

Simulations numériques de champs de concentrations des particules dans un décanteur lamellaire à contre-courant

A. MORIN¹, V. MILISIC², J-F. FIGUE²

1 Hydroconcept

2 Laboratoire de génie des procédés et environnement – Université de Bordeaux II

Avec la participation financière de l'Agence de l'Eau Seine Normandie

Keywords : runoffs treatment, lamella separator, sediment transport.

Mots clé : eaux pluviales, décanteur lamellaire, transport solide.

INTRODUCTION

Les simulations numériques des écoulements donnent au concepteur d'ouvrages de dépollution, comme par exemple les décanteurs lamellaires, le moyen de vérifier leur fonctionnement hydraulique. Dans l'étude de MORIN et Col. 2007 et 2009, l'écoulement dans un décanteur lamellaire à contre courant a été simulé à l'aide du code de calcul CFX. L'ouvrage étudié a été conçu pour traiter les eaux de ruissellement polluées, afin de réduire les quantités de matières polluantes rejetées dans le milieu naturel. Les caractéristiques géométriques de l'ouvrage, les conditions d'entrée des eaux brutes et les conditions de sortie des eaux claires ont ainsi été simulées. Les simulations ont montré que les caractéristiques géométriques n'ont que peu d'incidence sur le fonctionnement hydraulique du décanteur lamellaire. Les conditions d'entrée des eaux brutes au contraire influent sur la vitesse et modifient l'écoulement sous la structure lamellaire. L'examen des champs de vecteurs vitesse montre qu'il faut pénétrer sous les lames avec des vitesses d'écoulement très faibles, inférieures à 10 cm/s si l'on veut réduire les turbulences et obtenir une zone de stockage des boues stable. Toutefois, les conditions d'entrée ne semblent pas améliorer la répartition des effluents dans les lames et corollairement l'obtention de vitesses de chute de particules homogènes dans l'ensemble de la structure lamellaire.

Lorsque le décanteur est muni de goulottes de reprise des eaux claires, les phénomènes de re-circulation et d'écoulement à contresens dans la structure lamellaire sont nettement réduits comparativement à ce qui est observé dans un décanteur dépourvu de goulottes. Les simulations numériques des écoulements ont montré que l'emploi de goulottes de reprise des eaux claires améliore la répartition de l'eau dans les lames.

A la suite de ces travaux, nous avons cherché à savoir si le transport des particules pouvait être calqué sur l'écoulement des effluents. Pour cela, nous avons simulé les concentrations de trois classes de particules au cours du temps, et étudié leur localisation dans le décanteur lamellaire ayant servi d'ouvrage de référence lors des simulations numériques des écoulements que nous avons faites précédemment.

Le type de décanteur retenu pour le calcul de champs de concentrations est un ouvrage à contre courant pouvant traiter 100 l/s. La structure lamellaire est dimensionnée sur la base d'une vitesse de chute de 1 m/h. Dans ce décanteur, le compartiment lamellaire est trois fois plus long que large, et la hauteur sous lames est de 1,70 m. Le comportement des sédiments a été décrit par une approche bi-fluide. Les particules ont été simulées par classes distinctes et avec une faible concentration de 20 mg/l en entrée. L'objectif de cette étude est de préciser l'incidence des modalités d'alimentation des eaux brutes, et de la mise en œuvre d'un dispositif d'évacuation des eaux claires, sur les concentrations des particules, puis de comparer nos résultats avec les champs de vecteurs vitesse obtenus dans les simulations numériques des écoulements.

1. MOYENS MIS EN OEUVRE

1.1. Modèle physique étudié

Les caractéristiques du décanteur lamellaire modélisé sont indiquées dans le tableau n°1 :

<i>Vitesse de chute (Vs) choisie : 1 m/h</i>
<i>Débit traité (Q) : 0,1 m³/s</i>
<i>Dimensions des lames : 1,50 m de longueur (L) x 3,18 m de largeur (l)</i>
<i>Caractéristiques des lames : plaques nervurées en PVC avec coefficient de forme k de 1,31</i>
<i>Inclinaison (α) par rapport au plan horizontal : 45°</i>
<i>Espacement (d) entre deux lames : 9 cm</i>
<i>Hauteur libre sous les lames en position inclinée : 1,70 m</i>

Tableau n°1 : Caractéristiques du modèle physique de décanteur lamellaire étudié.

Le nombre d'intervalles entre les lames est calculé par la formule suivante (BOURRIER 1995):

$$n = \frac{Q}{LlkVs\left(\frac{d}{L} + \cos\alpha\right)}$$

Pour les caractéristiques du décanteur choisi (cf tableau n°1), le calcul donne un résultat de 77 lames. L'établissement d'un régime laminaire est démontré par une valeur du critère de Reynolds de 119. La vitesse d'écoulement est de 0,65 cm/s. Le temps de séjour intra lamellaire est de l'ordre de 4 minutes. La surface des lames est d'environ 475 m²

Le décanteur est composé de trois parties (voir figure n°1). La première partie est constituée d'une chambre d'arrivée de l'eau brute. Elle est séparée du compartiment lamellaire constituant la seconde partie par un voile siphonide. Un regard d'évacuation de l'eau traitée constitue la troisième partie. Il est disposé à l'aval des deux premiers compartiments et est séparé du compartiment lamellaire par un voile plein.

Les dimensions intérieures du décanteur sont fixées de la manière suivante : longueur intérieure ≈ 3 x largeur intérieure. La hauteur sous lames est fixée à 1,70 m.

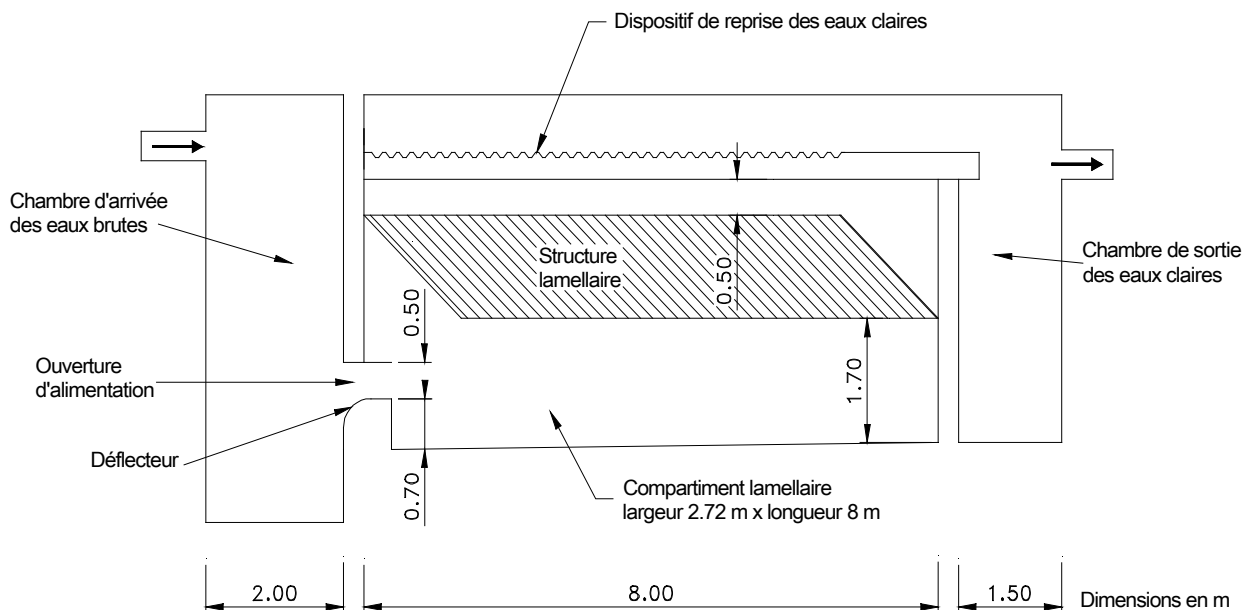


Figure n°1 : Décanteur lamellaire type

1.2. Modèle numérique utilisé

Comme précédemment, nous avons utilisé le code CFX version 5.0 commercialisé par ANSYS sur station de travail Windows NT.

Le code de Computational Fluid Dynamics résout les équations de Navier Stokes qui traduisent la conservation de la masse et de la quantité de mouvement du fluide. Il emploie la méthode des volumes finis qui consiste à décomposer le domaine d'étude en éléments tridimensionnels interconnectés de tailles et de formes variables, pour former un maillage. En chaque point du maillage, les équations préalablement discrétisées avec un schéma numérique sont résolues selon une série de pas de temps. Certains codes sont aussi en mesure de décrire le transport de polluants ou les réactions chimiques au sein du fluide (SCHMITT F 1999, 2002 et 2003).

1.3. Méthodologie de la simulation

1.3.1. Maillage et structure multi-blocs

Le maillage (voir figure n°2), de type hexaédrique, tient compte des spécificités de la géométrie et des caractéristiques de l'écoulement dans des régions particulières comme le fond, les zones de changements brusques de géométrie, ou les organes d'entrée et de sortie. L'espace est divisé en blocs dont la densité des mailles est variable. La structure multi blocs aide ainsi à mieux approcher ces zones particulières.

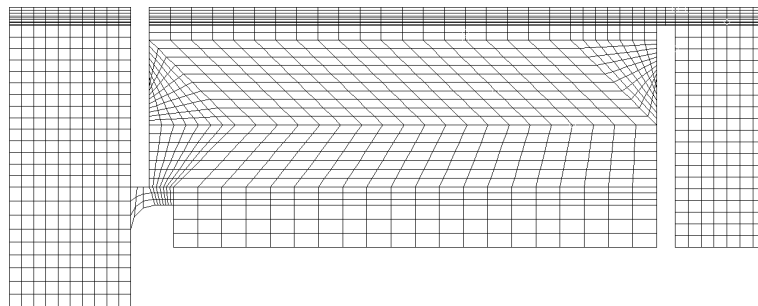


Figure n°2 : Maillage selon un plan de coupe longitudinale

1.3.2. Conditions aux limites

- Les **conditions en entrée** : compte tenu des dimensions du premier compartiment, les vitesses à l'entrée du décanteur sont uniformes et correspondent au débit d'entrée.
- Les **conditions aux parois** : par défaut, ce sont des conditions d'adhérence à la paroi. Nous avons considéré qu'au voisinage très proche de la paroi, les contraintes visqueuses sont beaucoup plus importantes que les contraintes turbulentes (MORIN et Col. 2007 et 2009).
- Dans le cas d'un écoulement permanent dans un décanteur rempli d'eau, la **condition à la surface** est celle d'une paroi sans frottement où l'eau glisse sous cette surface sans y adhérer.
- **Le modèle prend en compte l'existence de turbulences** qui influencent le comportement des particules dans le décanteur. En effet, le régime laminaire ne s'établit que dans une partie des lames et il n'est pas laminaire avant et après le bloc lamellaire. On est donc fondé, dans un décanteur lamellaire, d'assimiler la décantation à un transport solide en écoulement turbulent. Dans le cadre de cette étude, en l'absence de fortes turbulences, nous avons utilisé le modèle « **k-ε** ». Parmi les modèles de turbulence existants, le modèle « **k-ε** » est le plus simple et ses résultats ont été amplement validés par des mesures expérimentales (LUCAS-AIGUIER 1995, LAFOND 1995).
- Les **conditions en sortie** : la pression totale équivaut à la pression atmosphérique.

1.3.3. Structure lamellaire

Afin de modéliser l'écoulement réel entre toutes les lames, la structure lamellaire a été représentée par une zone de résistance à l'écoulement, semblable à un bloc poreux décrit par sa perméabilité. Pour décrire l'orientation des lames, la composante de la perméabilité vectorielle perpendiculaire à la surface des lames est infiniment petite. Les autres composantes, traduites en pression, correspondent à des dénivellations réelles de niveau d'eau entre l'entrée et la sortie d'un décanteur lamellaire existant (MORIN et Col 2007 et 2009).

1.3.4. Comportement des sédiments

Le comportement des sédiments peut être simulé de deux façons :

- Soit par une approche « **lagrangienne** » où les particules isolées sont soumises à chaque pas de temps à la force de la pesanteur, à la poussée d'Archimède et à la pression hydrodynamique. Cette dernière est calculée à partir du champ de vitesse de l'eau obtenue par le modèle hydrodynamique (LAFOND 1995, DUFRESNE 2008).
- Soit par une approche « **bi-fluides** » où les particules solides sont considérées comme une phase continue caractérisée par sa concentration locale et par sa vitesse de chute dans l'eau (SCHMITT 2002 et 2003).

Pour des raisons de temps de calcul et de précision, nous avons choisi d'utiliser l'approche « bi-fluides ». Cependant, les valeurs de concentrations calculées via l'approche « bi-fluides » n'ont pas été obtenues avec des particules isolées. En effet, la simulation avec des particules isolées ne donne aucun résultat car le code de calcul CFX ne contient pas les conditions d'immobilisation définitive des particules. Ceci pourrait être résolu en introduisant une condition de dépôt. Toutefois, dans le cadre de cette étude, cela n'a pas été envisagé. Il en résulte qu'après un temps plus ou moins long, les particules sortent du décanteur.

Dans les bases de l'approche « bi-fluides », deux hypothèses relativement justes sont assumées.

- La première hypothèse, « les particules sont fines », est vérifiée et par conséquent les particules ne modifient pas le comportement de la phase liquide.
- La seconde hypothèse, « la concentration est faible » (inférieure à 2% en volume), est aussi vraie. **Les simulations sont conduites chaque fois pour une classe de particules** et ne prennent donc pas en compte la composante « mélange ». Mais, dans les codes de calculs recensés, les interactions entre les particules en mélange et particules liquides semblent être négligées.

La **remise en suspension des particules** est simulée à l'aide d'un **modèle mathématique** original : **SIMBADD** (MILISIC V. 2004 et 2005). Celui-ci est issu d'adaptations sous la forme de routine en programme Fortran de CFX. Le code de calcul SIMBADD relie les conditions de remise en suspension avec les caractéristiques turbulentes de l'écoulement.

La diffusion turbulente de la phase liquide est prise en compte par le modèle «k-ε». La dispersion turbulente de la concentration (D_{ti}) est introduite dans l'équation de transport de la concentration par le nombre de Schmidt qui définit le rapport de la viscosité turbulente et D_{ti} .

Les modèles existants utilisent les contraintes moyennes près du fond pour déterminer si une classe de particules décante ou part en suspension. Dans l'équation de transport de la concentration (équation de continuité de la phase solide), les vitesses de chute sont corrigées par les vitesses de la phase liquide dans la direction verticale, tandis que dans les autres directions, les vitesses des particules sont celles du liquide. Dans notre étude, nous avons simulé le comportement de trois classes de particules, issues de mesures effectuées sur des effluents par temps de pluie. Les mesures ont été réalisées sur un déversoir du réseau unitaire de la ville de Marseille, pour des événements pluvieux de période de retour annuelle entre 1996 et 1999 (MILISIC V. 2004).

Les effluents considérés présentent des concentrations en MES moyennes, par évènement, comprises entre 85 mg/l et 460 mg/l. La distribution des vitesses moyennes de chutes des sédiments au cours de l'année 1999 est donnée ci-dessous (voir figure n°3 et tableau n°2 ci-joints) :

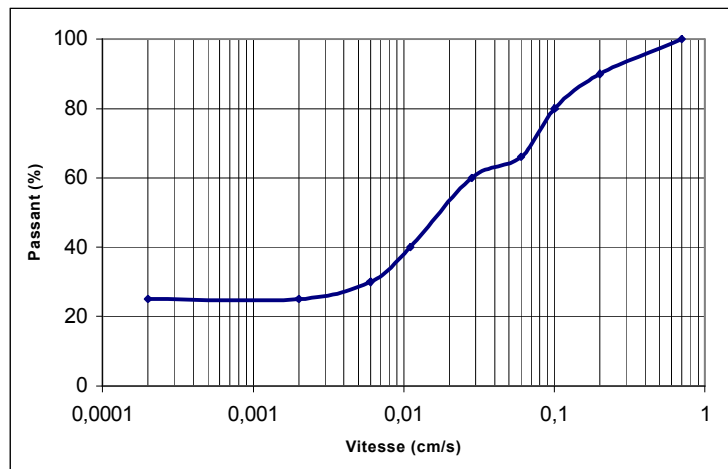


Figure n°3 : Pourcentage massique de passant en fonction de la vitesse de chute.

Classe de particules	Diamètre (µm)	Densité (kg/m ³)	Vitesse de chute (m/h)
n°1	50	2300	(5 m/h)
n°2	200	1200	(12m/h)
n°3	100	2000	(15m/h)

Tableau n°2 : Classes de particules selon leurs caractéristiques hydrodynamiques.

Les concentrations de chacune des trois classes de particules en entrée de l'ouvrage sont supposées constantes et égales à 20 mg/l. Un nombre de classes de particules plus élevé aurait multiplié le nombre de calculs et de figures sans apporter davantage de précisions. De plus, nous avons retenu parmi les classes de particules celles dont le diamètre est le plus gros afin d'obtenir les figures les plus significatives possibles.

1.4. Mise en forme des résultats

Dans les simulations numériques, les résultats des calculs de concentration sont exprimés à l'aide d'échelles colorées (Figure n°4). Les champs de concentrations sont présentés par des coupes verticales disposées longitudinalement dans le volume délimité par le décanteur.



Figure n°4 : Echelle des concentrations en g/m³

2. SIMULATIONS NUMERIQUES DES CONCENTRATIONS

Les champs de vecteurs vitesse, qui ont été obtenus par l'étude de MORIN et col. 2009, dans un décanteur lamellaire fonctionnant à contre courant, ont été injectés dans un modèle de transport solide de type Eulérien. Les concentrations de trois classes de particules solides ont été simulées dans le modèle de décanteur lamellaire décrit dans la partie 1.1 « Modèle physique étudié ».

Les caractéristiques hydrodynamiques des trois classes de particules utilisées sont indiquées dans le tableau n°2 du § 1.3.4. Les simulations ont été réalisées pour différents temps de fonctionnement du décanteur indiqués dans le tableau n°3.

Temps de fonctionnement (en secondes)	Volume d'eau brute introduit dans le décanteur (en m ³)	Volume d'eau brute / Volume du décanteur (en %)
300	30	26,7%
600	60	53,5%
1200	120	107%

Tableau n°3 : Temps de fonctionnement et pourcentage d'eau polluée introduite dans le décanteur (volume considéré jusqu'au voile aval du compartiment lamellaire)

Les simulations faites après 300, 600 et 1200 secondes correspondent à un volume d'eau polluée équivalent respectivement au quart, à la moitié et à la totalité du volume du décanteur. Le laboratoire ayant choisi d'arrêter les simulations lorsque le volume d'eau du décanteur est entièrement renouvelé.

2.1. Champs de concentrations dans un décanteur lamellaire dépourvu de goulottes d'évacuation des eaux claires, en fonction des conditions d'alimentation de l'eau brute.

Lorsqu'on augmente la section de l'ouverture d'alimentation pour une largeur constante de 2,72 m et un débit nominal régulé de 0,1 m³/s, on constate que les concentrations s'élèvent peu à peu au niveau du radier. Les dépôts de particules de classe n°3 (en rouge dans le figure n°5) recouvrent tout le radier du décanteur. Après 1200 s, elles forment un dépôt plus important à l'arrière de l'ouvrage.

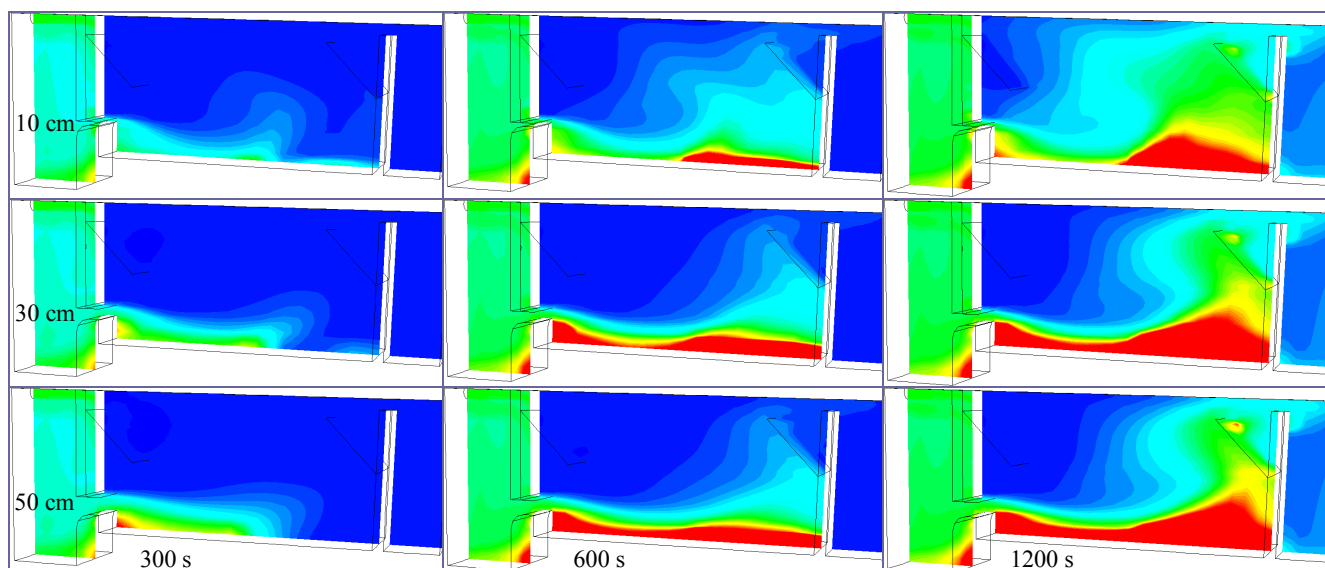


Figure n°5 : Coupes longitudinales. Horizontalement de gauche à droite : simulation à 300 s, 600 s, et 1200 s. Verticalement de haut en bas : ouverture de 10 cm, 30 cm, et 50 cm. Classe de particules n°3.

Cette observation est également vraie quelque soit la taille et la densité des particules (voir figure n°6).

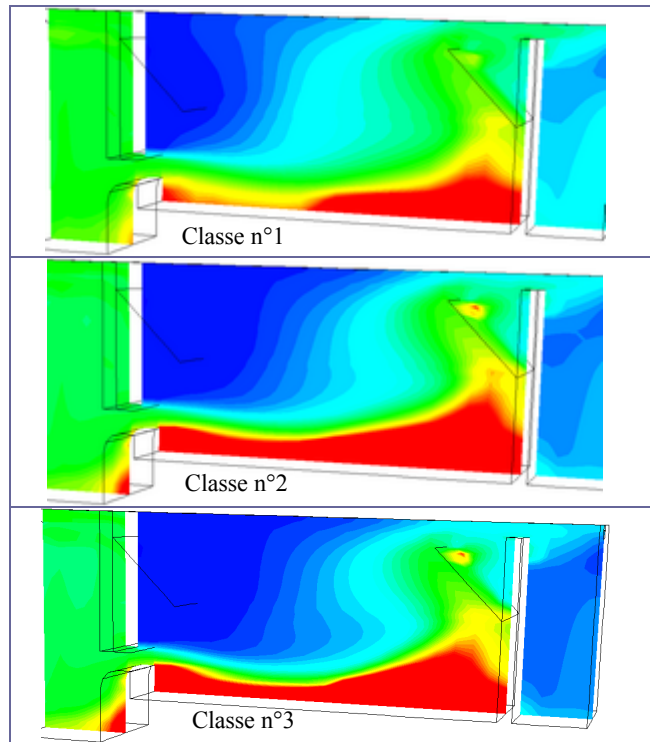


Figure n°6 : Coupes longitudinales. De haut en bas, concentrations des particules de classes n°1, n°2, et n°3, au niveau radier après 1200 s, et pour une ouverture de 50 cm.

Lorsque les vitesses d'écoulement sont trop élevées, les concentrations derrière le déflecteur sont de l'ordre de 10 mg/l, et elles s'élèvent jusqu'à 40 mg/l à l'arrière de l'ouvrage (voir figure n°7).

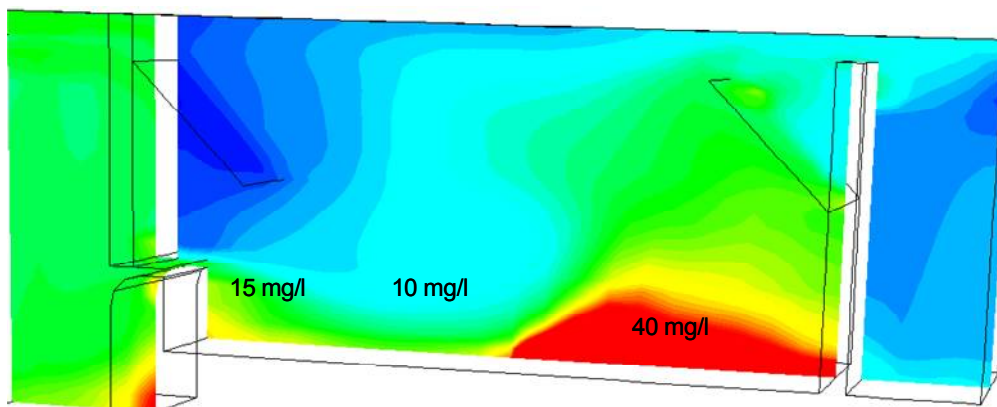


Figure n°7 : Coupe longitudinale. Concentrations des particules de classe n°1 au niveau du radier, après 1200 s, et pour une ouverture de 10 cm.

Au niveau du bloc lamellaire, les concentrations ne sont pas homogènes. Elles sont plus faibles dans la première moitié du bloc lamellaire. Elles s'élèvent au fur et à mesure que l'on se rapproche du seuil aval du décanteur (voir figure n°8).

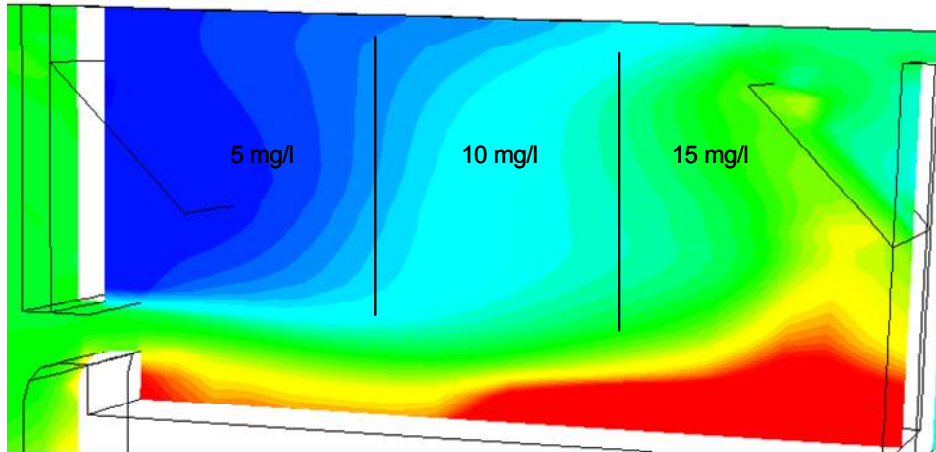


Figure n°8 : Coupe longitudinale. Concentrations des particules de classe n°1 dans le bloc lamellaire, après 1200 s, et pour une ouverture de 50 cm.

L'encrassement des lames devrait être plus important vers l'arrière puisque les valeurs des concentrations calculées à l'arrière de l'ouvrage sont plus élevées. Avec une vitesse d'entrée faible, surtout pour les particules de classe n°3 ($100 \mu\text{m}$, $d = 2000 \text{ kg/m}^3$), les concentrations les plus élevées (40 mg/l) après 1200 secondes sont réparties sur tout le radier, y compris dans la partie centrale, mais cependant avec une accumulation importante à l'arrière de l'ouvrage. Dans les zones où l'eau circule à contre sens (figure n°9), les concentrations demeurent très faibles (inférieures à 5 mg/l), en particulier à l'avant du bloc lamellaire.

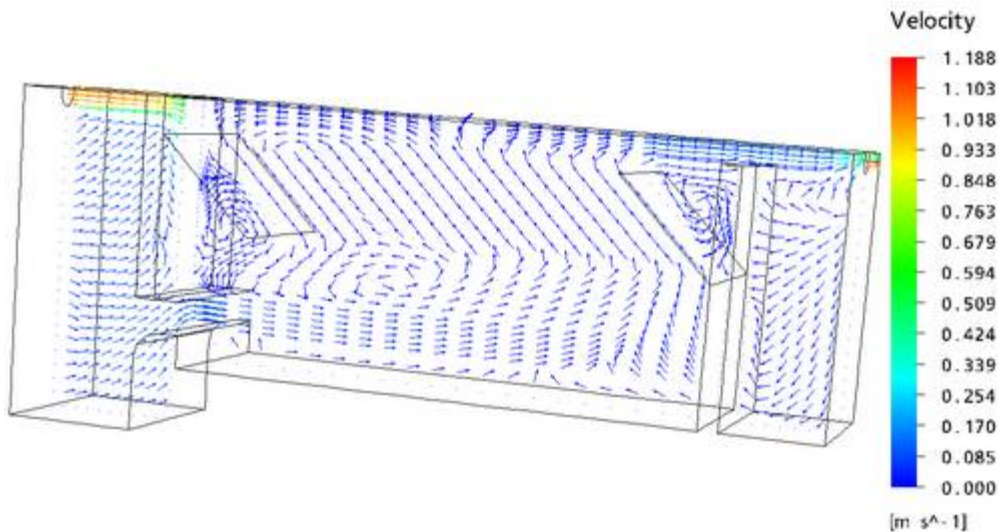


Figure n°9 : Simulation numérique des écoulements dans un décanteur dépourvu de goulottes de reprise des eaux claires

2.2. Champs de concentrations dans un décanteur lamellaire muni de goulottes d'évacuation de l'eau traitée, avec une ouverture d'alimentation de l'eau brute de 50 cm.

La hauteur de l'ouverture d'alimentation, ici de 50 cm, diffère de celle retenue pour les simulations des écoulements (30 cm). Le choix de la plus grande hauteur d'ouverture répond à notre préoccupation de réduire la vitesse d'écoulement afin de favoriser l'accumulation des dépôts sur le radier du décanteur. Les goulottes de reprise des eaux claires seront disposées selon deux configurations différentes (figure n°10) : longitudinalement et transversalement.

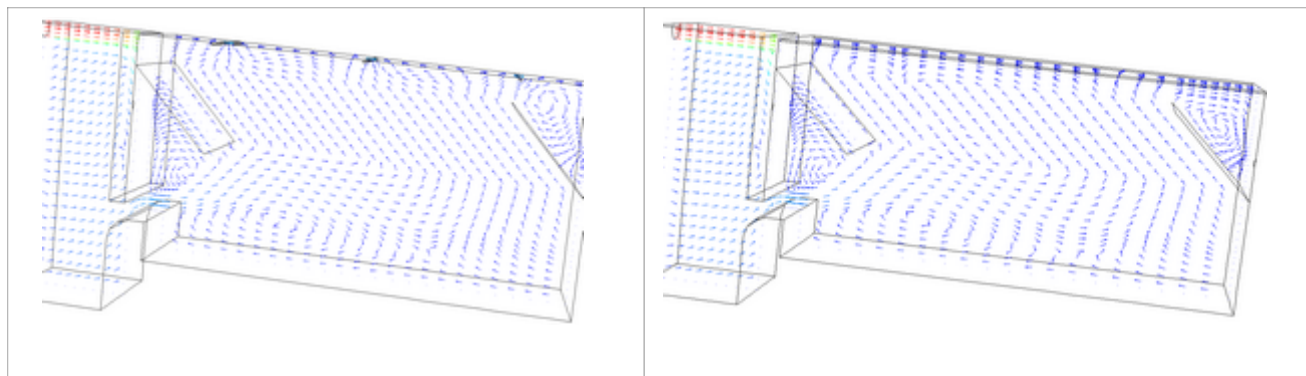


Figure n°10 : Simulations numériques des écoulements dans un décanteur lamellaire avec goulottes de reprise disposées transversalement et longitudinalement.

2.2.1. Goulottes d'évacuation de l'eau traitée disposées transversalement

L'emploi de goulottes de reprise modifie nettement la répartition des concentrations sur le radier (Figure n°11).

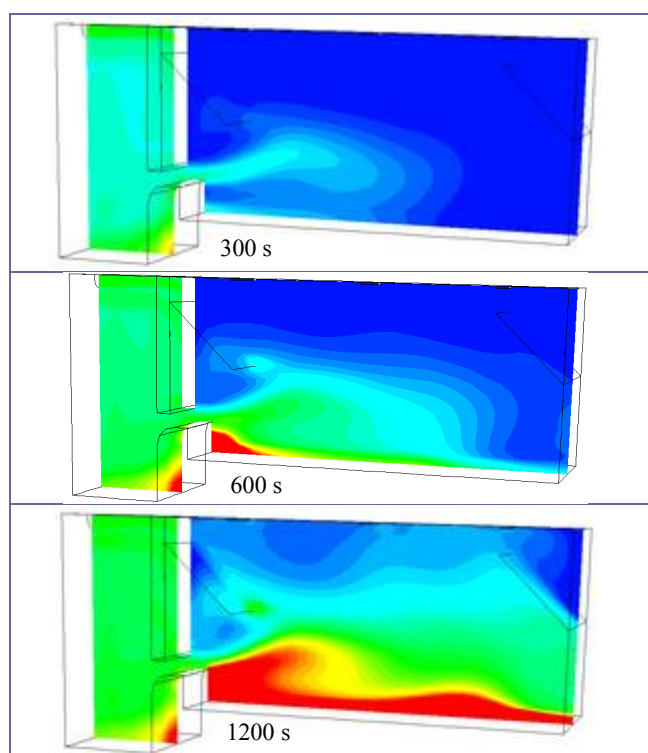


Figure n°11 : Coupes longitudinales. Horizontalement de haut en bas : Concentrations des particules de classe n°3 après 300 s, 600 s, et 1200 s.

La zone de concentration la plus élevée, visible en rouge sur la figure n°12 se forme juste derrière le déflecteur. Après 1200 secondes elle se prolonge sur le radier jusqu'à l'arrière de l'ouvrage.

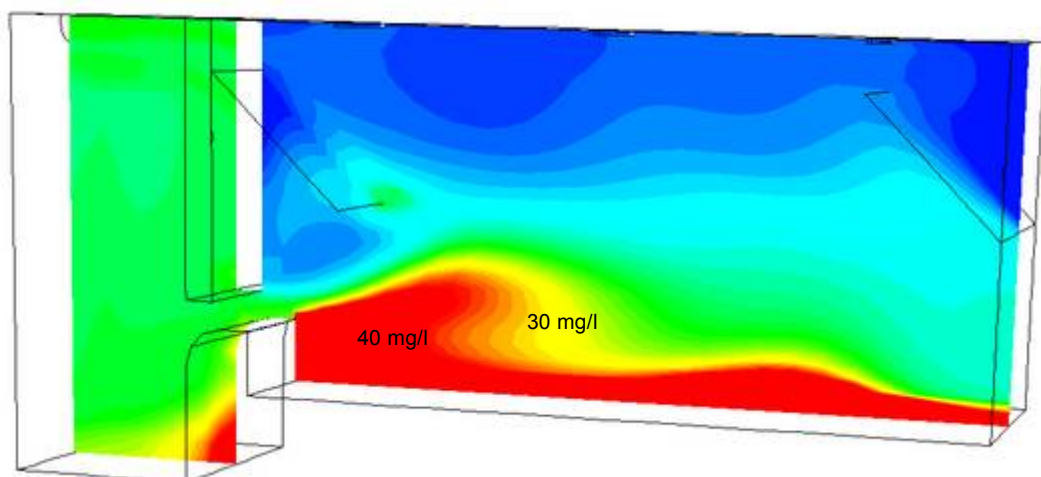


Figure n°12 : Coupe longitudinale. Concentrations des particules de classe n°3 au niveau du radier, après 1200 secondes et avec goulottes de reprise disposées transversalement.

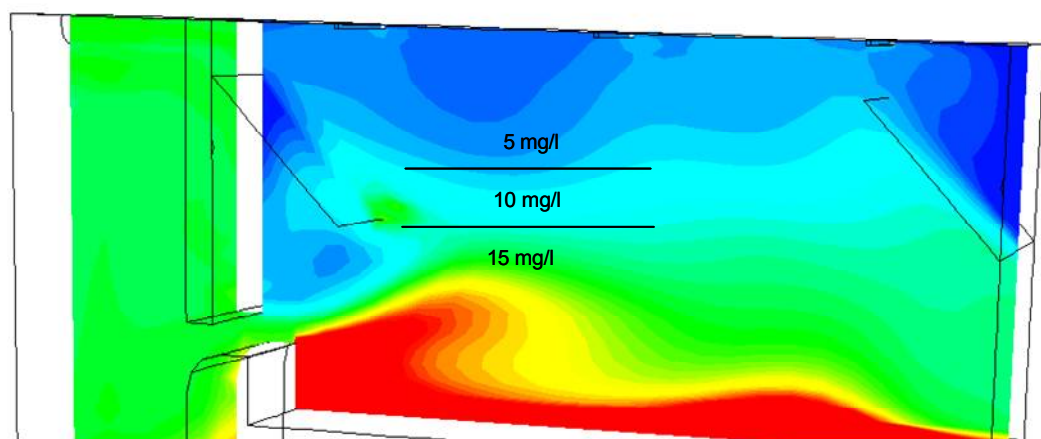


Figure n°13 : Coupe longitudinale. Concentrations des particules de classe n°2 dans le bloc lamellaire, après 1200 secondes, et avec goulottes de reprise disposées transversalement.

Pour les particules de la classe n°2, la répartition des concentrations dans les lames est également améliorée (voir la figure n°13). Les concentrations les plus élevées se situent dans une tranche inférieure localisée sous le bloc lamellaire. Plus on progresse vers le haut, plus les concentrations baissent. Au lieu d'avoir une répartition par tranches verticales (sans goulottes) on observe plutôt une répartition par tranches horizontales (avec goulottes).

2.2.2. Goulottes d'évacuation de l'eau traitée disposées longitudinalement

Les observations sont identiques à celles du § 2.2.1. Les concentrations les plus élevées sont localisées derrière le déflecteur, à l'entrée du décanteur (Figure n°14).

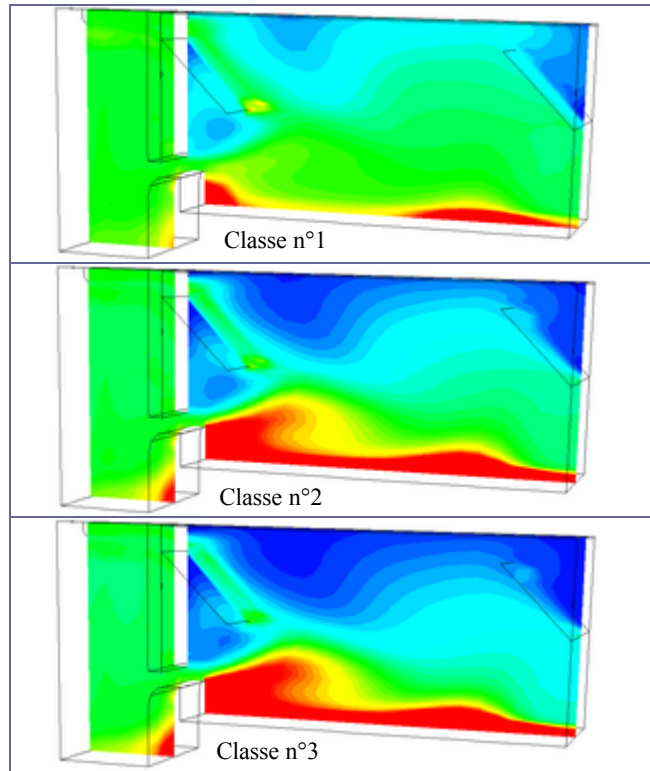


Figure n°14 : Coupes longitudinales. Horizontalement de haut en bas : particules de classes n°1, n°2 et n°3. Concentrations des particules après 1200 secondes.

D'après les champs de concentrations dont nous disposons, en particulier au niveau du radier (Figures n°13 et n°15), la répartition des concentrations est semblable que l'on dispose les goulottes transversalement ou longitudinalement. Cependant, en l'absence de coupes transversales, cette similitude ne peut-être confirmée sur l'ensemble de l'ouvrage. On peut noter par ailleurs la présence d'un gradient de concentrations vertical sous et dans le bloc lamellaire (voir la figure n°15).

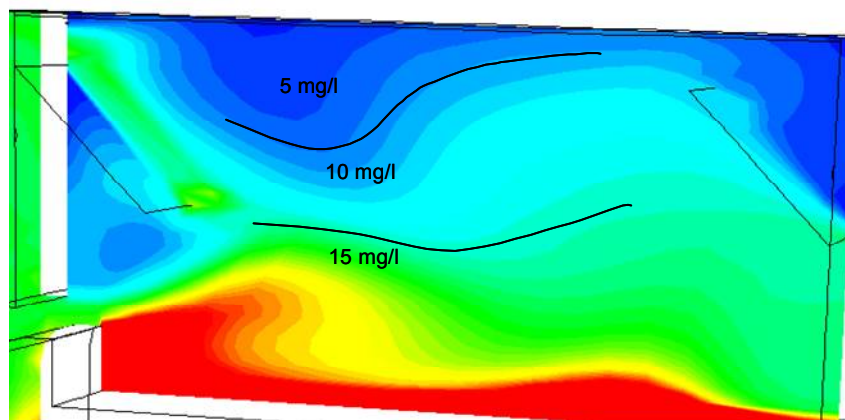


Figure n°15: Coupe longitudinale dans le bloc lamellaire. Concentrations des particules de classe n°2, après 1200 secondes, avec des goulottes de reprise disposées longitudinalement.

3. CONCLUSIONS :

Le fonctionnement hydraulique d'un décanteur lamellaire à contre-courant a été étudié en simulant, par une modélisation numérique, le mouvement d'un fluide (MORIN et Col 2007 et 2009). A partir d'un ouvrage type, traitant $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$, dont la structure lamellaire est calculée sur la base d'une vitesse de chute de 1 m/h et dont la hauteur libre sous les lames est de 1.70 m , nous avons fait varier les dimensions de l'orifice d'alimentation des eaux brutes, et ajouté des goulottes de reprise des eaux traitées. Celles-ci ont été disposées transversalement puis longitudinalement.

Le calcul des concentrations de trois classes de particules dans le décanteur, en fonction des conditions d'entrée (ouverture de l'orifice d'alimentation variant de 10 cm en 10 cm jusqu'à 50 cm) et de sortie du décanteur (avec goulottes transversales ou longitudinales) conduit aux observations suivantes :

Les zones de turbulences des champs de vecteurs vitesse, observées par MORIN et Col, sont superposables avec les zones de faibles concentrations. En l'absence de goulottes de reprise des eaux claires, si l'on augmente les dimensions de l'orifice d'alimentation, les concentrations des trois classes de particules s'élèvent peu à peu au niveau du radier, mais en s'accumulant à l'arrière du décanteur. Lorsque la vitesse d'entrée de l'eau brute est trop élevée, les concentrations restent très faibles derrière le déflecteur. Les conditions hydrauliques permettant l'obtention de concentrations élevées sur tout le radier ne sont donc pas obtenues.

Au niveau du bloc lamellaire, les concentrations ne sont pas réparties non plus de façon homogène. Les concentrations sont plus faibles approximativement dans la première moitié du bloc lamellaire. Elles s'élèvent au fur et à mesure que l'on se rapproche du seuil aval du décanteur. L'encrassement des lames devrait être plus important vers l'arrière, ce qui est cohérent avec les valeurs de concentrations calculées au niveau du radier à l'arrière de l'ouvrage. Ces résultats sont également superposables avec les champs de vecteurs vitesse observés par MORIN et Col 2009, car la partie de la structure où l'eau circule à contresens dans les lames est située vers l'avant. Sans goulottes de reprise des eaux traitées, une partie du décanteur ne fonctionne pas de manière satisfaisante.

L'utilisation des goulottes se traduit par une meilleure répartition des concentrations au niveau du radier et en particulier à l'avant du décanteur. Elle se traduit aussi par une amélioration de la répartition des concentrations dans la totalité du bloc lamellaire. En particulier, les concentrations les plus élevées se situent dans une tranche inférieure du bloc lamellaire. Plus on progresse vers le haut, plus les concentrations diminuent. Au lieu d'avoir une répartition par tranches verticales (sans goulottes) on observe plutôt une répartition par tranches horizontales (avec goulottes). Les champs de concentrations se superposent donc assez bien avec les champs de vecteurs vitesse. Les simulations numériques des concentrations confirment les résultats obtenus par simulations des écoulements.

Dans les décanteurs lamellaires fonctionnant à contre courant, les goulottes de reprise des eaux claires permettent d'augmenter la surface utile de décantation. Le rendement de la décantation devrait logiquement être amélioré et la quantité de boues accumulées sur le radier devrait être d'autant plus importante.

BIBLIOGRAPHIE

- BOURRIER R. – LEMAIRE J.-P. – SATIN M. – SELMI B. (1995): Guide Technique de l'Assainissement. Edition Le Moniteur.
- LUCAS-AIGUIER E. – CHEBBO G. (1995): «La modélisation du traitement des rejets urbains (temps sec et temps de pluie) », Synthèse bibliographique.
- LAFOND J.-M. (1995): «Comparaison de modèles de transport en suspension – application à des ouvrages de stockage-décantation», thèse de doctorat, Université Claude Bernard, Lyon, France.
- SCHMITT F., MILISIC V., BERTRAND-KRAJEWSKI J-L, LAPLACE D, CHEBBO G. (2002): «Numerical modelling of bed sediment traps in sewer systems by density currents», Water Science and Technology N°1, Vol 40, 1999, p. 153-160.
- SCHMITT F., MILISIC V., CHEBBO G. (2002): «Storage settling basins design and management, 3rd International Conference on sewer process and networks». Paris, April 2002.
- SCHMITT F., MILISIC V., CHEBBO G. (2003): «Numerical Modelling of Storage Settling Basins, Pumps, Electromechanical Devices and Systems», Joint Conference IAHR-IWA, Valencia, April 2003.
- MILISIC V. (2004): «Modélisation de la décantation des effluents. Bassin de rétention République ». Rapport d'étude. Communauté Urbaine Marseille Provence Métropole - Direction de l'Eau et de l'Assainissement et Laboratoire de Génie des Procédés et Environnement – Université Victor Segalen Bordeaux 2. Juin 2004.
- MILISIC V. – CHEBBO G. (2005): « Numerical tools for sediment management in sewers : application to storage settling basins ». Sustainable Water Management Solutions for Large Cities. Proceeding of symposium S2 held during the Seventh IAHS Scientific Assembly at Foz do Iguacu, Brazil, April 2005. IAHS Publ. 293, 2005.
- AIRES N. – MILISIC V. MORIN A. (2007): « Simulations numériques des écoulements dans un décanteur lamellaire à contre courant ». Rapport d'études pour l'Agence de l'Eau Seine Normandie – Laboratoire de Génie des Procédés et Environnement – Université Victor Segalen Bordeaux 2. Septembre 2007.
- DUFRESNE M. (2008): «La modélisation 3D du transport solide dans les bassins en assainissement : du pilote expérimental à l'ouvrage réel», thèse de doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg, France.
- MORIN A. – MILISIC V. – FIGUE J-F. – AIRES A. (2009): « Simulations numériques des écoulements dans un décanteur lamellaire à contre courant ». Technique Science et Méthode n°11 novembre 2009.

Numerical simulations of particle concentration fields inside a counter flow lamella separator

*Morin A. – Hydroconcept, Milisic V., Figue J-F., - Laboratory of Process Engineering and
Environment, University of Bordeaux II.*

With the financial participation of the Seine Normandy water agency

SUMMARY

Numerical simulations of speed vector fields obtained with the CFX calculation code inside a counter flow lamella separator have shown that the inflow conditions modify the flow under the lamella structure and that the use of drainage channels for clear waters improve the flow homogeneity in the lamellas.

However, is it possible to model the transport of particles carrying the main part of rainwater pollution on that of effluent flows ? To answer this question, we aimed to simulate the concentrations of 3 classes of particles in the course of time in order to define their localisation inside the lamella separator used as a reference during the previous numerical simulations of flows.

In the study we present, we described the behaviour of sediments using a bifluid approach. The particles whose hydrodynamical characteristics stem from measurements were simulated for different classes with a low inflow concentration of 20 mg/l.

The results show that some concentration fields are superposable with speed vector fields. When the inflow speed of crude effluents increases, the strong concentrations of particles are pushed at the back of the separator. On the contrary, the low concentrations are situated in the areas of turbulences and re-circulation.

The use of drainage channels for clear waters enables to distribute the particle concentration over the entire surface of the concrete slab and in particular at the front of the separator. It also permits to improve the distribution of concentrations inside the lamella block. We can therefore observe a distribution of particle concentrations on horizontal sections from the highest to the lowest as it reaches the top of the lamellas. In a lamella separator without drainage channels, we notice that the distribution follows vertical sections as it gets closer to the outflow threshold.

Simulations numériques de champs de concentrations de particules dans un décanteur lamellaire à contre-courant

Morin A. – Hydroconcept, Milisic V., Figue J-F., - Laboratoire de Génie des Procédés et Environnement, Université de Bordeaux II.

Avec la participation financière de l'agence de l'eau Seine Normandie.

RESUME

Les simulations numériques de champs de vecteurs vitesse, obtenues avec le code de calcul CFX dans un décanteur lamellaire fonctionnant à contre courant, ont montré que les conditions d'entrée modifient l'écoulement sous la structure lamellaire, et que l'emploi de goulottes de reprise des eaux claires améliore l'homogénéité de l'écoulement dans les lames.

Cependant, le transport des particules, sur lesquelles est fixé l'essentiel de la pollution pluviale, peut-il être calqué sur l'écoulement des effluents? Pour répondre à cette question, nous avons cherché à simuler les concentrations de trois classes de particules au cours du temps, afin de préciser leur localisation dans le décanteur lamellaire qui a servi d'ouvrage de référence lors des simulations numériques des écoulements faites auparavant.

Dans l'étude que nous présentons, le comportement des sédiments a été décrit par une approche « bi-fluides ». Les particules, dont les caractéristiques hydrodynamiques sont issues de mesures, ont été simulées par classes distinctes et avec une faible concentration en entrée de 20 mg/l.

Les résultats obtenus montrent que les champs de concentrations sont superposables avec les champs de vecteurs vitesse. Lorsque la vitesse d'entrée des effluents bruts augmente, les fortes concentrations de particules sont situées vers l'arrière du décanteur. Au contraire, les concentrations les plus faibles sont situées dans les zones de turbulences et de recirculation.

L'utilisation des goulottes de reprise des eaux claires permet de répartir la concentration des particules sur tout le radier et en particulier à l'avant du décanteur. Elle permet aussi d'améliorer la répartition des concentrations dans le bloc lamellaire. On observe ainsi une répartition des concentrations de particules par tranches horizontales, des plus fortes au plus faibles au fur et à mesure qu'on progresse vers le haut des lames, alors que dans un décanteur lamellaire dépourvu de goulottes, on observe une répartition par tranches verticales, au fur et à mesure que l'on se rapproche du seuil de sortie.