparer des particules de matière solide d'une phase liquide. C'est pourquoi ce procédé est très couramment utilisé pour le traitement de l'eau. Cet appareil permet d'expliquer de manière très parlante les principes de base de ce procédé de séparation. L'accent porte essentiellement sur la détermination de la charge de surface hydraulique maximale.

Nous avons accordé une grande importance à l'observation visuelle du processus de sédimentation. C'est pourquoi nous avons surtout utilisé des matériaux transparents. Et nous avons en plus équipé le réservoir de sédimentation d'un éclairage.

L'eau brute est produite en mélangeant une suspension concentrée avec de l'eau fraîche. Selon le rapport de mélange, on obtient ainsi une eau brute ayant la concentration de matières solides que l'on souhaite. Un agitateur situé dans la zone d'entrée du réservoir de sédimentation empêche toute sédimentation des matières solides avant leur entrée dans la section d'essai. Le niveau d'eau du réservoir de sédimentation est ajustable en continu.

Une unité de lamelles vient compléter l'appareil. L'unité de lamelles peut être placée si souhaité dans le réservoir de sédimentation. On a le choix entre des lamelles blanches ou noires, en fonction de la couleur des particules de saleté utilisées.



L'utilisation de matériaux transparents et d'un éclairage permettent une observation optimale du processus de sédimentation et des conditions d'écoulement.



Utilisation possible d'une unité de lamelles

Sur le produit:



Contenu didactique	
■	principe de base de la séparation de matières solides de suspensions dans un réservoir de sédimentation
■	détermination de la charge superficielle hydraulique
■	influence des paramètres suivants sur le processus de séparation: <ul style="list-style-type: none"> ▶ concentration de matières solides ▶ débit ▶ vitesse d'écoulement à l'entrée ▶ niveau d'eau dans le réservoir de sédimentation
■	étude des conditions d'écoulement
■	influence des lamelles sur le processus de sédimentation



CE 587

Flottation à l'air dissous

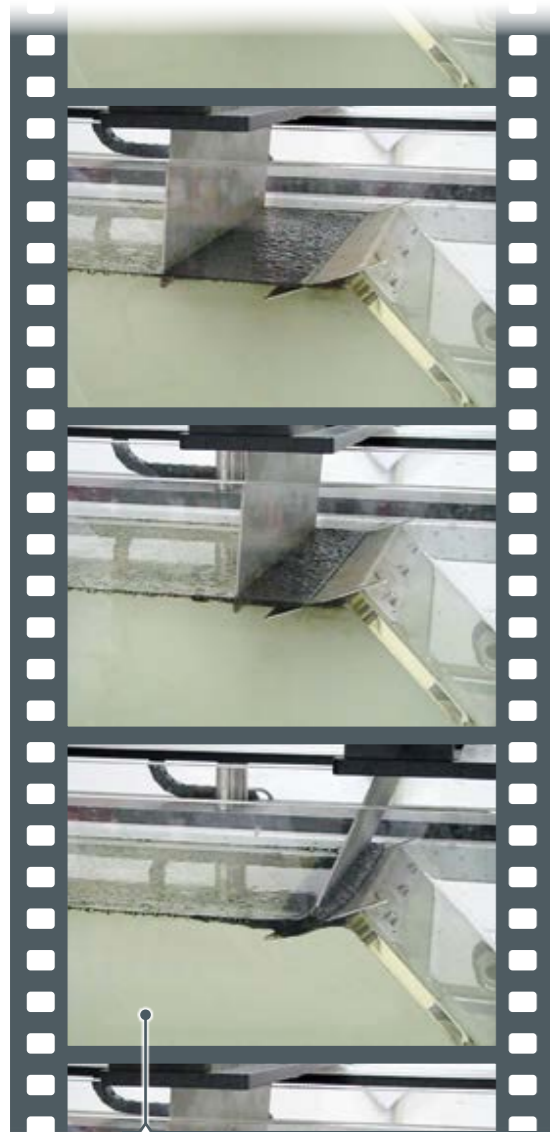
Élimination de matières solides par sustentation

À côté de la sédimentation, la flottation représente un autre procédé souvent utilisé pour séparer les matières solides dans le cadre du traitement de l'eau. Parmi les procédés de flottation, la flottation à l'air dissous est celui le plus fréquemment utilisé.

Des essais en lien étroit avec la pratique

Notre appareil didactique CE 587 vous permet d'étudier tous les aspects importants de ce procédé. Afin d'assurer un lien étroit avec la pratique, nous nous sommes efforcés d'être le plus près possibles de la réalité lorsque nous avons développé cet appareil.

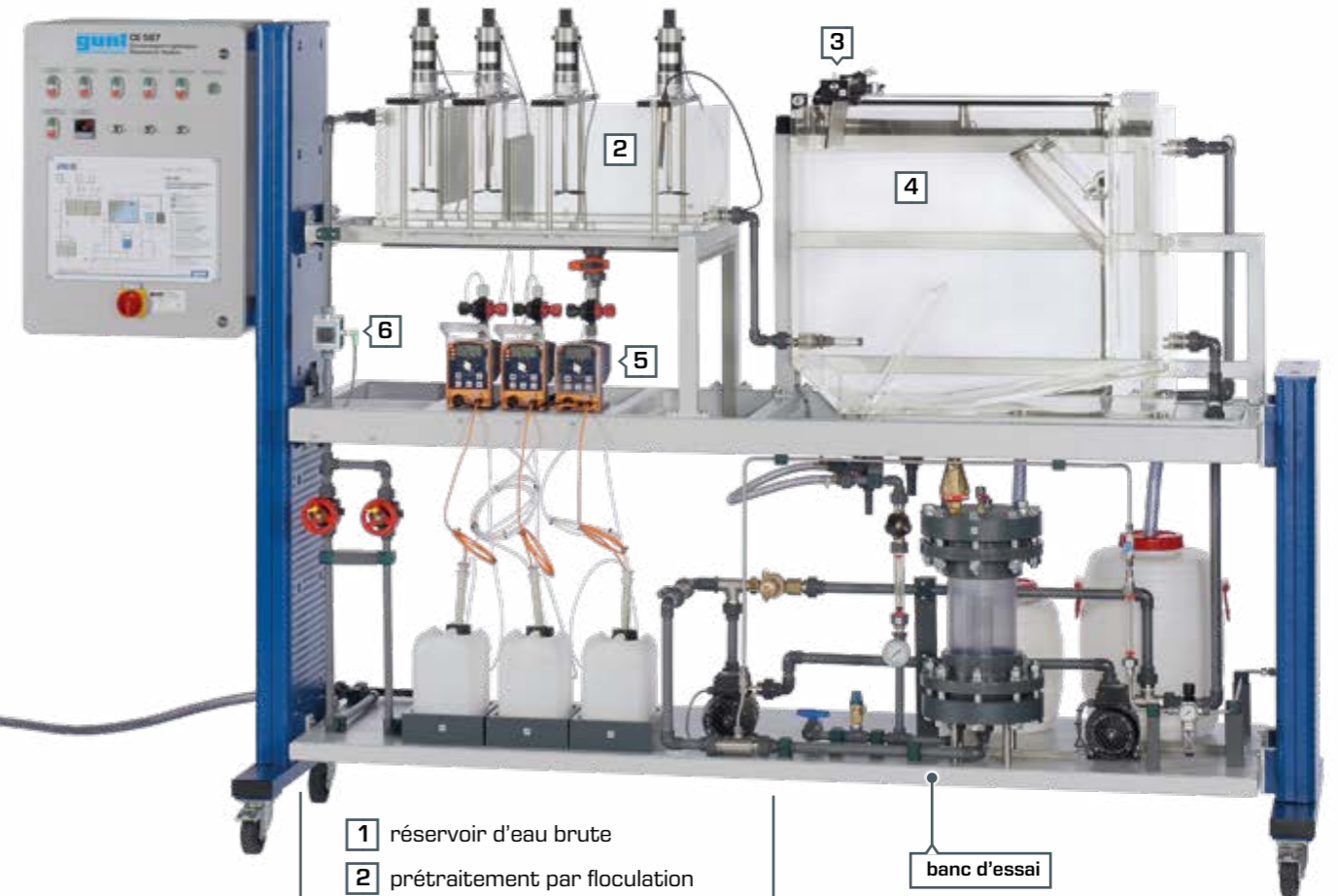
L'appareil est constitué d'une unité d'alimentation et d'un banc d'essai. L'eau brute est tout d'abord prétraitée par floculation. Les flocons du bassin de flottation remontent ensuite à la surface de l'eau sous l'action de petites bulles d'air. Vous pouvez ensuite éliminer les résidus de flottation présents à la surface de l'eau à l'aide d'un racleur électrique. Nombre des composants utilisés ici, comme par exemple les capteurs de débit électromagnétiques ou les pompes de dosage, le sont également dans les installations industrielles. L'utilisation de matériaux transparents vous permet une observation optimale des étapes du processus.



Comme sur les installations industrielles de flottation, le CE 587 est lui aussi équipé d'un racleur électrique qui élimine les matières solides de la surface de l'eau.



Standard chez GUNT: utilisation de composants industriels de qualité, comme par exemple les pompes de dosage professionnels



- 1 réservoir d'eau brute
- 2 prétraitement par floculation
- 3 racleur électrique
- 4 bassin de flottation
- 5 pompes de dosage
- 6 débitmètre électromagnétique

Contenu didactique	
■	mode de fonctionnement de la flottation à l'air dissous
■	établissement d'un état de fonctionnement stable
■	influence de la concentration du coagulant et du floculant
■	détermination de la charge superficielle hydraulique (vitesse ascensionnelle)

Sur le produit:



CE 588

Démonstration de la flottation à l'air dissous

La flottation à l'air dissous démontrée de manière claire

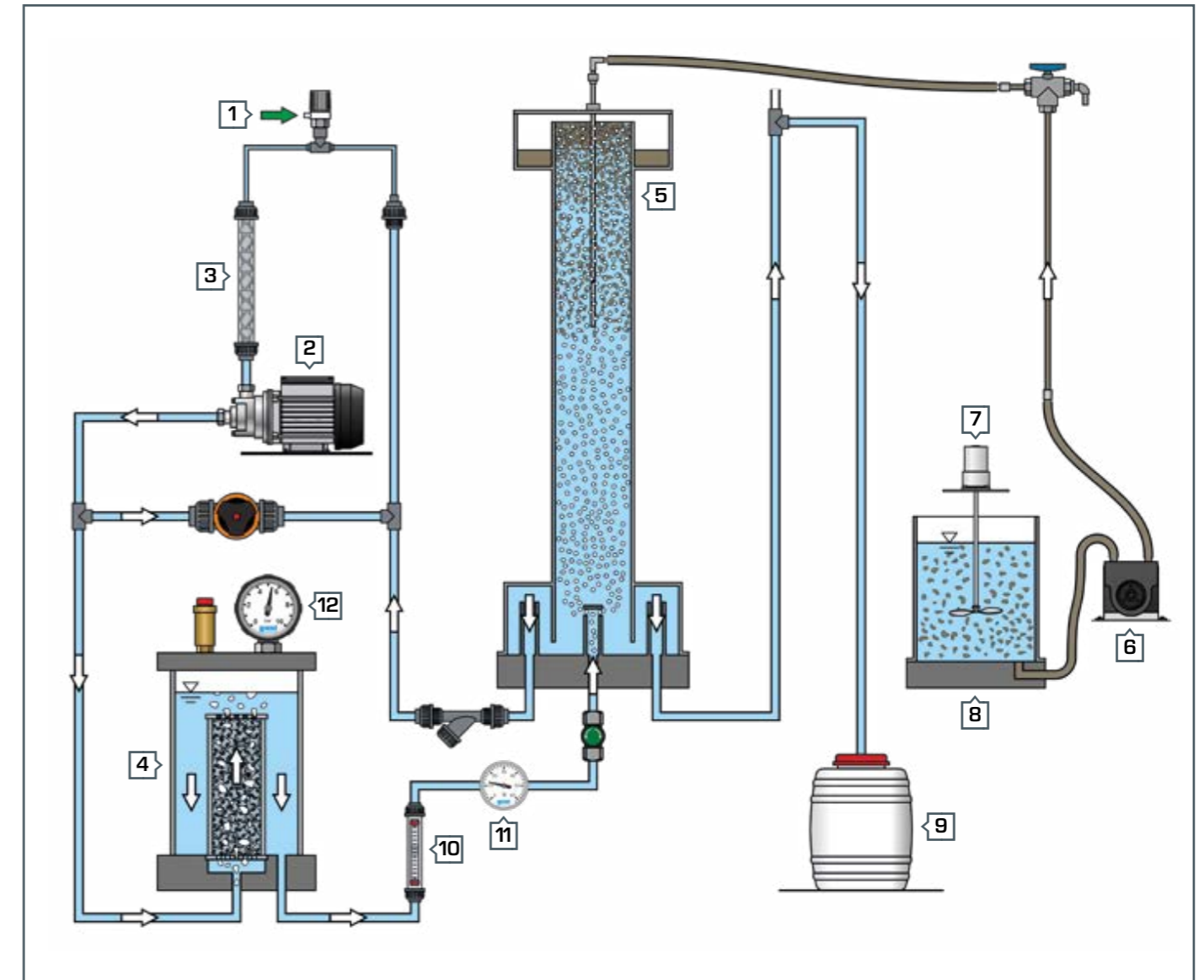
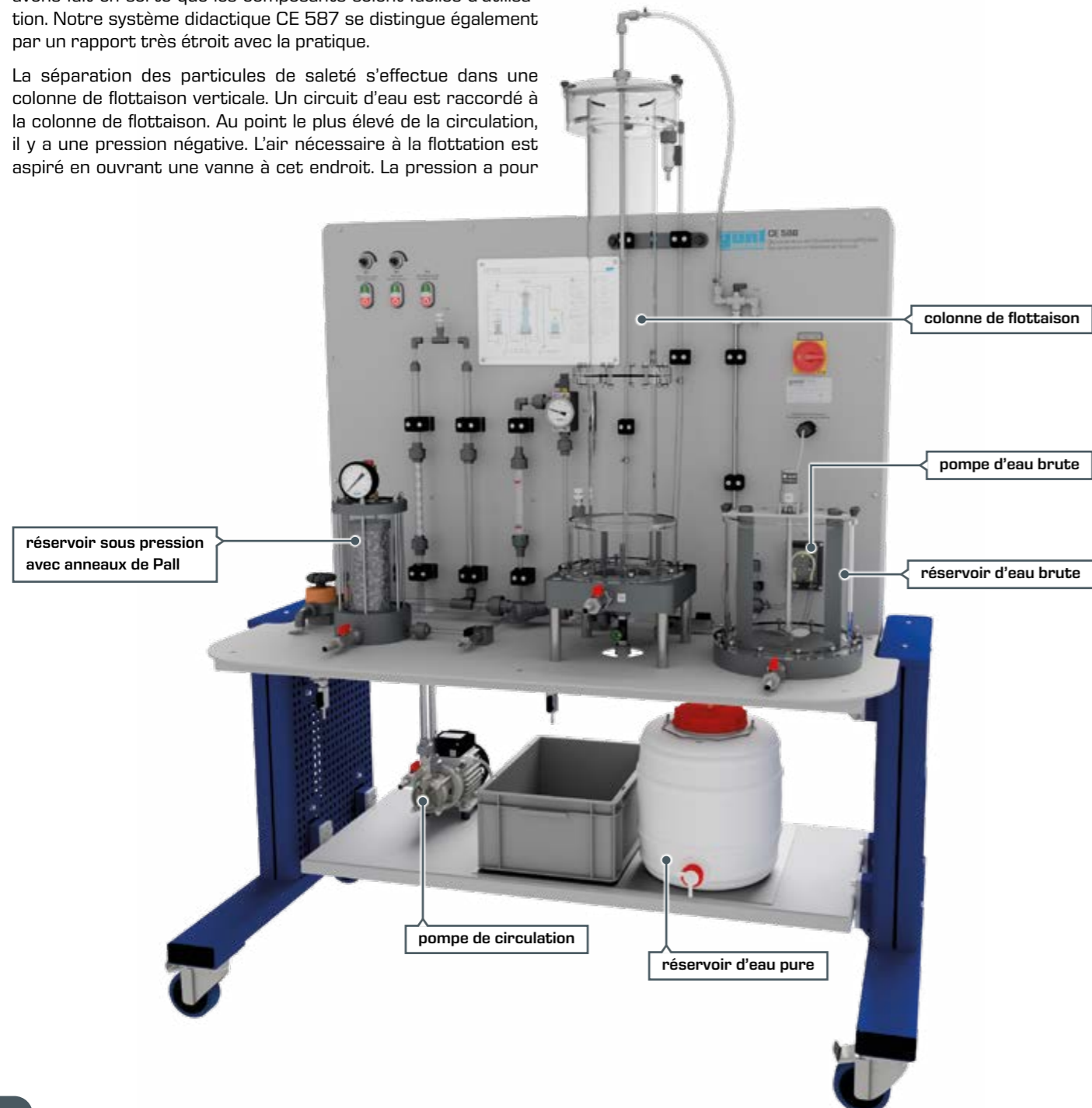
Lors de la flottation, les matières solides à séparer sont transportées jusqu'à la surface de l'eau par l'intermédiaire de petites bulles de gaz. Le procédé le plus fréquemment utilisé est ce que l'on appelle la flottation à l'air dissous. Ce procédé repose sur le fait que la solubilité de l'air dans l'eau augmente lorsque la pression augmente.

Ce banc d'essai compact porte l'accent sur le mode opératoire général et la visualisation du processus. C'est pourquoi nous avons intégré essentiellement des matériaux transparents et avons fait en sorte que les composants soient faciles d'utilisation. Notre système didactique CE 587 se distingue également par un rapport très étroit avec la pratique.

La séparation des particules de saleté s'effectue dans une colonne de flottaison verticale. Un circuit d'eau est raccordé à la colonne de flottaison. Au point le plus élevé de la circulation, il y a une pression négative. L'air nécessaire à la flottation est aspiré en ouvrant une vanne à cet endroit. La pression a pour

effet de dissoudre l'air dans l'eau; puis une fois détendu, l'air s'échappe sous forme de petites bulles dans la partie inférieure de la colonne de flottaison. Un réservoir sous pression rempli d'anneaux de Pall assure une durée de séjour de l'air suffisante pour sa dissolution, et la séparation de l'air non dissous avant l'entrée dans la colonne de flottaison.

Vous recevrez bien entendu avec cet appareil une documentation didactique exhaustive qui vous permettra de vous familiariser rapidement à son utilisation.



- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| 1 air | 7 agitateur |
| 2 pompe de circulation | 8 réservoir d'eau brute |
| 3 mélangeur statique | 9 réservoir d'eau pure |
| 4 réservoir sous pression | 10 débitmètre |
| 5 colonne de flottaison | 11 thermomètre |
| 6 pompe d'eau brute | 12 manomètre |

Contenu didactique

- mode opératoire de la flottation à l'air dissous
- dissolution des gaz dans les liquides:
 - ▶ loi de Henry
 - ▶ loi de Dalton

Sur le produit:

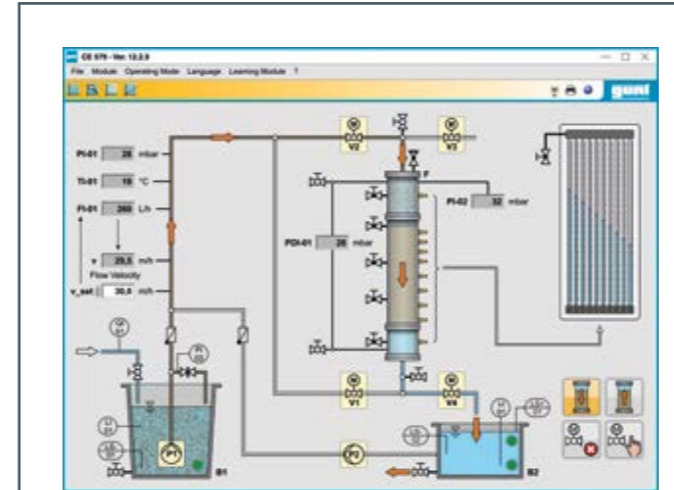


CE 579
Filtration en profondeur
Filtration en profondeur: une étape incontournable du traitement de l'eau

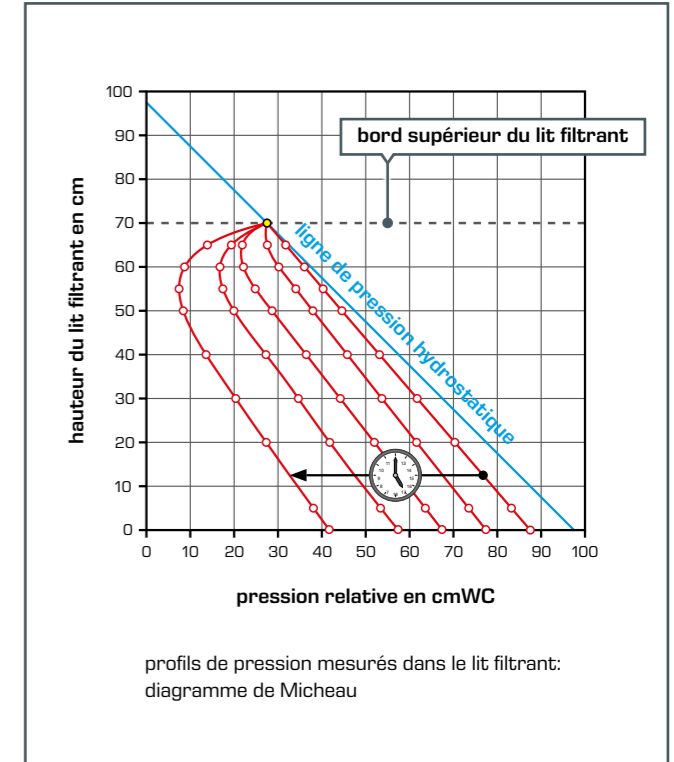
La filtration en profondeur représente une étape importante et souvent utilisée dans les procédés de traitement de l'eau. C'est pourquoi l'acquisition de connaissances solides sur le principe de fonctionnement et les particularités de ce procédé représente un élément important de la formation des futurs ingénieurs et techniciens.

D'un point de vue didactique est centré sur l'étude des rapports de pression. Pour mesurer les pressions, le filtre est équipé d'un système de mesure de la pression différentielle et comporte de nombreux points de mesure le long du lit filtrant.

Ces points de mesure peuvent être reliés à un tableau des manomètres afin de bien visualiser les rapports de pression dans le lit filtrant et de les mesurer de manière très précise. L'utilisation d'un tube filtrant transparent permet d'observer aussi de visu le chargement progressif du lit filtrant. Si nécessaire, il est possible de procéder à un rinçage à contre-courant du filtre.


Logiciel

Le logiciel bien conçu du CE 579 affiche en continu les valeurs de toutes les grandeurs du processus importantes. Vous avez bien entendu la possibilité d'enregistrer les valeurs de mesure pour l'exploitation. Selon le mode sélectionné (filtration ou rinçage à contre-courant), le logiciel ajuste des robinets électriques sur la position correspondante.



Robinet électrique



Convertisseurs de fréquence pour contrôler les pompes



Connexions sur le tableau des manomètres pour mesurer le cours de la pression dans le lit filtrant

Contenu didactique

- conditions de pression dans un filtre
- facteurs influençant la perte de pression (loi de Darcy)
 - ▶ débit
 - ▶ hauteur du lit filtrant
 - ▶ perméabilité du lit filtrant
- déterminer la pression dans le lit filtrant (diagramme de Micheau)
- rinçage à contre-courant du filtres
 - ▶ observer le processus de fluidisation
 - ▶ déterminer l'expansion du lit filtrant
 - ▶ déterminer la vitesse d'écoulement nécessaire (vitesse de fluidisation)

Sur le produit:





Connaissances de base Traitement biologique de l'eau

Nettoyage des eaux usées par les micro-organismes

L'épuration biologique des eaux usées a pour but d'éliminer les matières organiques biodégradables. Cette élimination est confiée à des micro-organismes utilisant les matières organiques comme nutriments. Cette dégradation biologique entraîne donc une transformation de matière. Il s'agit là d'un avantage important des procédés biologiques par rapport à d'autres procédés. Ainsi, lors de l'adsorption, les matières à éliminer ne font que se déplacer des eaux usées vers l'adsorbant (transport de matière). La dégradation biologique peut se dérouler dans des conditions aérobies ou anaérobies. Il existe toute une série de procédés pour mettre en contact les eaux usées à nettoyer avec les micro-organismes (biomasse). Indépendamment du fait que la dégradation soit aérobie ou anaérobie, on distingue les deux principes de base suivants:

Biomasse en suspension

La biomasse se présente sous la forme de petits flocons (boues activées). Les boues activées sont en suspension dans les eaux usées.

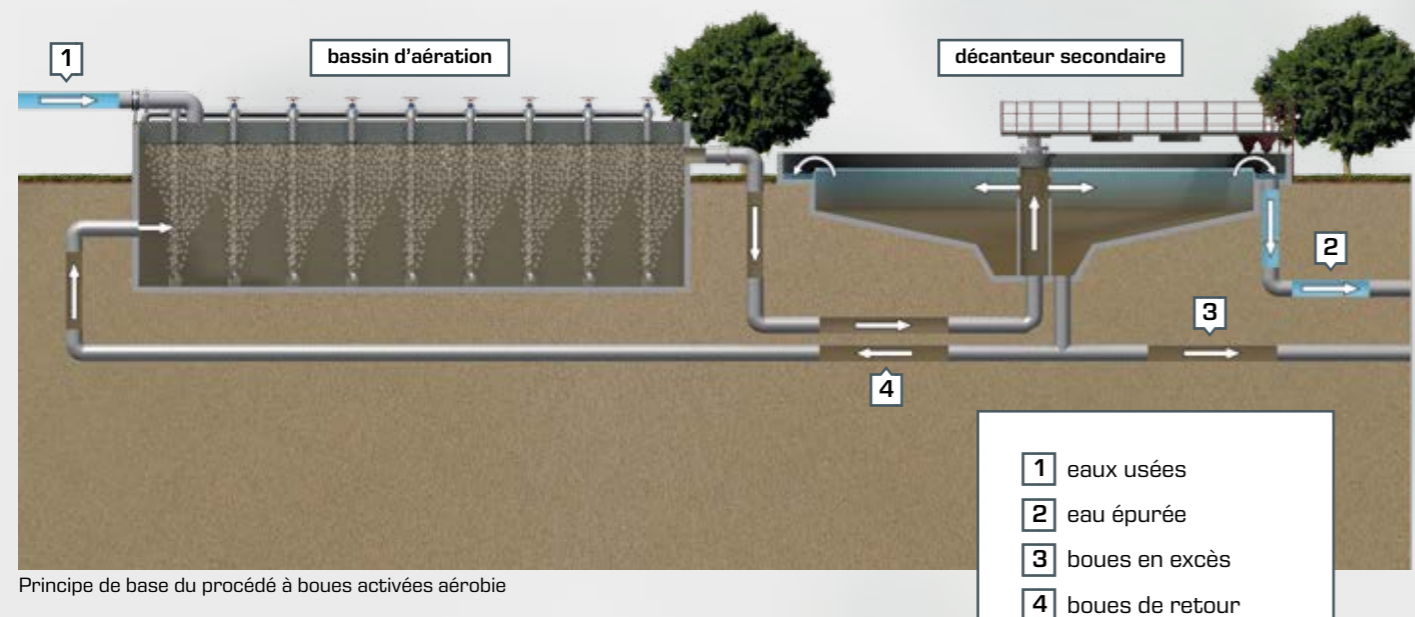
Biomasse fixe

La biomasse est fixée sous la forme d'un biofilm à la surface de corps solides. Les eaux usées ruissellent en couche fine sur le biofilm.

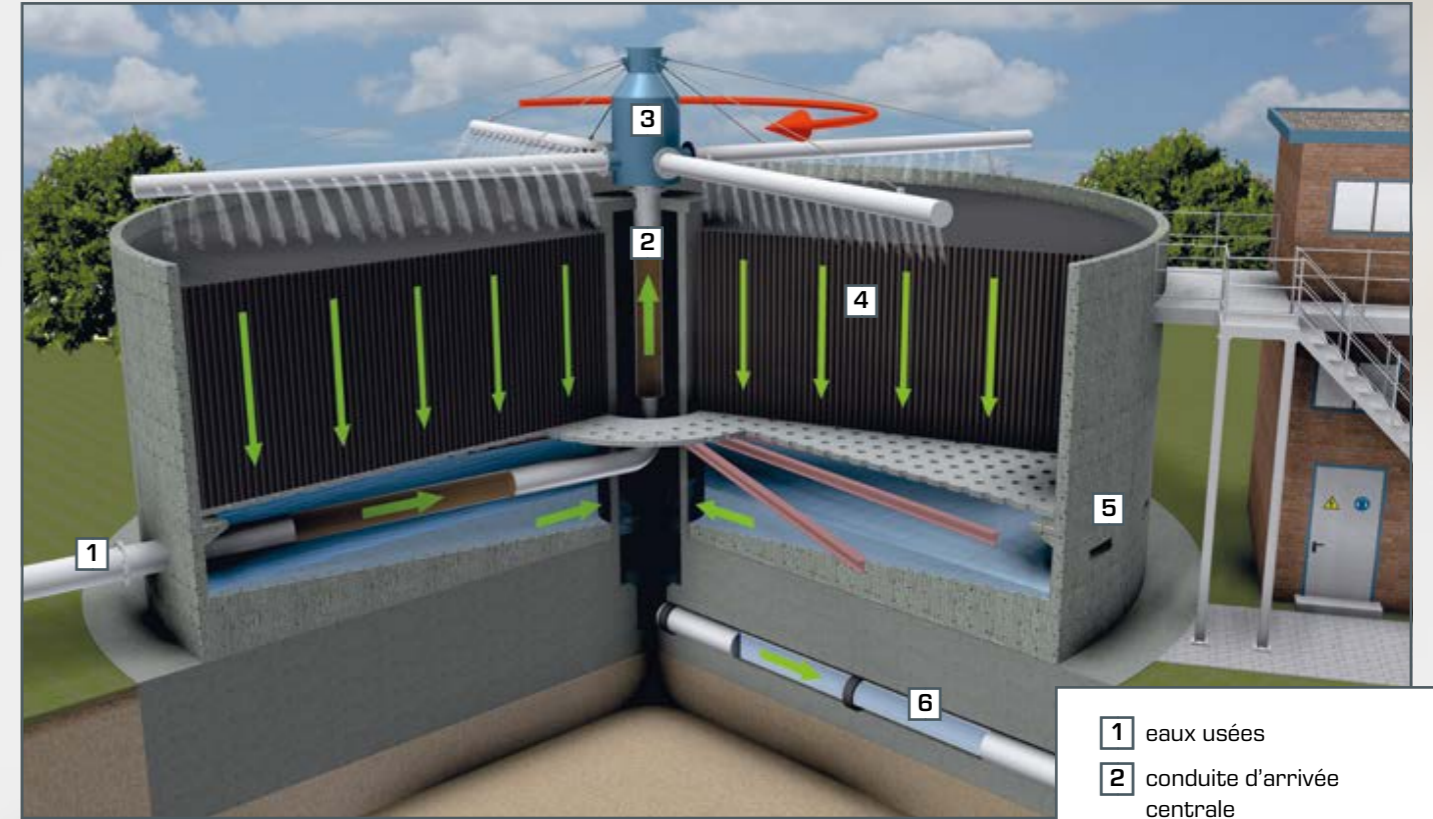
Procédé à boues activées aérobie

Le procédé à boues activées aérobie est le procédé d'épuration biologique des eaux usées le plus couramment utilisé. La biomasse se trouve sous la forme de boues activées en suspension dans le bassin d'aération qui est traversé en continu par des eaux usées. C'est ici aussi qu'a lieu l'aération des eaux usées, laquelle assure l'alimentation en oxygène des micro-organismes. De la biomasse (boues activées) quitte également en continu

le bassin d'aération avec l'écoulement des eaux usées. C'est pourquoi ces boues activées doivent ensuite être séparées des eaux usées épurées dans un décanteur secondaire (en général par sédimentation). Une partie de ces boues est réacheminée jusqu'au bassin d'aération (boues de retour). La partie qui n'est pas réintroduite est appelée boues en excès et constitue un résidu de ce procédé.



Principe de base du procédé à boues activées aérobie



Construction et fonctionnement d'un lit bactérien

Lits bactériens

Les lits bactériens font partie des procédés à biofilm aérobie. Un tourniquet d'arrosage automatique épand de manière homogène les eaux usées sur un lit fixe. Le lit fixe est constitué d'une matière support spéciale à la surface de laquelle se forme une fine couche de micro-organismes (biofilm). La purification biologique des eaux usées a lieu pendant leur ruissellement au travers du lit fixe. Les lits bactériens sont pour la plupart de type ouvert et disposent d'ouvertures latérales en dessous du lit fixe. Cela permet d'obtenir une aération par convection naturelle (effet de cheminée). Il n'est donc pas nécessaire d'avoir recours à une aération artificielle coûteuse en énergie, comme c'est le cas par exemple pour le procédé à boues activées.

Procédés anaérobies

Les procédés anaérobies sont particulièrement adaptés aux eaux usées industrielles souvent très chargées en matières organiques (par ex. industrie alimentaire). On dispose ici d'une grande variété de procédés et de types de réacteurs différents. Du biogaz constitué essentiellement de méthane se forme durant la dégradation des matières organiques dans des conditions anaérobies. Ce biogaz peut être par exemple utilisé pour produire de l'électricité dans des centrales de cogénération. Il s'agit ici d'un aspect secondaire positif de l'épuration anaérobie des eaux usées, qui met également en évidence le lien étroit entre les questions d'énergie et d'environnement.



CE 705

Procédé à boues activées

La station d'épuration à l'échelle du laboratoire

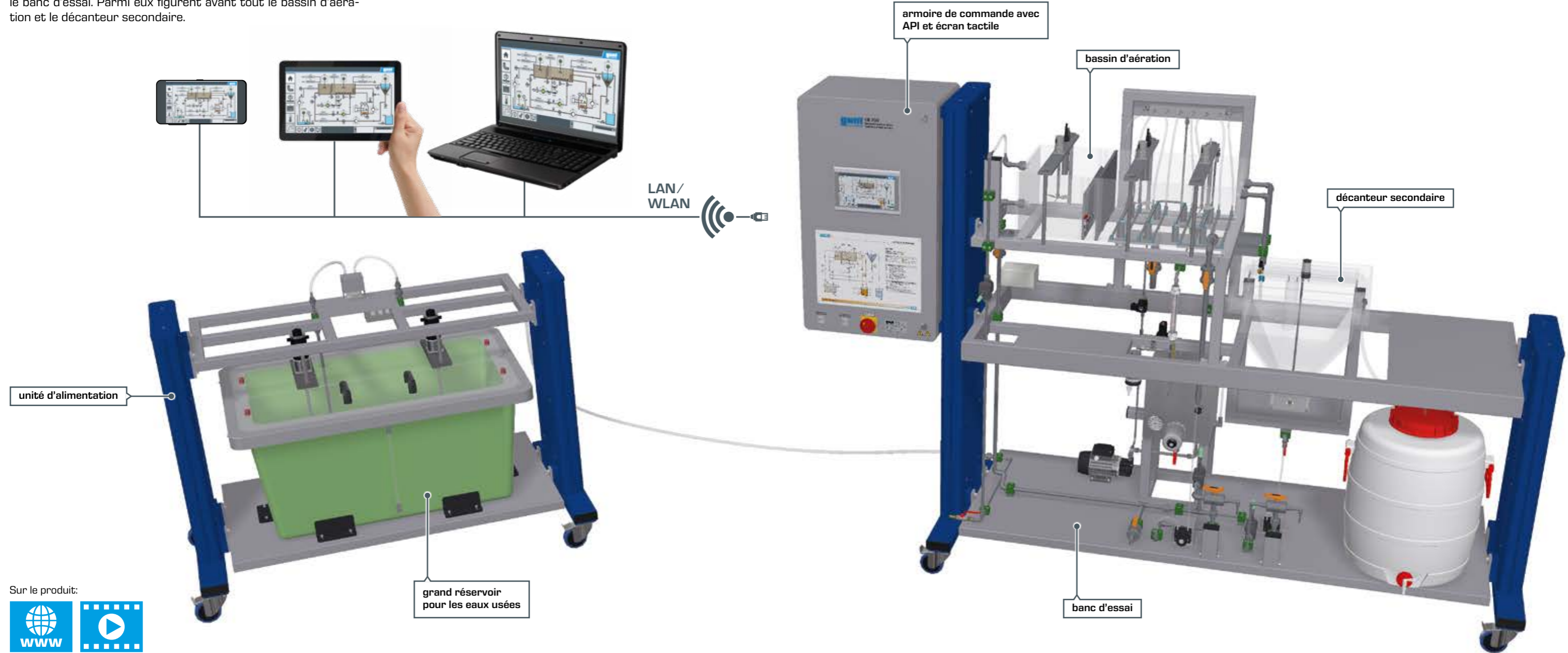
Le procédé à boues activées aérobie est le procédé biologique le plus utilisé au monde dans les stations d'épuration. Les futurs spécialistes en ingénierie de l'environnement doivent donc impérativement disposer des connaissances solides sur ce procédé.

Cet appareil a été développé par des ingénieurs expérimentés pour expliquer d'une manière claire et pratique les processus complexes de ce procédé en fonctionnement continu. L'appareil est conçu pour l'élimination du carbone et de l'azote. L'élimination de l'azote se fait par nitrification et dénitrification en amont. Le bassin d'aération est divisé à cet effet en deux zones: l'une aérobie, l'autre anoxique.

L'appareil est constitué d'une unité d'alimentation séparée avec un grand réservoir pour les eaux usées, et d'un banc d'essai. Tous les composants requis pour le processus se trouvent sur le banc d'essai. Parmi eux figurent avant tout le bassin d'aération et le décanteur secondaire.

Vous pouvez régler tous les paramètres utiles du processus afin d'étudier leur influence sur le processus d'épuration. La commande du banc d'essai est effectuée avec un API intégré via écran tactile. Grâce à un routeur intégré, le banc d'essai peut être alternativement commandé et exploité par un dispositif terminal. L'interface utilisateur peut également être affichée sur des terminaux supplémentaires ("screen mirroring").

- station d'épuration à l'échelle du laboratoire
- mode de fonctionnement en continu
- nitrification
- dénitrification en amont
- commande de l'appareil par API intégrée
- un routeur intégré pour l'exploitation et le contrôle via un dispositif terminal et pour le "screen mirroring" sur des terminaux supplémentaires: PC, tablette, smartphone



Sur le produit:





CE 705

Procédé à boues activées

Techniques de mesure et de régulation

Les processus complexes tels que le procédé à boues activées sont aujourd'hui en grande partie automatisés. Ce qui requiert l'utilisation de techniques modernes de mesure et régulation. Et cela demande aussi aux ingénieurs en environnement d'avoir au minimum des connaissances de base sur ce type de systèmes.

Afin de préparer les apprentis et les étudiants à ces exigences professionnelles, nous avons également tenu compte de cet aspect important lors du développement de l'appareil. C'est pourquoi le CE 705 est équipé de techniques très complètes de mesure et d'un API avec écran tactile.

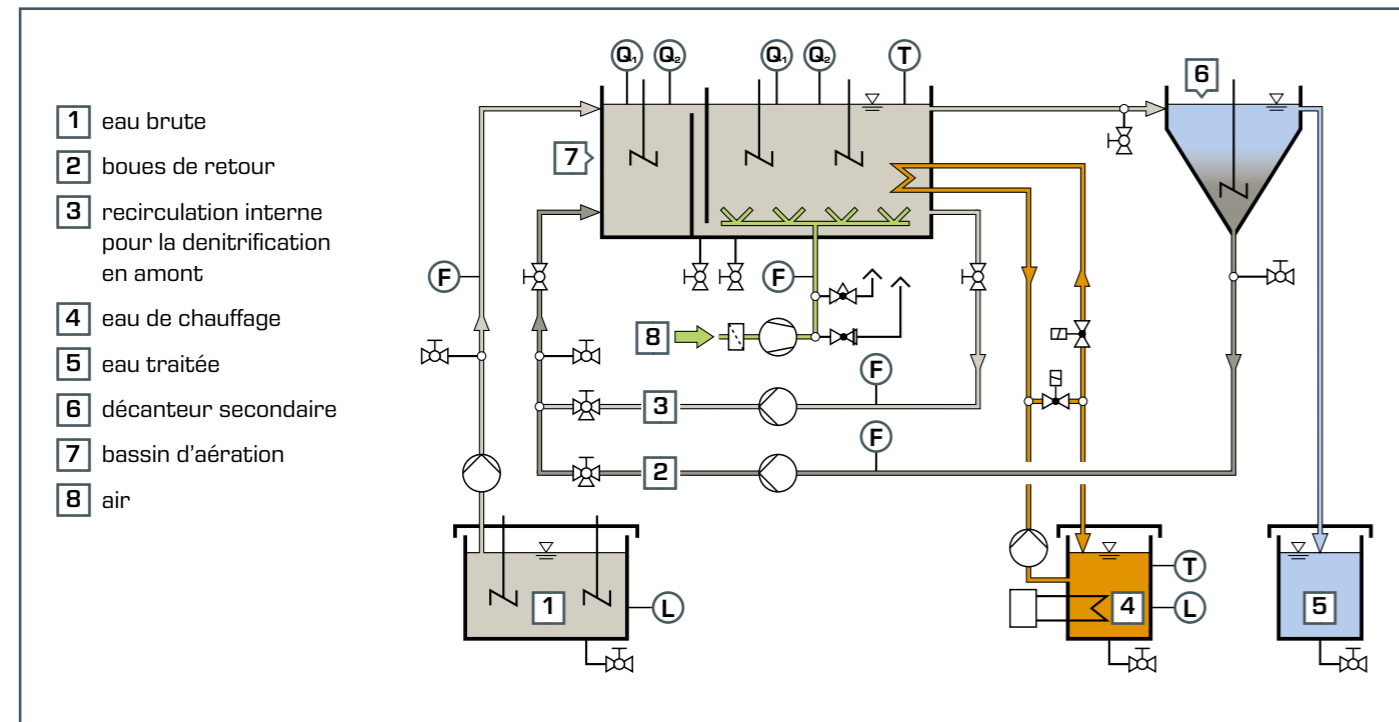


Schéma de processus CE 705

Grandeurs de mesure sur le CE 705

F débit	eau brute		
	recirculation interne		
	boues de retour		
	aération		
Q _i concentration d'oxygène	zone de dénitrification		
	zone de nitrification		
Q _p pH	zone de dénitrification		
	zone de nitrification		
T température	zone de nitrification		

mesure régulation

Matériel d'accompagnement didactique

Avec cet appareil, vous recevrez aussi bien entendu une documentation didactique exhaustive qui vous permettra de vous familiariser rapidement à son utilisation. Les fondements théoriques du procédé à boues activées sont en outre présentés de manière claire et détaillée.



Mise en service et formation

Le CE 705 est utilisé avec succès par de nombreux établissements de formation à travers le monde. La mise en service ainsi que la formation du client sont assurées par le personnel compétent de GUNT. En plus de tester les produits fournis, le personnel forme le client à l'utilisation des appareils. Cela vous permet d'intégrer rapidement le système de formation à vos cours.



Après une mise en service et une formation réussie, un employé de chez GUNT remet le CE 705 à Madame Deininger, professeur et docteur en ingénierie, de l'école supérieure de Deggendorf (Allemagne).

Contenu didactique	
■	mode de fonctionnement de la nitrification et de la dénitrification en amont
■	établissement d'un état de fonctionnement stable
■	identification des grandeurs influentes suivantes: <ul style="list-style-type: none"> ▶ âge des boues ▶ charge volumique ▶ charge massique ▶ taux de reflux de boues de retour ▶ taux de reflux de recirculation interne (dénitrification)
■	rendement de la dénitrification en amont
■	influence des conditions ambiantes suivantes sur la dégradation biologique: <ul style="list-style-type: none"> ▶ pH ▶ température ▶ concentration d'oxygène

TECHNISCHE HOCHSCHULE DEGGENDORF **THD**

École supérieure de Deggendorf, Allemagne
Une formation moderne et orientée vers la pratique - à l'aide des systèmes didactiques de qualité GUNT

Sur le produit:



CE 704

Procédé SBR Sequencing Batch Reactor

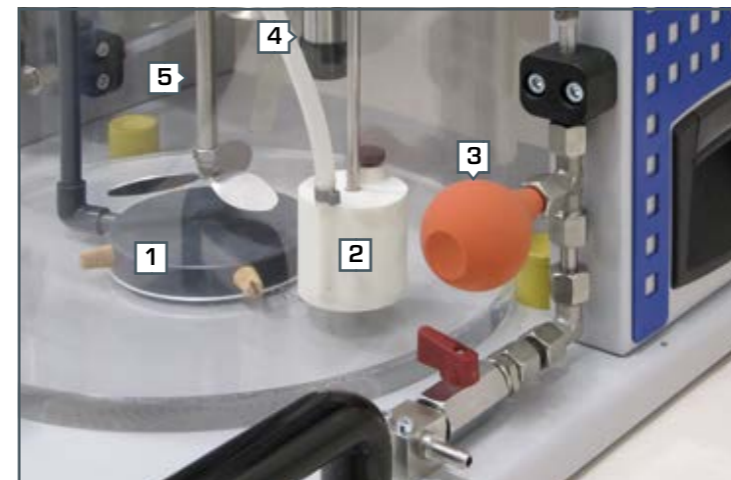
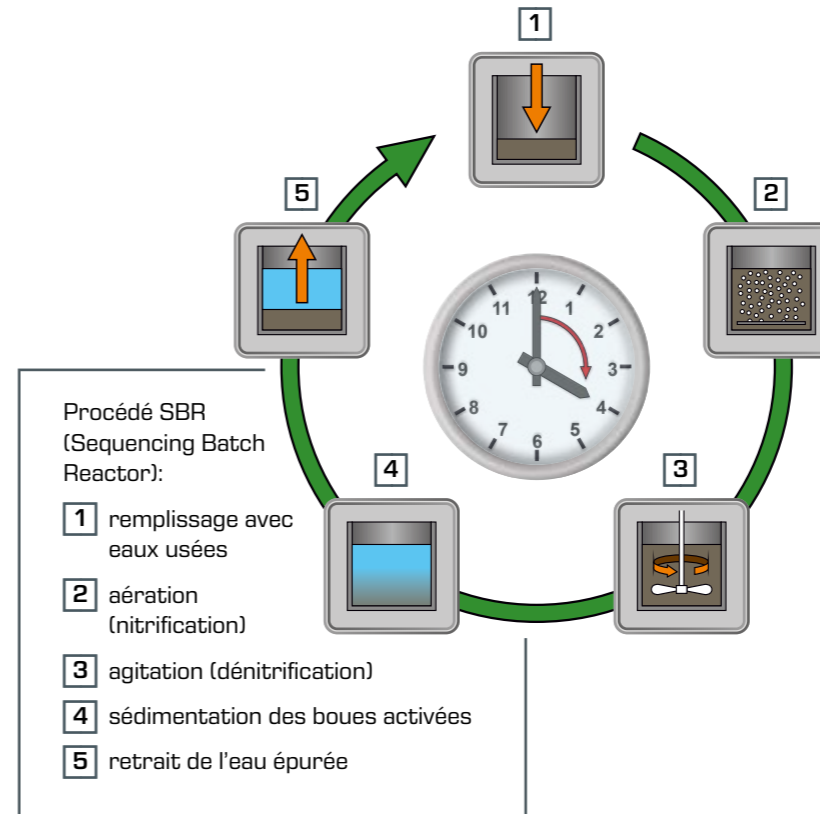
Epuration discontinue des eaux usées

Lors du procédé à boues activées continu classique, les différentes étapes du processus d'épuration biologique ont lieu en même temps à des endroits différents. Les étapes de processus du procédé SBR ont lieu au contraire de manière successive dans un seul bassin. L'épuration des eaux usées n'a donc pas lieu de manière continue mais bien discontinue. C'est pourquoi ce type de réacteur est appelé Sequencing Batch Reactor (SBR).

Au début d'un cycle, on remplit le réacteur d'eaux usées. Suivent les phases d'agitation et d'aération. Cela permet d'obtenir le milieu requis pour l'étape correspondante du processus. Après un temps défini, on éteint tous les agitateurs ainsi que l'aération. Cela fait sédimenter les boues activées au fond du réacteur. Une fois la phase de sédimentation terminée, les eaux usées nettoyées sont transportées hors du réacteur pour permettre le démarrage d'un nouveau cycle. La durée et l'ordre des différentes phases peut varier d'un cycle à l'autre. Seules la sédimentation des boues activées et le retrait de l'eau épurée ont toujours forcément lieu à la fin du cycle.

Cet appareil didactique sert à assimiler de manière pratique les principes de base du procédé SBR. Le réacteur constitue le composant principal de l'appareil; il est équipé d'un agitateur et d'un dispositif d'aération. L'agitateur garantit un mélange suffisant du contenu du réacteur même lors des phases sans aération (dénitrification).

Des programmeurs permettent d'ajuster les phases d'aération et les phases de mélange. La concentration d'oxygène, la valeur du pH et la température du réacteur sont enregistrées. Un régulateur numérique de processus indique les valeurs de mesure et la vitesse de rotation de l'agitateur. Le régulateur de processus sert également à régler la concentration d'oxygène durant la phase d'aération. Le régulateur de processus dispose d'une commande très conviviale par écran tactile.



Régulateur numérique de processus indiquant les valeurs de processus et permettant la régulation de la concentration d'oxygène

Contenu didactique
■ mode opératoire du procédé SBR
■ élimination de l'azote par nitrification et dénitrification
■ influence de la forme du cycle sur le résultat de l'épuration
■ enregistrement et interprétation des courbes de concentration dans le temps
■ détermination des taux de rendement
■ propriétés de sédimentation des boues activées

Sur le produit:





CE 701

Procédé à biofilm

Lits bactériens à l'échelle du laboratoire

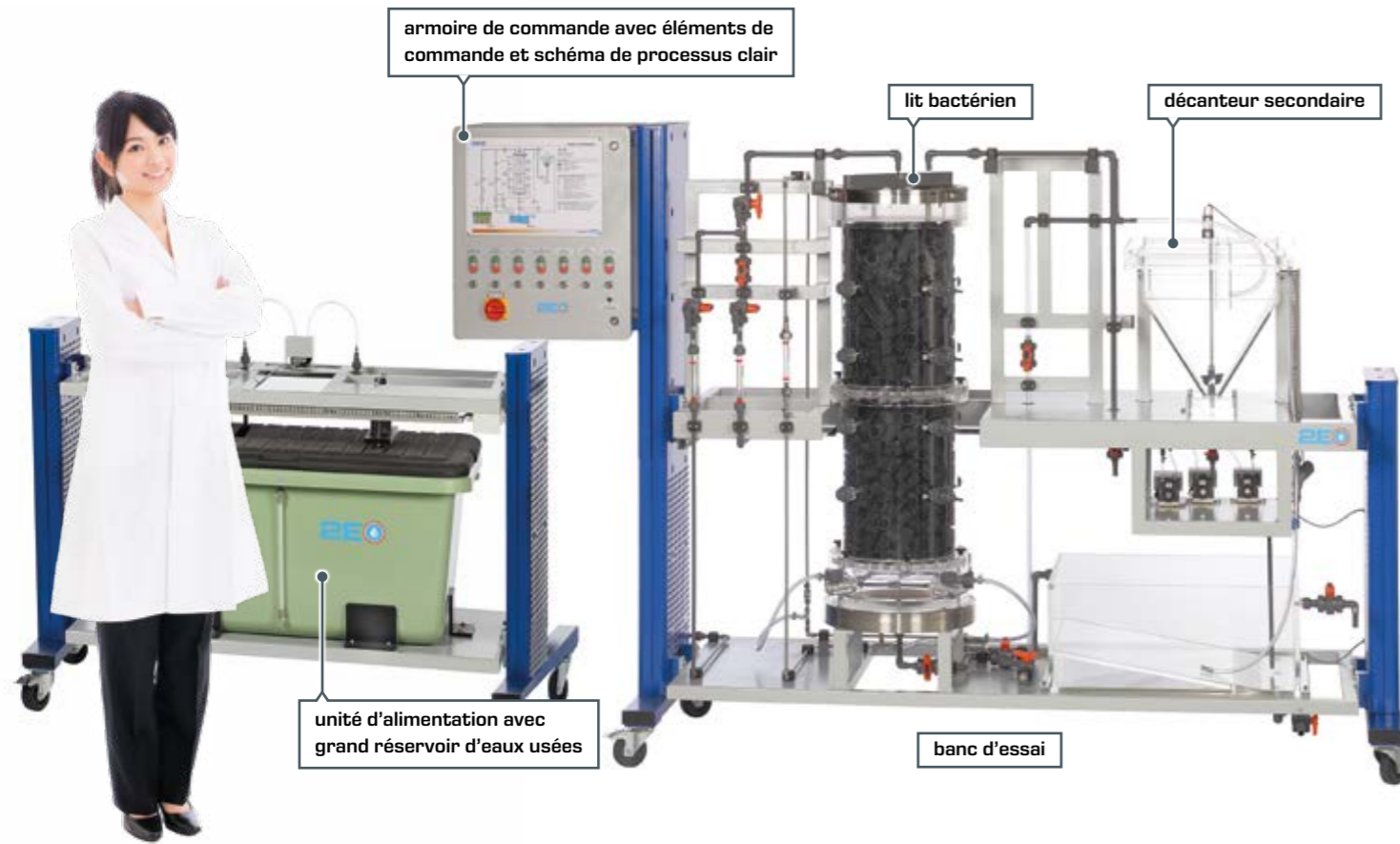
Les lits bactériens: un procédé à biofilm aérobie

Bien que les lits bactériens comptent parmi les procédés biologiques d'épuration des eaux usées les plus anciens, ils sont encore beaucoup utilisés aujourd'hui. C'est pourquoi le procédé des lits bactériens fait aujourd'hui comme hier partie intégrante des programmes de formation sur le traitement de l'eau.

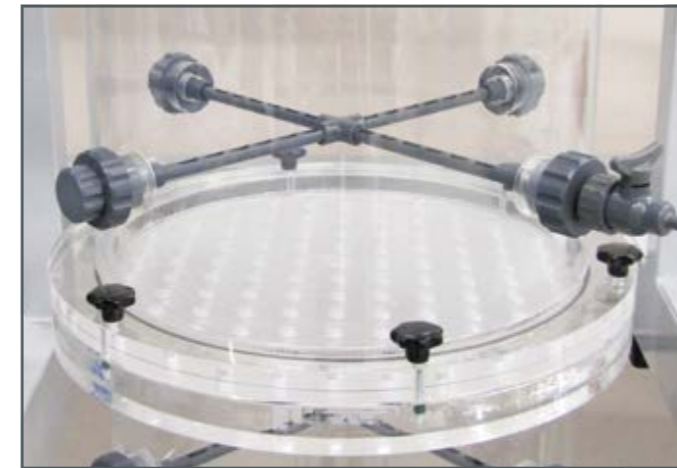
Le lit bactérien du CE 701 est conçu pour l'élimination du carbone et la nitrification. Une tête d'arrosage automatique épand de manière homogène les eaux usées à épurer sur le lit fixe. Vous pouvez ajuster en continu la vitesse de rotation de la tête d'arrosage automatique. Pour le lit fixe, vous disposez de deux types de corps de remplissage différents en PEHD. Les corps de remplissage se distinguent de par leur surface spécifique.

Le lit bactérien CE 701 dispose d'ouvertures d'aération en dessous du lit fixe. Cela permet une aération par convection naturelle. En cas de besoin, vous pouvez aussi fermer ces ouvertures d'aération, afin d'aérer le lit bactérien de manière artificielle au moyen d'un compresseur.

La documentation didactique présente de manière détaillée les fondements et les caractéristiques des dispositifs de lit bactérien. La description détaillée de l'appareil et des essais vous permet d'intégrer rapidement ce système didactique à vos cours.



Tête d'arrosage automatique sur le haut du lit bactérien avec ajustage en continu de la vitesse de rotation



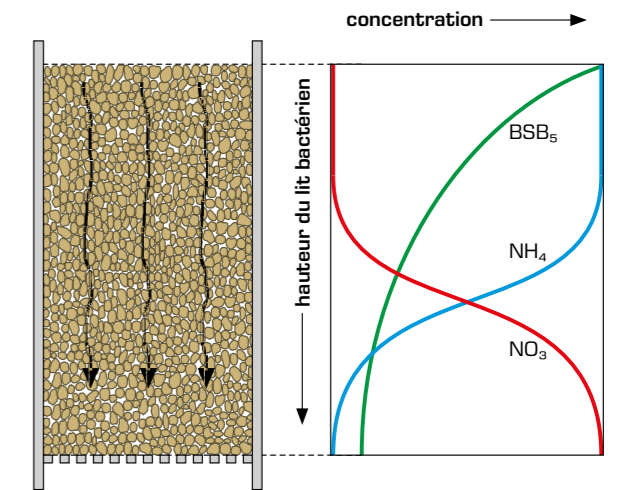
Point de prélèvement à l'intérieur du lit bactérien



Documentation didactique du CE 701

Profils de concentration

Des points de prélèvement sont disposés à l'intérieur du lit fixe. Cela vous permet de déterminer les profils de concentration caractéristiques du DBO₅, de l'ammonium et du nitrate pour les lits bactériens.



Profils de concentration typiques du DBO₅, de l'ammonium (NH₄) et du nitrate (NO₃) dans un lit bactérien

Sur le produit:



- Contenu didactique**
- mode de fonctionnement d'un lit bactérien
 - enregistrement des profils de concentration
 - établissement d'un état de fonctionnement stable
 - identification des grandeurs influentes suivantes
 - ▶ débit de recirculation
 - ▶ charge volumique du lit bactérien
 - ▶ charge superficielle du lit bactérien
 - comparaison des différents corps de remplissage



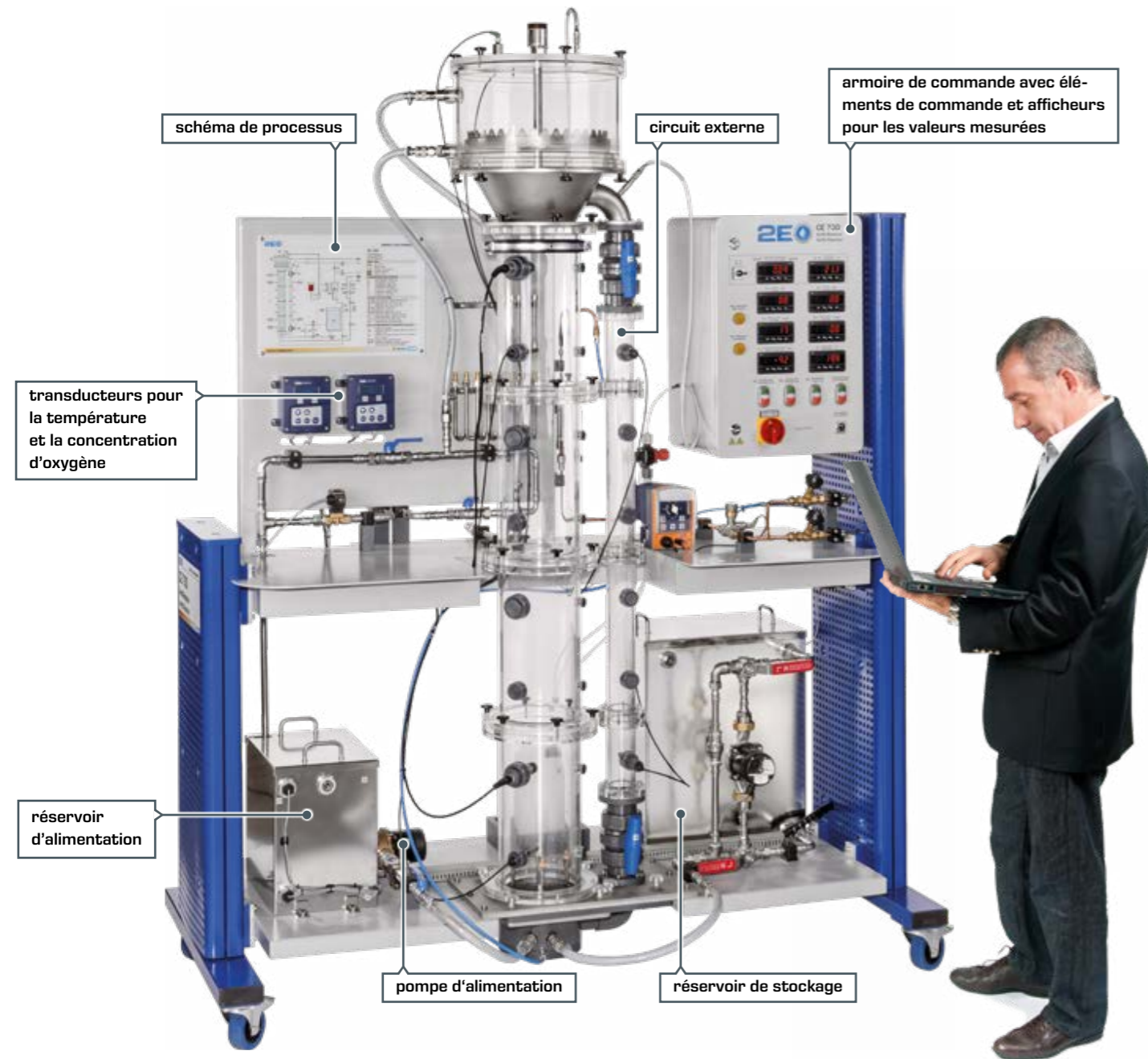
CE 730

Réacteur airlift

Bioréacteurs puissants

L'alimentation en oxygène des micro-organismes (biomasse) joue un rôle central dans l'efficacité d'un bioréacteur aérobique. Le mélange homogène du contenu dans le réacteur représente un autre aspect important. Les réacteurs airlift répondent particulièrement bien à ces deux exigences.

Dans un réacteur airlift, le mélange se fait exclusivement par le biais de l'aération qui est de toute façon requise. Aucune pièce mécanique mobile (par ex. agitateurs) n'est requise. La retenue de la biomasse dans le réacteur, condition nécessaire pour un fonctionnement efficace, est assurée par une circulation. Les réacteurs airlift sont utilisés en biotechnologie ainsi que pour l'épuration biologique des eaux usées.



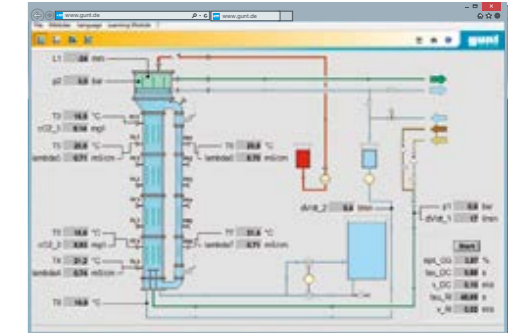
Réacteur airlift CE 730

L'accent didactique du CE 730 porte sur le principe et le mode de fonctionnement d'un réacteur airlift. Ce qui inclut la libération d'oxygène dans la phase liquide (eau) et la détermination des conditions d'écoulement dans le réacteur.

Au coeur du banc d'essai, on trouve le réacteur airlift avec un circuit externe. Différents types de distributeurs sont à votre disposition pour l'aération du réacteur. Cela permet d'étudier l'influence de la taille des bulles sur le transfert de masse. Deux points de mesure de la conductivité se trouvent sur la circulation, à des intervalles définis. L'ajout d'une solution saline entraîne, aux deux points de mesure, une augmentation soudaine (pic) et décalée dans le temps de la conductivité. Il est possible de déterminer la vitesse d'écoulement dans le réacteur à l'aide de ce décalage temporel entre les deux pics et de la distance qui sépare les points de mesure.

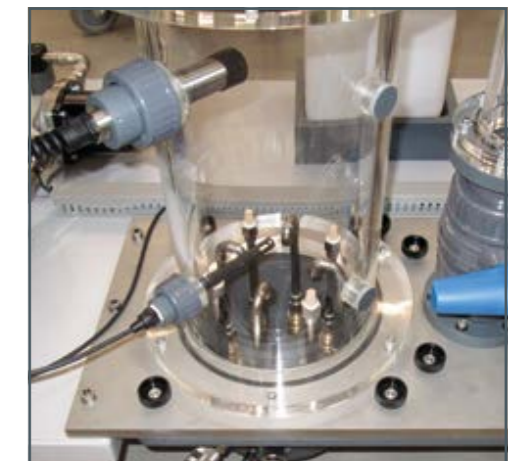


Réacteur airlift dans l'opération de test



Logiciel

Le logiciel bien conçu du CE 730 affiche en continu les valeurs de toutes les grandeurs du processus importantes. Vous avez bien entendu la possibilité d'enregistrer les valeurs de mesure pour l'exploitation.



Distributeurs divers pour l'aération du réacteur

- ### Contenu didactique
- influence de la vitesse du gaz dans le tube vide:
 - teneur en gaz
 - coefficient de transfert de masse
 - temps de mélange
 - vitesse du liquide dans le tube vide

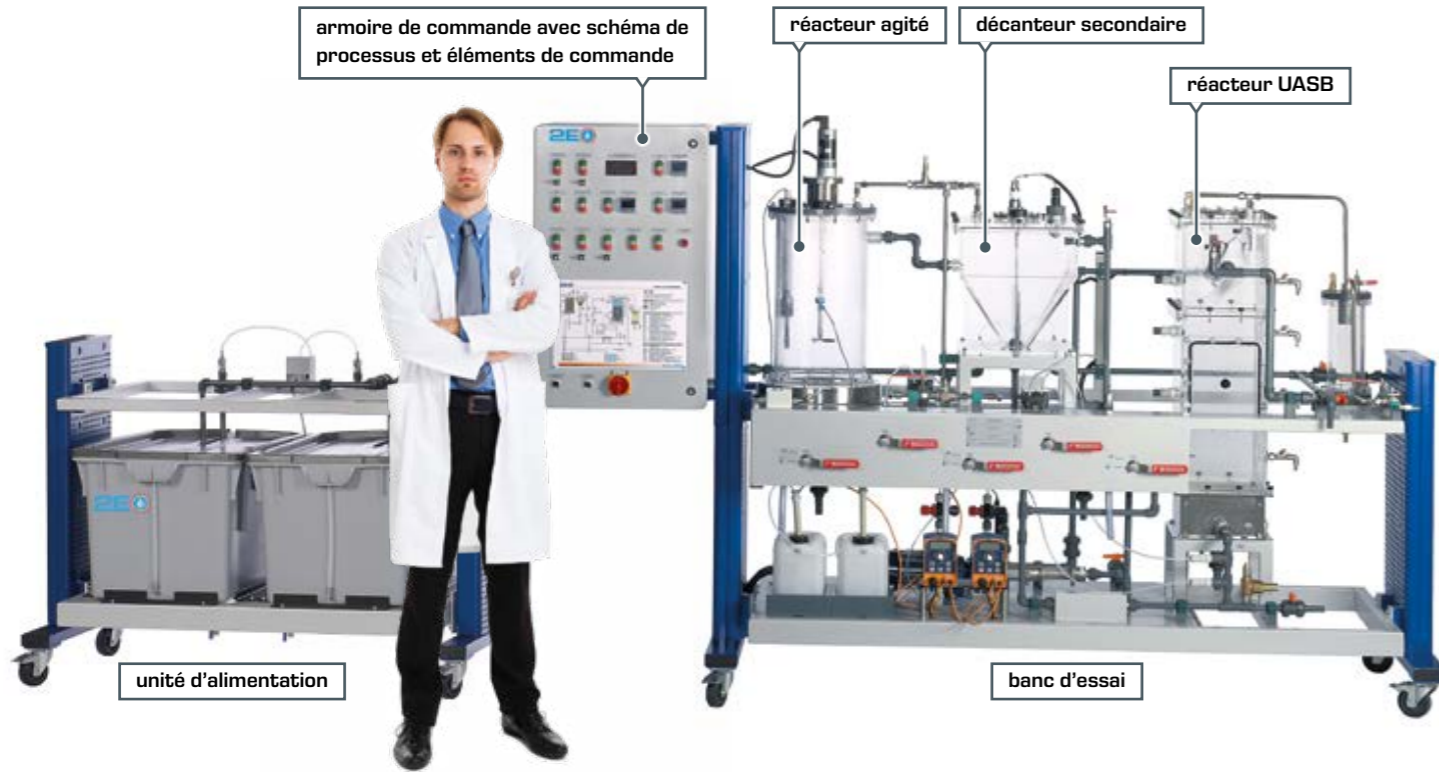
Sur le produit:





CE 702

Traitement anaérobie de l'eau



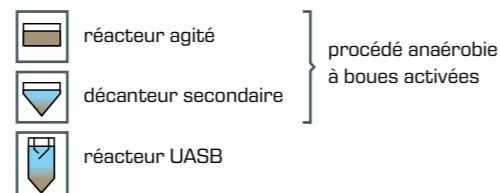
Les procédés anaérobies sont essentiellement utilisés pour les eaux usées très chargées en matières organiques, comme c'est le cas par exemple dans l'industrie alimentaire.

Avec notre appareil didactique CE 702, vous disposez de deux procédés différents. D'un côté, le procédé à boues activées anaérobie, de l'autre le procédé UASB. Les deux procédés peuvent être installés soit séparément (1 étape) soit en série (2 étapes). Vous disposez ainsi de trois modes de fonctionnement différents. L'appareil dispose en outre de techniques de mesure et régulation très complètes, ainsi que d'un logiciel.

Vous recevrez bien entendu avec cet appareil une documentation didactique exhaustive qui vous permettra de vous familiariser rapidement à son utilisation. Les fondements théoriques de l'épuration anaérobie des eaux usées sont en outre présentés de manière claire et détaillée.

Le mode de fonctionnement à deux niveaux vous permet de régler le pH et la température aux deux niveaux, indépendamment l'un de l'autre. Ce type de procédure a fait ses preuves et a l'avantage de permettre un meilleur ajustement des conditions ambiantes aux différentes étapes de la dégradation. L'appareil est équipé de conduites de collecte des gaz, ce qui vous permet de prélever des échantillons de gaz sur le système à des fins d'analyse.

Mode de fonctionnement 1 (1 étape)	
Mode de fonctionnement 2 (1 étape)	
Mode de fonctionnement 3 (2 étapes)	



Essai de fonctionnement réussi du réacteur UASB du CE 702 dans notre laboratoire

Logiciel

Le logiciel du CE 702 indique en continu les températures et le pH dans les deux réacteurs. Cela vous permet d'obtenir à tout moment un aperçu rapide des conditions dans les réacteurs. Vous pouvez enregistrer les valeurs de mesure pour les analyser. Cela réduit les tâches de routine et permet de se concentrer sur la réalisation des essais.

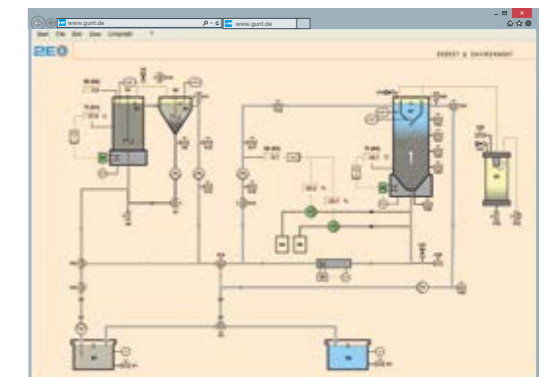
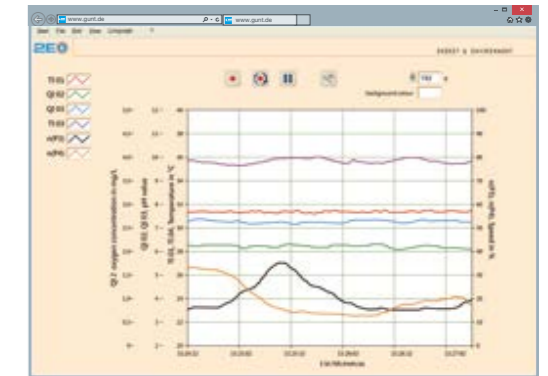


Schéma de processus avec affichage des valeurs de mesure



Affichage des valeurs de mesure en fonction du temps

Contenu didactique

- influence de la température et du pH sur la dégradation anaérobie
- mode de fonctionnement d'un réacteur UASB
- comparaison entre les modes de fonctionnement en 1 et en 2 étapes
- observation et optimisation des conditions de fonctionnement
- identification des grandeurs influentes suivantes
 - ▶ charge massique
 - ▶ charge volumique
 - ▶ vitesse d'écoulement dans le réacteur UASB

Sur le produit:





Connaissances de base Traitement physico-chimique de l'eau

Domaine d'application des procédés physiques/chimiques

Les eaux usées industrielles contiennent souvent des matières inorganiques (par ex. des métaux lourds) ou organiques, qui ne sont pas biologiquement dégradables. Cela concerne de nombreux lixiviats de décharge et eaux souterraines contaminées. La mise en œuvre de procédés physiques/chimiques se prête à ces cas de figure. Ce domaine du traitement de l'eau compte une grande variété de procédés. Parmi les procédés les plus fréquemment utilisés, on peut citer les suivants:

Adsorption	Osmose inverse	Échange d'ions
Précipitation	Floculation	Procédé d'oxydation

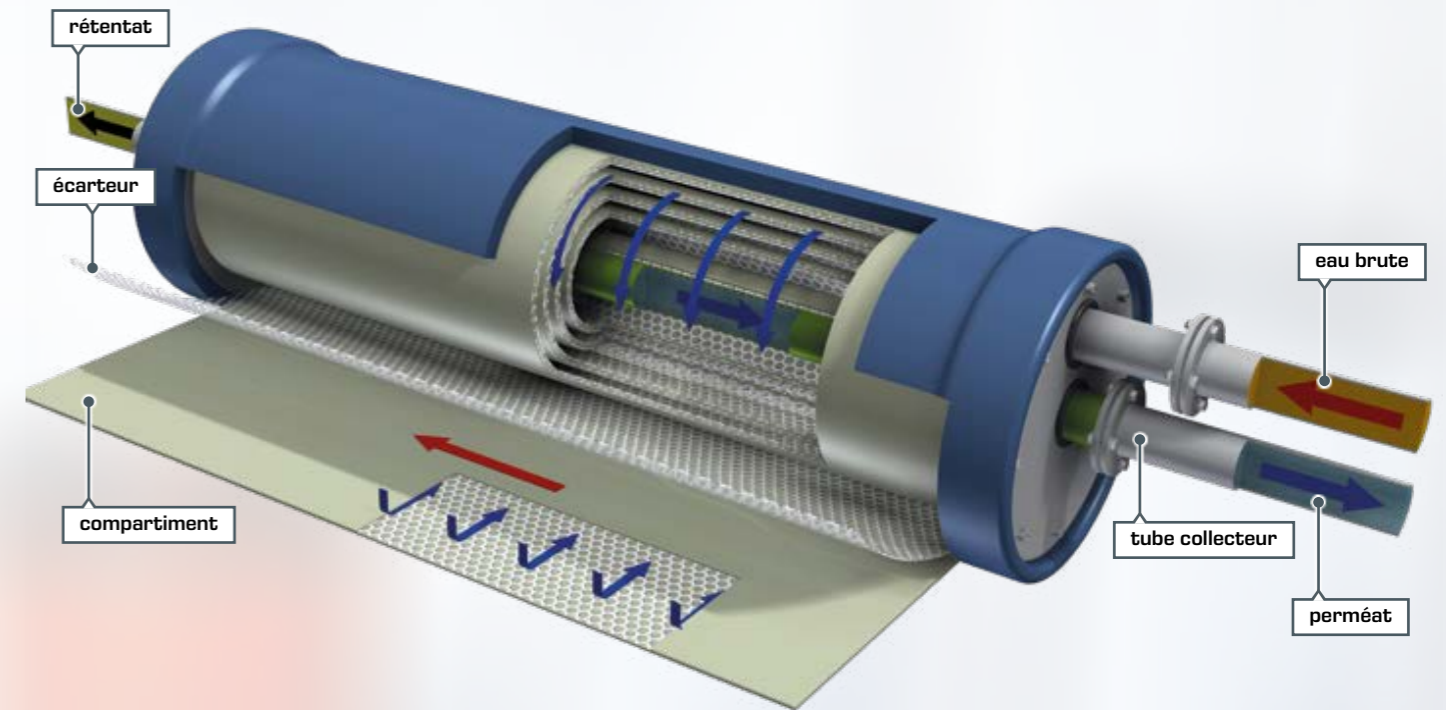


Adsorbants traversés en continu dans une station de traitement de l'eau

Adsorption

Lors de l'adsorption, la matière à séparer (adsorbat) est liée à la surface d'un corps solide (adsorbant). Cette liaison peut s'effectuer physiquement ou chimiquement. L'adsorbant le plus couramment utilisé est le charbon actif en granulés. Ce procédé permet de séparer de manière fiable de l'eau des composés toxiques tels que les hydrocarbures chlorés. Il s'agit de matières souvent présentes dans les lixiviats de décharge et les eaux souterraines contaminées.

L'adsorption se fait en général par le biais d'adsorbants qui sont traversés en continu. Ces adsorbants sont pourvus d'un lit fixe composé de granulés de charbon actif. Au bout d'une certaine durée de fonctionnement, la concentration d'adsorbat dans d'autre d'une membrane l'évacuation d'un adsorbant se met à augmenter. Cet état est qualifié d'état de perçage. En relevant la concentration d'adsorbat dans l'évacuation d'un adsorbant en fonction du temps, on obtient ce que l'on appelle la courbe de perçage.



Osmose inverse: procédé de séparation par membrane pour les plus hautes exigences

Le principe de base de l'osmose inverse est on ne peut plus simple. Il s'agit de contrecarrer la tendance à l'équilibre des concentrations de par et d'autre d'une membrane (osmose). On génère à cet effet une contre-pression, laquelle doit être au moins aussi élevée que la pression osmotique. L'eau s'écoule alors en direction de la baisse de concentration au travers de la membrane, si bien que la concentration augmente fortement d'un côté (rétentat) et continue de baisser de l'autre (perméat). Pour simplifier, on peut comparer l'osmose inverse à un processus de dilution.

Avec l'osmose inverse, même les matières dissoutes comme les ions peuvent être extraites de l'eau. Cela permet de produire de l'eau ultra-pure dont l'utilisation est requise dans de nombreux processus industriels sensibles dont notamment l'industrie pharmaceutique. Le dessalement de l'eau de mer est un autre domaine d'application.

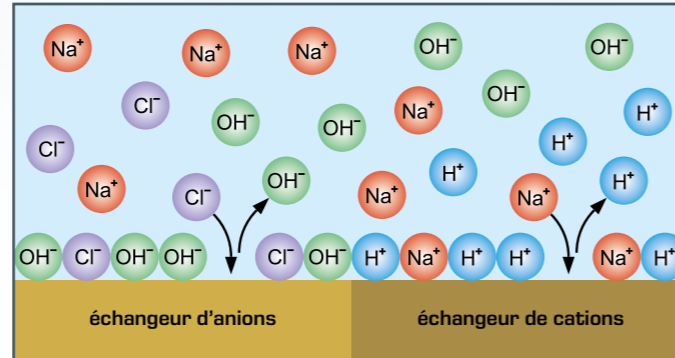
On utilise pour l'osmose inverse ce que l'on appelle des modules à membrane spiralée. Leur particularité réside dans la membrane en forme de spirale enroulée autour d'un tube central. Étant donné la pression élevée du côté de l'arrivée, l'eau (perméat) traverse la membrane et s'écoule en spirale vers le tube collecteur central. Le flux partiel retenu par la membrane (rétentat) est conduit hors du module via un tube séparé.

Connaissances de base Traitement physico-chimique de l'eau

Échange d'ions

L'échange d'ions est un procédé physico-chimique durant lequel une matière solide absorbe des ions d'un liquide et libère en échange une quantité équivalente d'ions de même charge dans le liquide. Si les ions échangés ont une charge positive (sodium Na^+ par exemple), on parle d'échange de cations. A contrario, on parle d'échange d'anions lorsque les ions échangés sont chargés négativement (par ex. chlorure Cl^-).

Les échangeurs d'ions sont utilisés essentiellement pour le dessalement et l'adoucissement. Les métaux lourds souvent contenus dans les effluents de l'industrie métallurgique peuvent être également éliminés par échange d'ions.



Dessalement par échange d'anions suivi d'un échange de cations

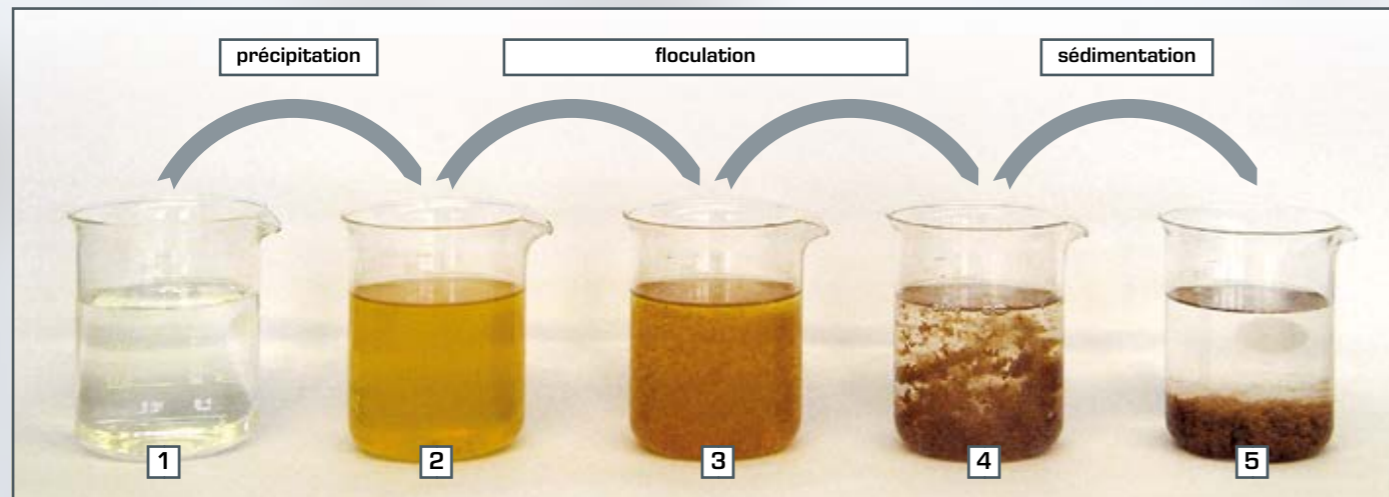
Précipitation

La précipitation est un procédé chimique par lequel une matière dissoute prend une forme insoluble (matière solide) sous l'effet d'une réaction avec une autre matière. La précipitation est adaptée par ex. à l'élimination de métaux dissous. Par ailleurs, elle est aussi utilisée pour l'élimination du phosphore dans les stations d'épuration.

Dans la pratique, la précipitation est souvent suivie d'une floculation permettant d'augmenter la taille des matières solides formées. Ce qui facilite la séparation mécanique ultérieure des matières solides (par ex. par sédimentation).

Floculation

Avant d'ajouter certains produits chimiques, on annule au préalable les forces électrostatiques répulsives qui s'exercent entre les particules solides. Cela a pour effet d'agglomérer les particules en petits flocons (coagulation). Pour augmenter la taille des flocons, on ajoute ensuite du floculant dans l'eau (par ex. polymère). Cela conduit à la formation de flocons de plusieurs millimètres de diamètre ensuite faciles à séparer mécaniquement.



Précipitation et floculation de fer dissous: lorsque l'on ajoute de la lessive de soude, le fer dissous (1) se dépose tout d'abord sous la forme d'hydroxyde de fer insoluble de couleur jaune (2). L'ajout d'autres produits chimiques entraîne la formation de gros flocons d'hydroxyde de fer (3 à 4) qui sont ensuite faciles à séparer par sédimentation (5).

Procédé d'oxydation

Nombre de polluants ne sont pas dégradables biologiquement et ne peuvent donc être éliminés au moyen de procédés biologiques. C'est par exemple le cas de nombreux hydrocarbures chlorés. Suite à des traitements inadéquats, on retrouve ces matières en de nombreux endroits des eaux souterraines, ce qui représente une menace pour l'Homme et l'environnement. Le procédé d'oxydation constitue une méthode efficace pour éliminer ce type de matières de l'eau.

Il existe, pour traiter l'eau, une multitude de procédés d'oxydation différents. Ce que l'on appelle les « procédés d'oxydation

avancés » sont en particulier de plus en plus utilisés ces dernières années. Ce qui caractérise en premier lieu ces procédés est la formation de radicaux OH très réactifs. Ces radicaux font partie des oxydants les plus puissants et sont ainsi en mesure d'oxyder pratiquement n'importe quelle matière.

On peut générer des radicaux OH en irradiant de l'eau oxygénée (H_2O_2) avec de la lumière UV. On utilise à cet effet de préférence des rayonnements UV-C d'une longueur d'onde de 254 nm.

Production d'un radical OH au moyen de lumière UV et d'eau oxygénée (H_2O_2)

- oxygène
- hydrogène
- électron libre

Chemical reaction: $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{UV} \rightarrow 2 \cdot\text{OH}$



CE 583

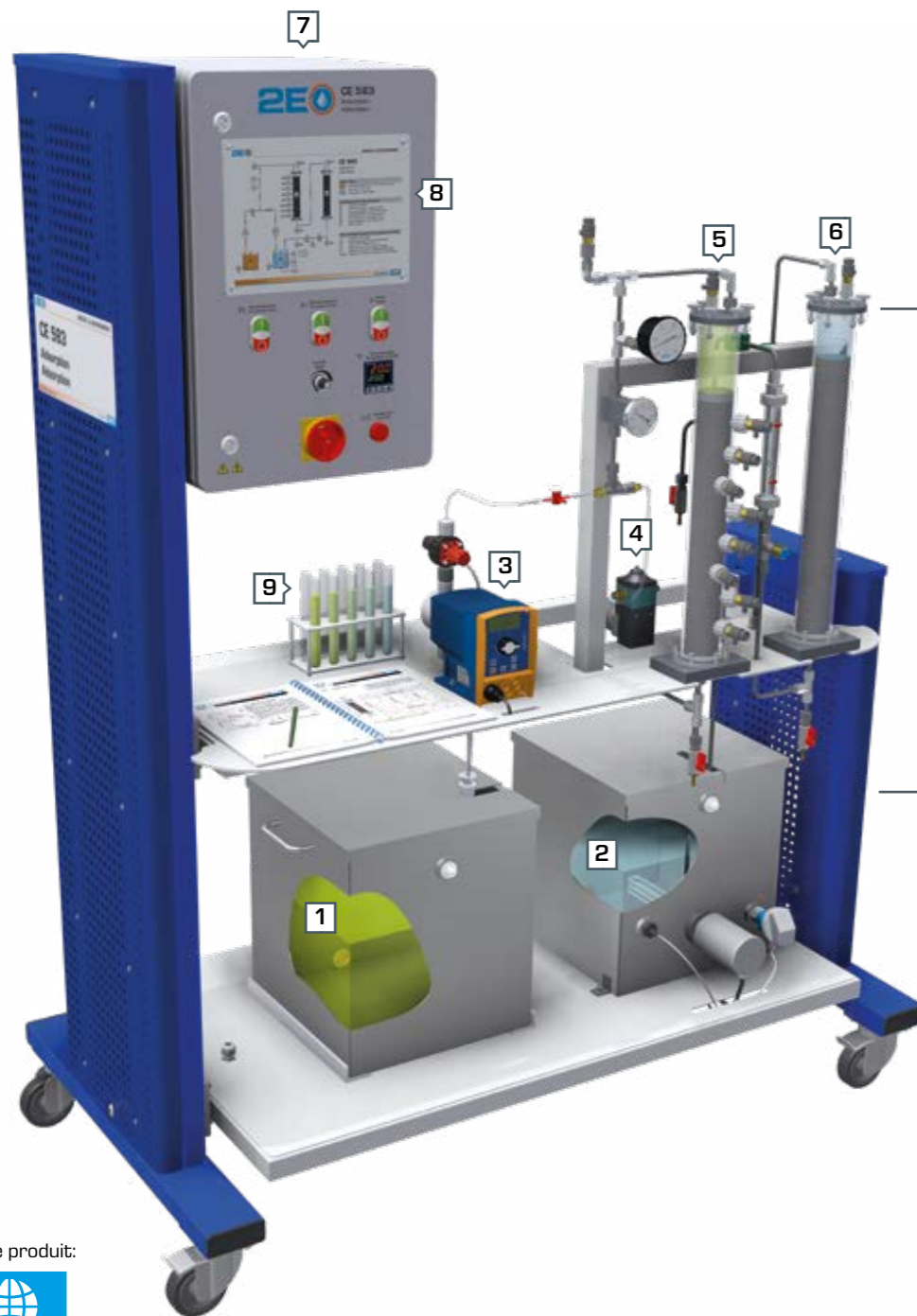
Adsorption



Traitement adsorptif de l'eau en fonctionnement continu

L'adsorption sur charbon actif représente une alternative efficace et souvent utilisée pour éliminer des substances organiques non dégradables biologiquement, comme c'est le cas des hydrocarbures chlorés. Notre appareil CE 583 vous permet d'expliquer les fondements de ce procédé en fonctionnement continu et donc sous des aspects très pratiques.

Cet appareil est constitué pour l'essentiel de deux adsorbeurs montés en série et remplis de granules de charbon actif. Le premier adsorbeur est équipé de robinets d'échantillonnage vous permettant de déterminer des profils de concentration. Ces profils jouent un rôle central dans la compréhension de l'adsorption.



- 1 concentration d'adsorbat
- 2 eau épurée
- 3 pompe de dosage
- 4 pompe de circulation
- 5 premier adsorbeur
- 6 second adsorbeur
- 7 armoire de commande
- 8 schéma de processus
- 9 tubes réactifs pour les prélèvements d'échantillons

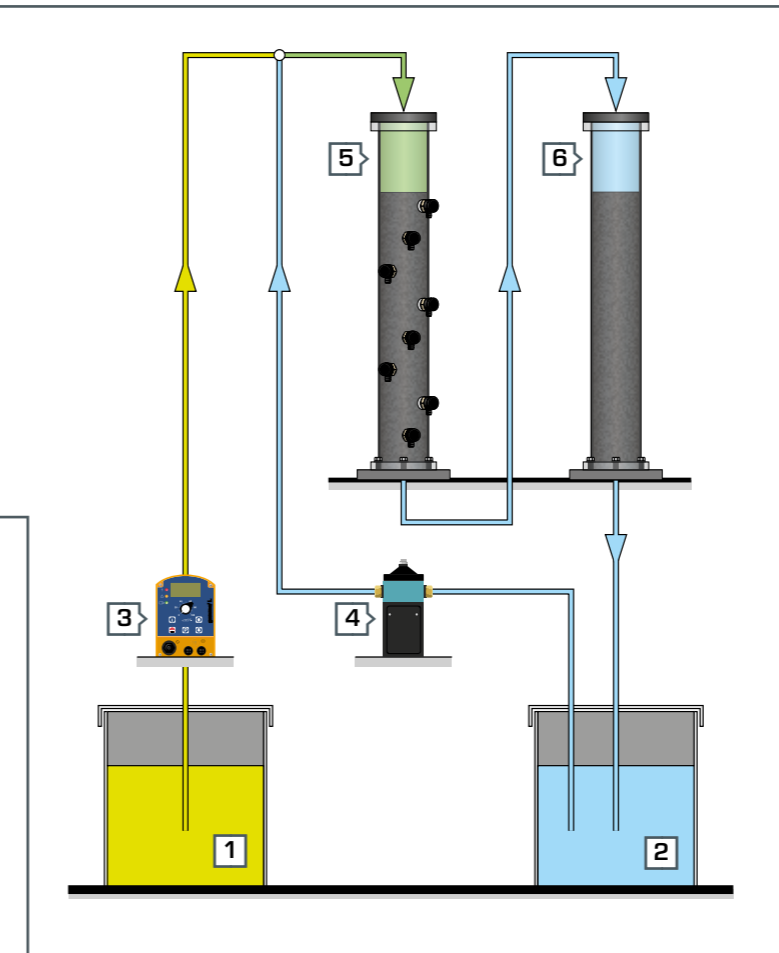
i Adsorbat
On appelle adsorbat la matière dissoute dans l'eau qui doit être éliminée par adsorption.

Principe de fonctionnement

On fait circuler de l'eau épurée à travers les deux adsorbeurs. Une pompe de dosage injecte une solution concentrée d'adsorbat dans la zone d'alimentation du premier adsorbeur du circuit. La pompe de dosage permet un ajustage très précis du débit de refoulement. Cela vous permet de régler très précisément la concentration d'alimentation de l'adsorbat. Le second adsorbeur permet de s'assurer que l'eau qui circule ne contient plus du tout d'adsorbat, même en cas de percée intégrale du premier adsorbeur. Cela garantit également, lors des essais de longue durée, une concentration constante de l'adsorbat dans l'alimentation du premier adsorbeur.

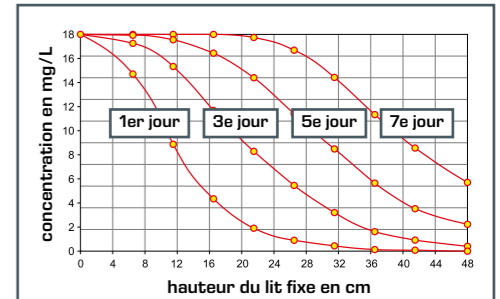
Régulation de la température

L'appareil est équipé d'un dispositif de régulation de la température. Cela vous permet d'étudier l'influence de la température de l'eau sur le processus d'absorption.



i Notre recommandation

Vous pouvez démontrer de manière impressionnante l'adsorption en utilisant comme adsorbat un colorant adsorbable soluble dans l'eau. C'est le cas par exemple du bleu de méthylène ou de la fluorescéine.



Extrait de l'instruction d'expériences du CE 583: profils de concentration du bleu de méthylène à différents instants

Contenu didactique

- enregistrement des profils de concentration
- enregistrement des courbes de perçage
- relation entre des profils de concentration et des courbes de perçage
- détermination de la zone de transfert de masse
- bilan de masse et rendement d'un adsorbeur
- prédiction des courbes de perçage
- extrapolation des résultats à l'échelle industrielle (scale-up)
- paramètres influant sur l'absorption
 - ▶ temps de contact
 - ▶ température
 - ▶ mode de fonctionnement



CE 530

Osmose inverse

Cet appareil a été développé en étroite collaboration avec l'institut de génie des procédés thermiques de l'université technique de Hambourg Harburg, Allemagne.

Le composant principal du CE 530 est le module à membrane spiralée. Le concept est centré à la fois sur la construction, l'entretien et le principe de fonctionnement d'un module à membrane spiralée, et sur la détermination de paramètres spécifiques (par ex. la capacité de rétention). L'appareil est conçu pour le dessalement de l'eau. Afin de pouvoir contrôler le succès

du dessalement, des capteurs de conductivité ont été installés aux points requis sur l'appareil. Vous pouvez bien entendu ajuster la pression et le débit.

La documentation didactique expose de manière détaillée les fondements et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

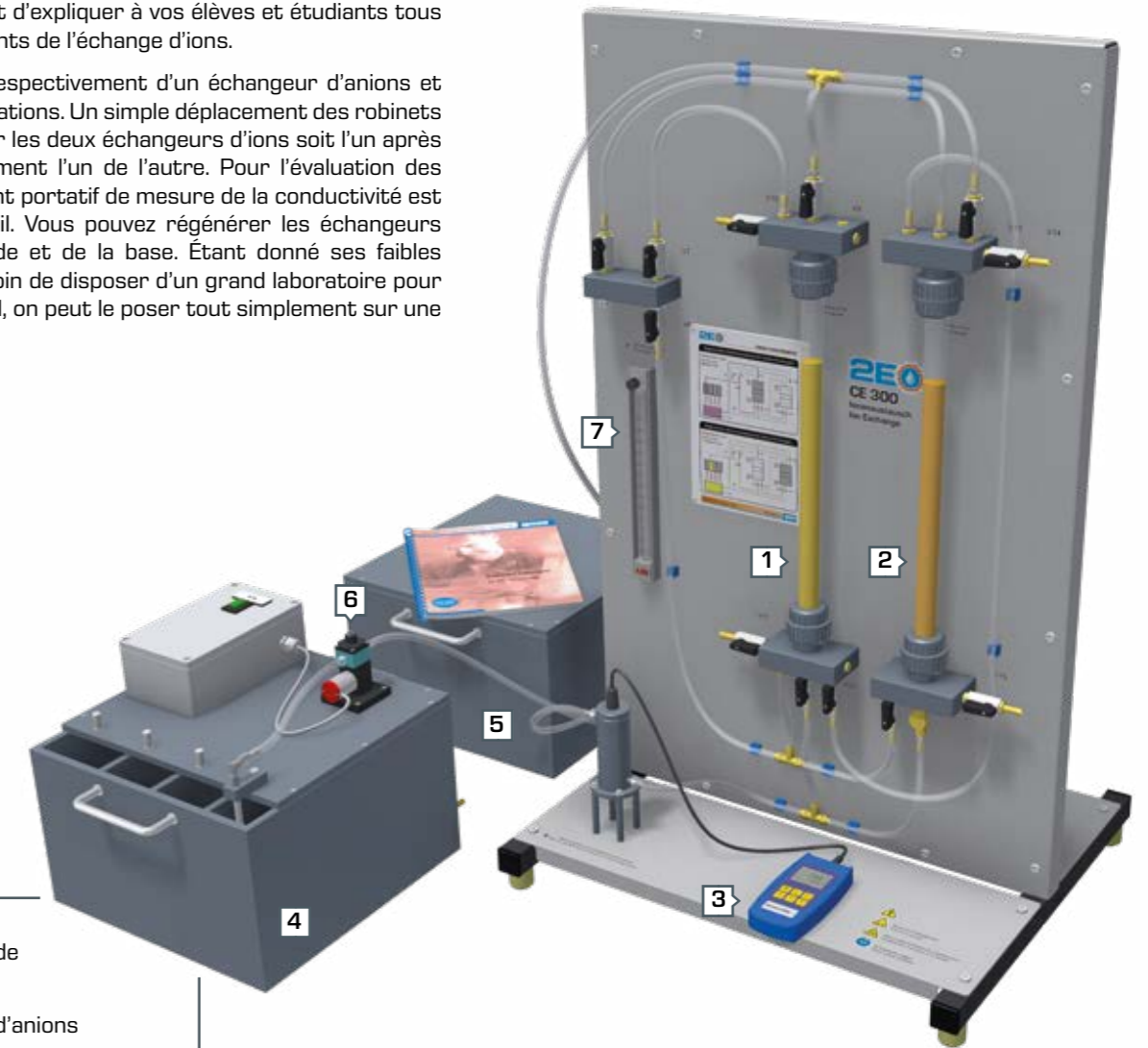


CE 300

Échange d'ions

Les échangeurs d'ions sont utilisés essentiellement pour le dessalement et l'adoucissement de l'eau. Notre appareil d'essai CE 300 vous permet d'expliquer à vos élèves et étudiants tous les aspects importants de l'échange d'ions.

L'appareil dispose respectivement d'un échangeur d'anions et d'un échangeur de cations. Un simple déplacement des robinets permet de traverser les deux échangeurs d'ions soit l'un après l'autre, soit séparément l'un de l'autre. Pour l'évaluation des essais, un instrument portable de mesure de la conductivité est fourni avec l'appareil. Vous pouvez régénérer les échangeurs d'ions avec de l'acide et de la base. Étant donné ses faibles dimensions, nul besoin de disposer d'un grand laboratoire pour installer cet appareil, on peut le poser tout simplement sur une table.



- 1 échangeur de cations
- 2 échangeur d'anions
- 3 instrument portable de mesure de la conductivité
- 4 réservoir d'alimentation en eau brute et agents de régénération
- 5 réservoir collecteur
- 6 pompe
- 7 débitmètre

En coopération avec
TUHH
Technische Universität Hamburg-Harburg

Sur le produit:



Contenu didactique

- principe de fonctionnement d'un module à membrane spiralée
- assemblage, nettoyage et conservation des modules à membrane
- principe de base de l'osmose inverse
 - ▶ loi de Van't Hoff
- débit de perméat et capacité de rétention en fonction de
 - ▶ la pression de l'eau brute
 - ▶ concentration saline dans l'eau brute
 - ▶ rendement
- détermination du coefficient de diffusion

Sur le produit:



Contenu didactique

- principes de fonctionnement des échangeurs de cations et d'anions
- dessalement par combinaison d'échangeurs de cations et d'anions
- détermination des capacités d'échange et régénération
- vérification de la durée de régénération calculée de manière théorique



CE 586

Précipitation et floculation

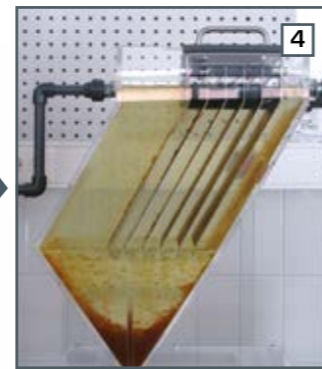
Vous pouvez, grâce à cet appareil, démontrer la précipitation et la floculation en fonctionnement continu, donc dans des conditions très réalistes. Ce procédé est constitué de trois phases, la précipitation, la floculation et la sédimentation. Tous les composants requis à cet effet sont disposés de manière claire sur le banc d'essai. Une unité d'alimentation séparée pourvue d'un grand réservoir est à votre disposition pour la préparation et le transport de l'eau brute.



Précipitation



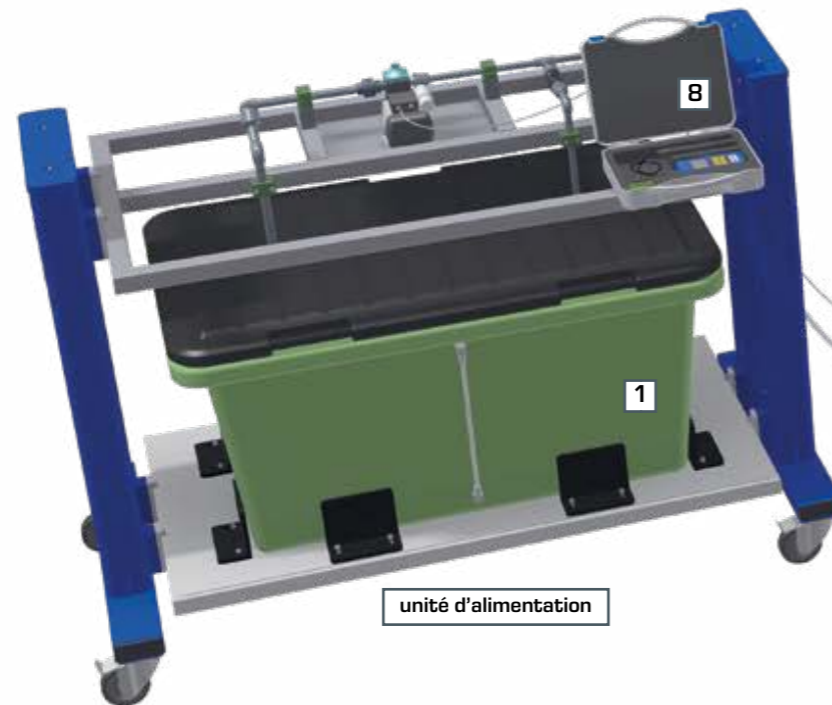
Floculation



Sédimentation

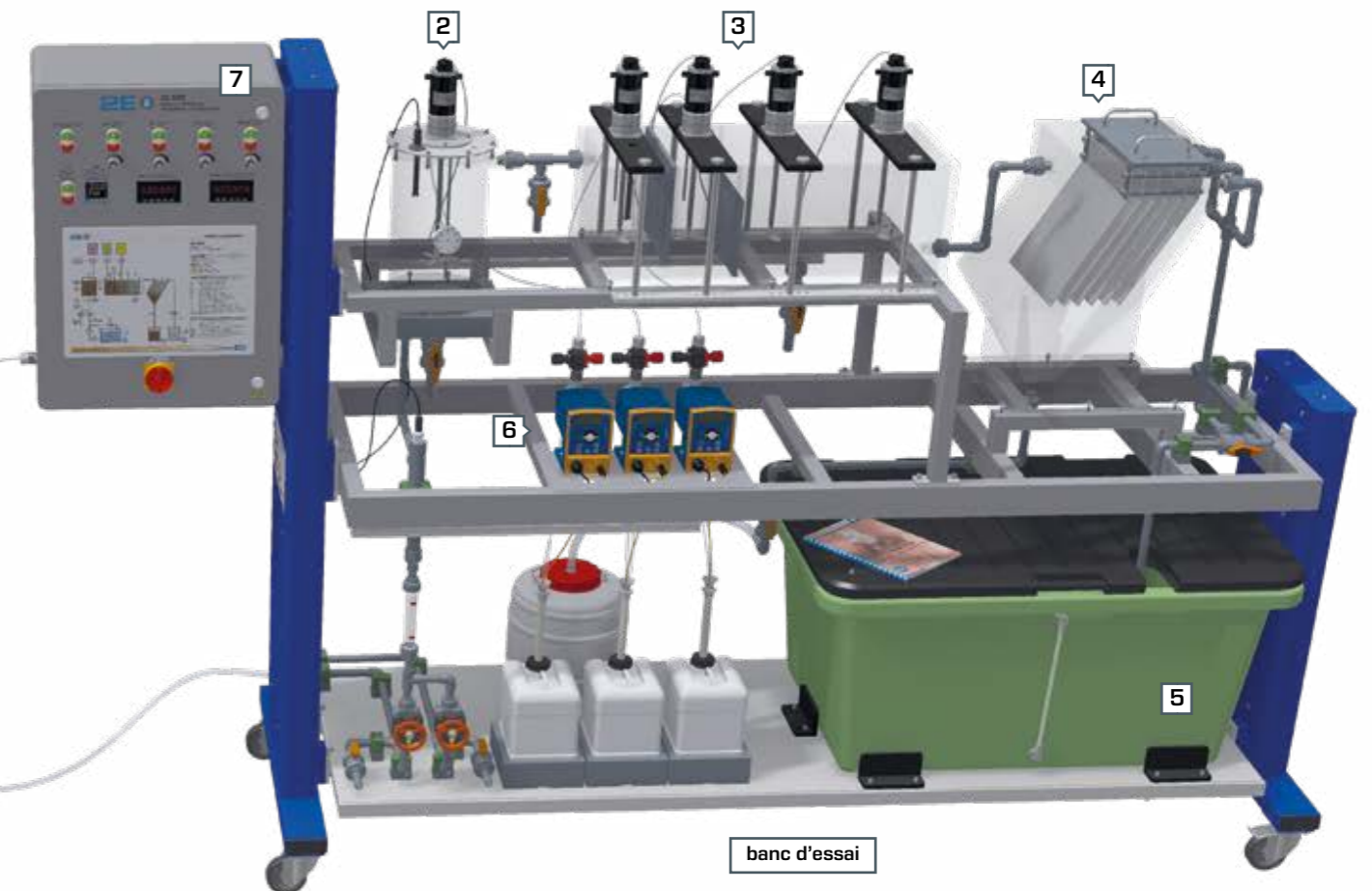
- 1 réservoir d'eau brute
- 2 réservoir de précipitation
- 3 bassin de floculation
- 4 décanteur lamellaire
- 5 réservoir d'eau épurée
- 6 pompes de dosage des matières auxiliaires
- 7 armoire de commande avec grand schéma de processus
- 8 instrument de mesure de la conductivité

i Cet appareil est bien sûr également accompagné d'une documentation didactique détaillée.



unité d'alimentation

Le CE 586 est utilisé avec succès de nombreux établissements supérieurs à travers le monde, par exemple à la British University en Égypte (au Caire).



banc d'essai

Contenu didactique
<ul style="list-style-type: none"> ■ influence du pH sur la précipitation ■ établissement d'un état de fonctionnement stable ■ détermination des doses nécessaires de matières auxiliaires ■ mode de fonctionnement d'un décanteur lamellaire

Sur le produit:





CE 584

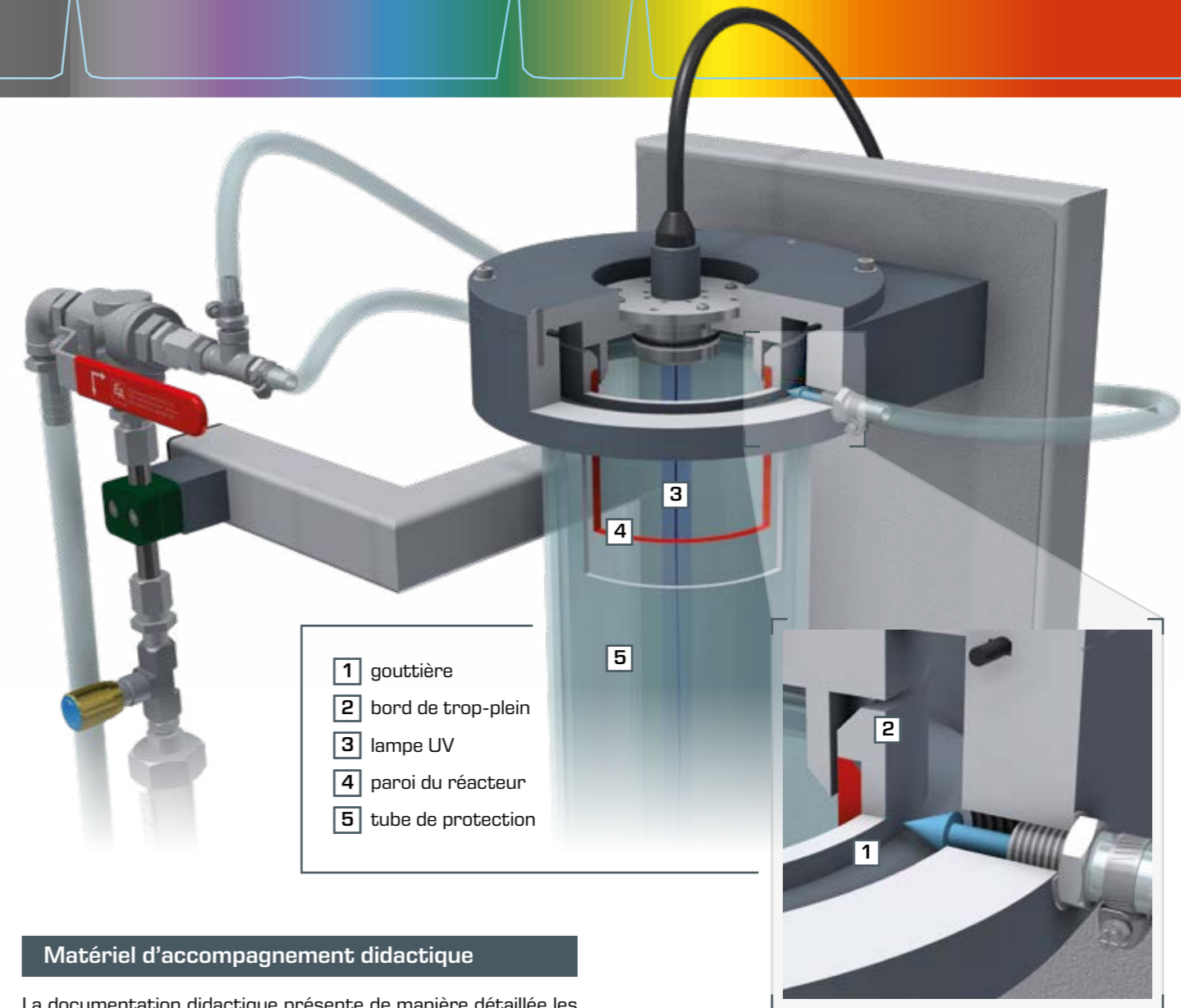
Oxydation avancée H₂O₂ et UV

Les procédés d'oxydation avancés sont à la pointe des techniques de traitement de l'eau. Avec cet appareil, vous pouvez étudier l'oxydation des matières organiques non biodégradables avec de l'eau oxygénée (H₂O₂) et un rayonnement UV. L'accent didactique porte sur la mise en œuvre expérimentale des principes de cinétique des réactions.

Réacteur à film tombant en mode de fonctionnement batch

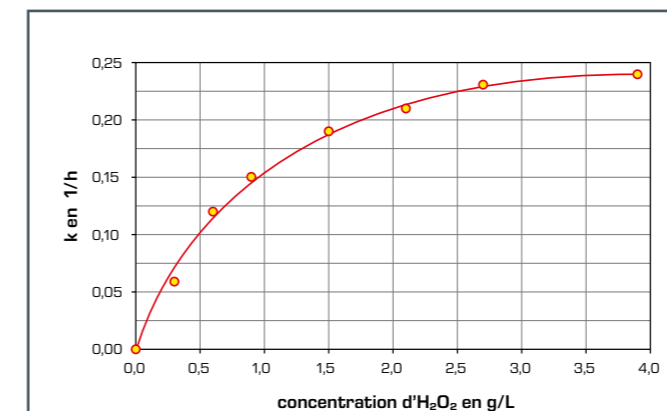
L'élément principal de l'appareil est un réacteur à film tombant fonctionnant de manière discontinue. L'eau brute mélangée à de l'eau oxygénée est pompée depuis un réservoir en direction d'une gouttière située à l'extrémité supérieure du réacteur. En passant par un bord de trop-plein, l'eau s'écoule en mince film vers le bas le long de la paroi interne du réacteur, et retourne ensuite dans le réservoir.

Une lampe UV se trouve au milieu du réacteur. Le rayonnement de lumière UV (254 nm) a pour effet de séparer l'eau oxygénée pour former les radicaux OH souhaités.



Matériel d'accompagnement didactique

La documentation didactique présente de manière détaillée les fondements du procédé ainsi que les principes de cinétique des réactions. En outre, un essai réalisé à titre d'exemple y est décrit et analysé de manière détaillée.



Extrait de l'instruction d'expériences du CE584: constante de vitesse k en fonction de la quantité d' H₂O₂ utilisée. Le polluant organique utilisé est de l'éther diméthylrique du triéthylèneglycol.

Contenu didactique

- enregistrement de courbes concentrations-temps
- étude de la cinétique des réactions
 - ▶ ordre de réaction
 - ▶ vitesse de réaction
- influence de la quantité d'H₂O₂ sur la courbe de réaction

Sur le produit:





Connaissances de base Traitement de l'eau en plusieurs étapes

Traitement de l'eau en plusieurs étapes

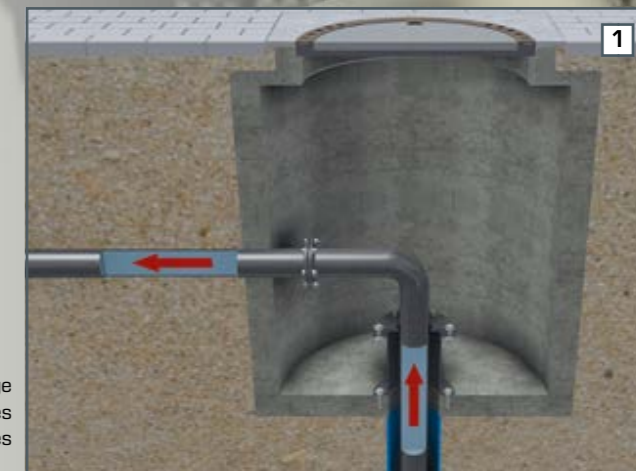
L'eau à traiter contient en général plusieurs matières ayant des propriétés différentes. C'est pourquoi un seul procédé unitaire ne suffit pas pour éliminer ces matières. Les stations de traitement de l'eau sont en général structurées en plusieurs étapes.

Du point de vue de la protection de l'environnement, les stations d'épuration des eaux souterraines contaminées constituent un exemple d'application classique d'un traitement complexe de l'eau en plusieurs étapes.

Les matières solides contenues dans l'eau brute peuvent endommager ou obstruer des composants de l'installation (comme les tuyauteries et les pompes). C'est pourquoi la première étape consiste à effectuer une purification mécanique destinée à éliminer les matières solides. Si les matières solides apparaissent seulement au cours du traitement de l'eau, par exemple dans le cadre de la précipitation et de la floculation, le traitement de l'eau intègre aussi plus tard des étapes de traitement mécanique.

Épuration des eaux souterraines

L'épuration des eaux souterraines contaminées est effectuée essentiellement par le biais de ce que l'on appelle un « pompage et traitement ». Les eaux souterraines sont transportées dans l'écoulement sortant de la zone de contamination puis sont épurées au moyen de procédés classiques de traitement de l'eau. Les eaux souterraines sont ensuite réinfiltrées dans la terre par l'écoulement entrant de la zone de contamination. On obtient ainsi un cycle dans lequel est intégrée la station d'épuration des eaux souterraines.



Puit de pompage pour eaux souterraines contaminées



Station d'épuration des eaux souterraines en plusieurs étapes

- | | |
|---|--|
| 1 puit de pompage | 9 collecteur de boues |
| 2 alimentation des puits de pompage | 10 adsorption sur charbon actif |
| 3 précipitation (par ex. de fer dissous) | 11 adsorbeur pour air extrait du stripage |
| 4 floculation | 12 collecteur d'eaux souterraines épurées |
| 5 décanteur lamellaire (sédimentation) | 13 évacuation vers puits d'infiltration |
| 6 réservoir tampon | 14 puit d'infiltration |
| 7 filtre à sable | |
| 8 stripage | |



CE 581

Traitement de l'eau: Station 1

Cet appareil vous permet de présenter et étudier de manière très visuelle les particularités d'un traitement de l'eau en plusieurs étapes. Vous disposez pour cela de six étapes de procédé consécutives.

Filtration en profondeur	1 filtre à gravier
	2 filtre à sable
Adsorption	3 oxyde d'aluminium
	4 charbon actif
Échange d'ions	5 échangeur d'ions à lit mélangé
	6 échangeur de cations



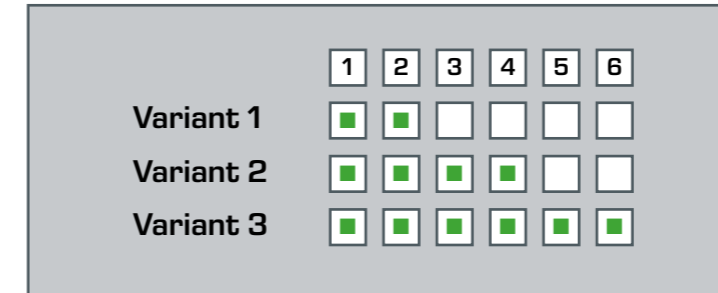
Logiciel et API

L'appareil est exploité avec un API (automate programmable industriel). Le logiciel affiche en continu l'ensemble des grandeurs de processus mesurées. Le logiciel vous permet aussi bien entendu d'enregistrer les valeurs de mesure pour les analyser.



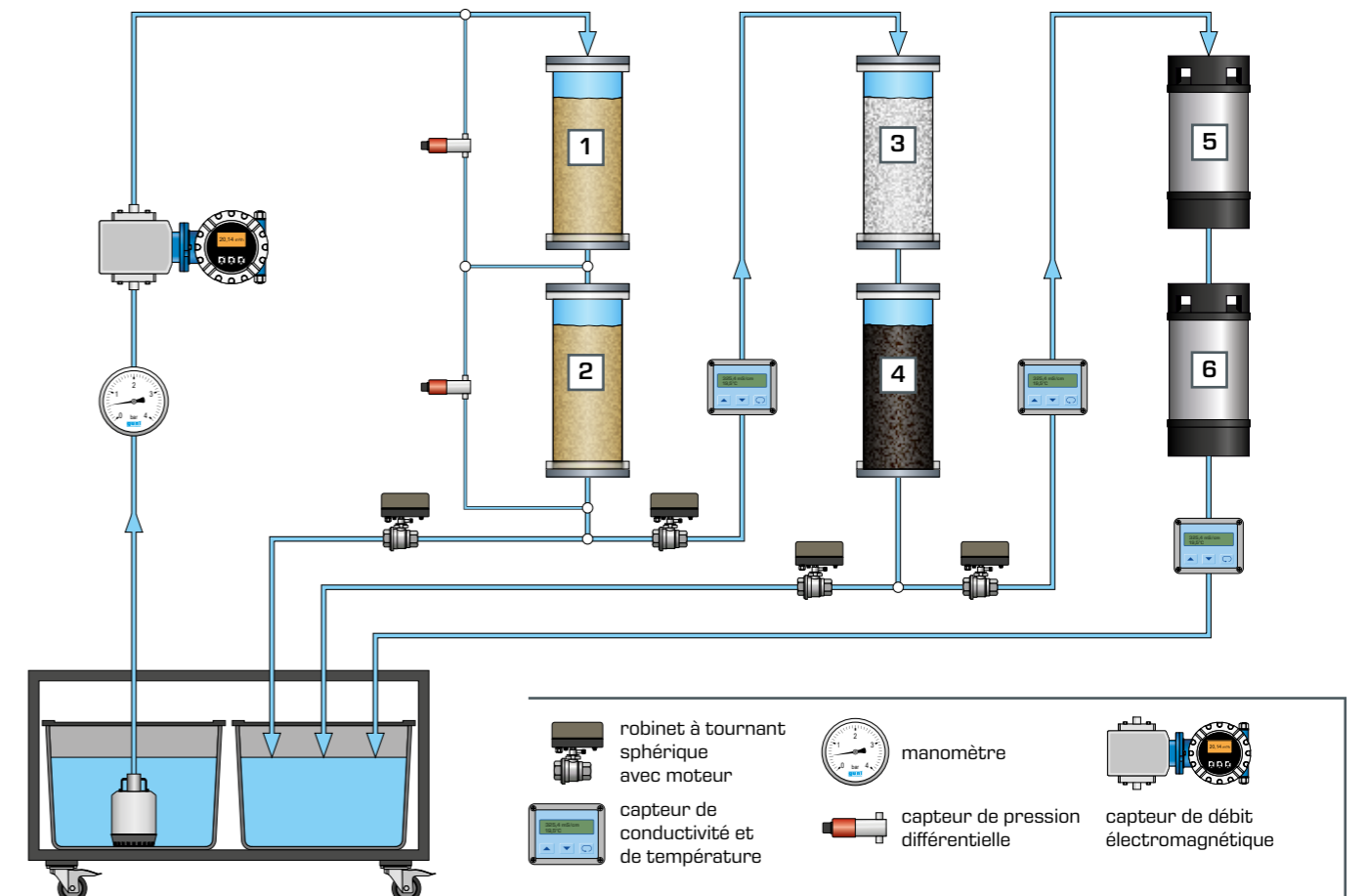
Variantes de fonctionnement

Les différentes étapes du procédé peuvent être activées et désactivées séparément. En modifiant le réglage de robinets à tournant sphérique, vous pouvez choisir entre les trois variantes de fonctionnement suivantes:



Contenu didactique

- apprentissage des procédés unitaires de filtration en profondeur, d'adsorption et d'échange d'ions
- observation et détermination de la perte de pression lors de la filtration en profondeur
- établissement des courbes de perçage (adsorption)
- comparaison des différents adsorbants
- apprentissage du principe de base de l'échange d'ions



Sur le produit:





CE 582

Traitement de l'eau: Station 2

Traitement de l'eau avec filtre à sable et échangeur d'ions

Cet appareil vous permet de présenter et étudier de manière très visuelle les particularités d'un traitement de l'eau en plusieurs étapes. Vous disposez pour cela d'un filtre à sable et de deux échangeurs d'ions.

En ce qui concerne le filtre à sable, l'accent didactique porte sur l'étude des rapports de pression dans le lit filtrant. Pour mesurer les pressions, le filtre à sable est équipé d'un système de mesure de la pression différentielle et comporte de nombreux points de mesure le long du lit filtrant. Ces points de mesure peuvent être reliés à un tableau des manomètres afin de bien visualiser

les rapports de pression dans le lit filtrant et de les mesurer de manière très précise. Le tableau des manomètres dispose de 20 manomètres à tubes. L'utilisation d'un tube filtrant transparent permet d'observer aussi de visu le chargement progressif du lit filtrant. Si nécessaire, il est possible de procéder à un rinçage à contre-courant du filtre à sable.

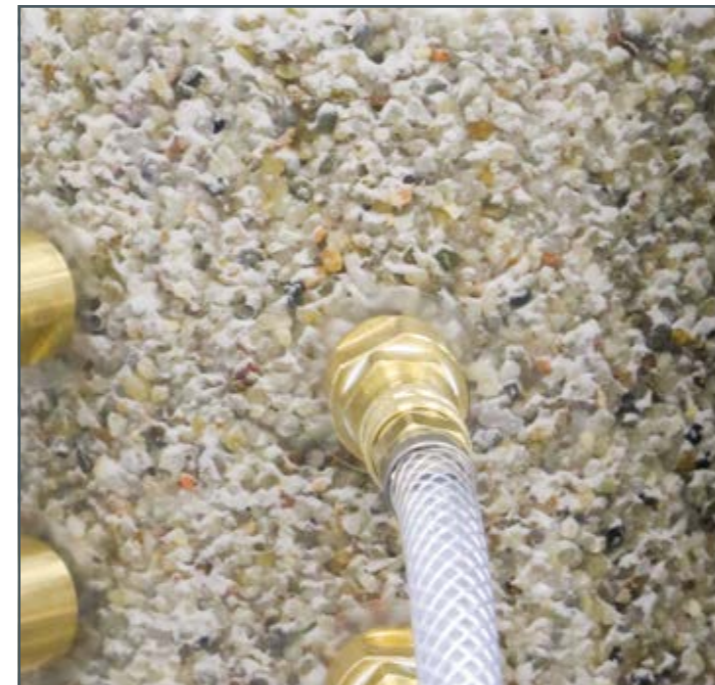
Un échange d'ions a lieu après la filtration. Vous disposez pour cela respectivement d'un échangeur de cations et d'un échangeur d'anions. L'appareil permet également la régénération des échangeurs d'ions.



Développé en collaboration avec l'école supérieure Hochschule Magdeburg, Allemagne

- 1 tableau des manomètres
- 2 filtre à sable
- 3 échangeurs d'ions
- 4 réservoir d'agents de régénération
- 5 réservoirs d'eau brute et d'eau épurée
- 6 pompe de rinçage à contre-courant

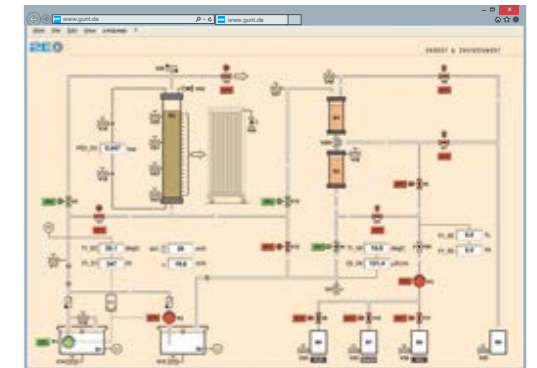
Sur le produit:



Le chargement progressif du lit filtrant se manifeste par la baisse croissante de la pression, mais on peut aussi l'observer de manière très visuelle à travers le tube filtrant transparent.



Standard chez GUNT: utilisation d'instruments de mesure professionnels



Logiciel

L'appareil dispose d'instruments de mesure très complets. L'appareil se commande au moyen d'un logiciel moderne et convivial. Le logiciel affiche en continu l'ensemble des grandeurs de processus mesurées. Le logiciel vous permet aussi bien entendu d'enregistrer les valeurs de mesure pour les analyser.

Contenu didactique
■ observation et détermination des pertes de pression dans un filtre à sable
■ établissement des diagrammes de Micheau
■ rinçage à contre-courant des filtres à sable
■ modes de fonctionnement des échangeurs de cations et d'anions
■ régénération des échangeurs d'ions

Le programme complet GUNT



Mécanique appliquée et conception mécanique

- statique
- résistance des matériaux
- dynamique
- dynamique des machines
- conception mécanique
- essai des matériaux



Mécatronique

- dessin industriel
- modèles en coupe
- métrologie
- techniques d'assemblage et d'ajustage
- techniques de production
- kits d'assemblage
- maintenance
- diagnostic de machines
- automatisation et conduite de procédés



Génie thermique et énergie

- principes de base de la thermodynamique
- échangeurs de chaleur
- machines à fluide thermique
- moteurs à combustion interne
- génie frigorifique
- technique du bâtiment (CVCS)



Mécanique des fluides

- écoulement stationnaire
- écoulement non stationnaire
- écoulement autour de corps
- éléments de construction de tuyauteries et d'installations industrielles
- turbomachines
- machines volumétriques
- génie hydraulique



Génie de procédés

- génie des procédés mécaniques
- génie des procédés thermiques
- génie des procédés chimiques
- génie des procédés biologiques
- traitement de l'eau



2E Energy & Environment

- | Energy | Environment |
|---|-------------|
| ■ énergie solaire | ■ eau |
| ■ énergie hydraulique et énergie marine | ■ air |
| ■ énergie éolienne | ■ sol |
| ■ biomasse | ■ déchets |
| ■ géothermie | |
| ■ systèmes énergétiques | |
| ■ efficacité énergétique en bâtiments | |

GSDE 181 rue Franz Liszt

F 73000 CHAMBERY

Tél : 04 56 42 80 70 Fax : 04 56 42 80 71

xavier.granjon@systemes-didactiques.fr



Consultez notre page d'accueil
www.gunt.de