

Etude hydrodynamique d'un nouveau bassin de décantation des eaux

Hydrodynamic study of a new water settling basin

Nassima Lekouaghet^{1*}, Yahia Hammar¹ & Ouarda Djebabria²

¹ Laboratoire géodynamique et ressources naturelles, Département d'Hydraulique, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie.

² Ingénieur de laboratoire, Université Badji Mokhtar, BP 12, 23000, Annaba, Algérie.

Info. Article

Historique de l'article

Reçu le 12/09/2018

Révisé le 17/01/2019

Accepté le 20/01/2019

Mots-clés

Décantation, Modèle réduit, Similitude, Hydrodynamique, Modélisation, Simulation, Fluent.

Keywords

Sedimentation, reduced model, Similarity, Hydrodynamics, Modeling, Simulation, Fluent.

RESUME

Bien que le principe de la décantation soit connu depuis longtemps, il devient très complexe dans le cas de la sédimentation des particules plus ou moins floculées du fait du changement des propriétés physiques initiales des particules (forme, diamètre et densité).

Une modélisation de l'hydrodynamique d'un nouveau bassin de décantation est élaborée sur modèle réduit à échelle 1/20.

Les mesures des vitesses d'écoulement d'eau et l'étude de la distribution du temps de séjour du liquide au sein de l'ouvrage est réalisé au laboratoire, avec plusieurs particularités constructives afin d'améliorer ces performances hydrauliques avec injection d'air et sans air.

Une comparaison est faite des résultats obtenus par simulation numérique en 2D et en 3D par Ansys Fluent.

ABSTRACT

Despite the principle of settling has been known for a very long time, it becomes very complex in the case of sedimentation of more or less flocculated particles due to the change in the initial physical properties of the particles (shape, diameter and density).

A hydrodynamic model of a new settling basin is developed on a scale model of 1/20.

Measurements of water flow velocities and the study of the distribution of the residence time of the liquid within the structure is carried out in the laboratory, with several constructive features in order to improve its hydraulic performance with air injection and without air.

A comparison is made of the results obtained by numerical simulation in 2D and 3D.

* Auteur Correspondant

Nassima Lekouaghet

Département de Génie Civil et d'Hydraulique, Université 8 Mai 1945,

BP 401, 24000, Guelma, Algérie.

Email: nlekouaghet@gmail.com / lekouaghet.nassima@univ-guelma.dz

1. INTRODUCTION

Au cours des dernières années, l'Algérie a connu une forte demande en eau potable, amplifiée par une forte croissance démographique dans les grands centres urbains. Cette problématique de l'eau a été résolue par de gros investissements mettant en service d'importantes infrastructures de production et de distribution d'eau potable.

Les stations de traitement de l'eau potable figurent parmi les infrastructures auxquelles une grande importance a été donnée. Parmi les principaux objectifs qui sont ciblés lors de la gestion et l'exploitation d'une station de traitement des eaux est l'objectif de qualité des eaux distribués.

L'atteinte de l'objectif de qualité exige la production d'eau en quantité suffisante, de façon continue et avec une qualité répondant aux normes de potabilité en vigueur (normes OMS) lesquelles sont de plus en plus sévères. Cela implique la conception d'une station de traitement correctement dimensionnée et incluant un large ensemble d'équipements mécaniques et hydromécaniques.

La station de traitement des eaux de Chaïba, destinée à l'Alimentation en Eau Potable (AEP) de la ville d'Annaba et de sa région de capacité de 1000 l/s accuse une baisse remarquable de son rendement notamment celui des décanteurs. En effet le rendement des décanteurs est passé de 80% à 50% engendrant un colmatage anormal des filtres à sable dont la fréquence de lavage est passé de 72 à 20 heures [1, 2].

Cette problématique a poussé l'Algérienne Des Eaux (ADE) en 2004 de lancer une réhabilitation qui consistait à remplacer les vieux équipements, réparer les bassins de décantation ainsi que les filtres à sable, de façon à redonner au minimum sa capacité initiale. Néanmoins cette réhabilitation n'a pas donné les résultats escomptés durant toutes ces années qui ont suivi sa remise en état [3]. Cette constatation nous a incité à entreprendre une recherche d'une solution technique sur modèle réduit d'un nouvel ouvrage de décantation.

La conception théorique d'une part, et la construction physique du modèle réduit d'autre part, a permis d'étudier le comportement hydrodynamique du nouveau bassin de décantation, ainsi qu'une simulation numérique du comportement et du fonctionnement de cet ouvrage est réalisé par Fluent en 2D et en 3D afin de valider les particularités constructives du nouveau bassin de décantation.

2. SIMILITUDE HYDRODYNAMIQUE

Les conditions de la similitude hydrodynamique exigent l'égalité dans le modèle (M) et le bassin réel prototype (P) de la relation de toutes les forces, dans les conditions où se déroule le phénomène. Ainsi en pratique impossible d'avoir les conditions de similitude de toutes les forces. Pour cette raison on effectue la similitude partielle des forces, tirés des phénomènes ou des critères de similitude [1].

Le liquide non compressible se déplace sous l'effet des forces caractéristiques de l'écoulement (pression, poids, viscosité) et les forces d'inertie. On sait que la similitude de deux processus stationnaires à côté de la garantie de similitude géométrique il faut assurer l'égalité des critères de Reynolds (Re), Froude (Fr), Euler (Eu). Toutefois, la modélisation avec une stricte garantie des forces de viscosité se rencontre très rarement. Avec des grandes valeurs de Re les forces de viscosité deviennent très petites, en comparaison avec des contraintes turbulentes. Dans ce cas le flux devient simulatif (auto modèle) par rapport à la valeur de Re. [4], [5], [6], [7]

L'importance relative des forces d'inertie et de la pesanteur dans le bassin de décantation peut être caractérisée en termes de flux initial par le modèle de Froude [8], [9], [10].

$$Fr = \left[\frac{v^2}{g \cdot H_e \left(\frac{\rho - \rho_f}{\rho_f} \right)} \right]^{1/2} \quad (1)$$

La modélisation d'un bassin de décantation se fait selon le modèle de Froude [10] par :

$$Fr_M = Fr_P \quad (2)$$

Car dans l'étude de ces ouvrages agissant essentiellement les forces de la pesanteur.

Donc l'expérience sur le modèle (M) s'effectue par les caractéristiques ci-dessous mentionnées et qui se détermine par les conditions de modélisation de Froude [11] [12] [13] :

➤ un débit de : $Q_M = Q_P \times (K_L)^{5/2}$ (3)

➤ une vitesse d'eau de : $V_M = V_P \times (K_L)^{1/2}$ (4)

➤ un temps de séjour des eaux de : $T_M = T_P \times (K_L)^{1/2}$ (5)

La longueur du prototype est $L_p = 18.2$ m, la largeur $l_p = 4$ m et la hauteur $H_p = 4.5$ m

En général, les bassins longs et étroits sont préférés pour minimiser les court-circuits. [5]

On a adopté à construire un modèle réduit à l'échelle (1/20) comme l'illustre la figure 1; $K_L = 0.05$ [1], [4] et de dimension :

- La longueur : $L_M = K_L \times L_P = 0.05 \times 18.2$ donc $L_M = 0.91$ m
- La largeur : $l_M = K_L \times l_P = 0.05 \times 4.0$ donc $l_M = 0.20$ m
- La hauteur : $h_M = K_L \times h_P = 0.05 \times 4.5$ donc $h_M = 0.25$ m



Figure 1. Modèle réduit du bassin à l'échelle 1/20.

3. MATERIELS ET METHODES

3.1. Equipements et matériels expérimentaux (photo 1).

Les équipements qui ont servi au déroulement des expériences sont :

- 1- Modèle réduit du bassin en verre sécurit à l'échelle 1/20
- 2- Les tuyaux d'amenée des eaux du banc d'essai vers le modèle de décanteur (cas de l'eau du robinet de distribution)
- 3- Une pompe avec vanne pour le réglage de débit.
- 4- Tuyauterie d'amené d'air sous pression, avec différents espacements entre les orifices de sortie d'air de diamètre 1 mm
- 5- Un Air pump Type BOY U SC7500- avec réglage de sortie d'air de 1-2 l/min avec une pression de 0.012 MPa
- 6- Micro moulinet de mesure de vitesse horizontale type Flowatch (JDC Electronic SA Suisse) le principe de mesure de la vitesse est basé sur la détection du champ magnétique produit par l'hélice.
- 7- Conductivimètre portatif (DTS test du traceur NaCl)

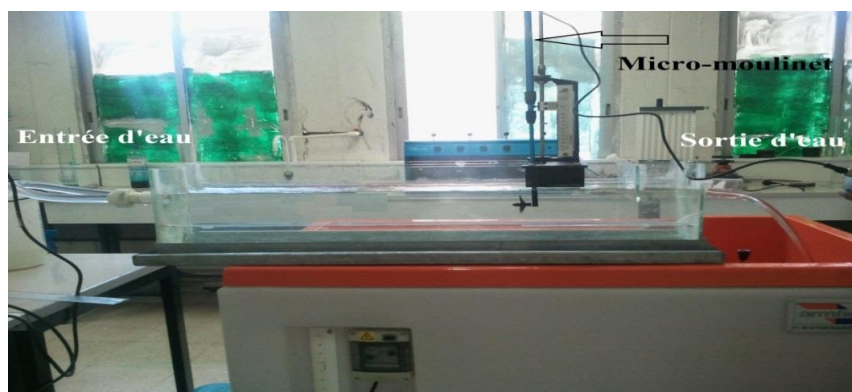


Photo1. Dispositif expérimental

3.2. Procédure expérimentale

3.2.1. Choix de la position de la plaque

Différentes particularités constructives du prototype ont été essayées afin de déterminer la meilleure position de la plaque :

- a- Plaque en avant de l'ouvrage à 10 cm de la rentrée d'eau affleure avec le niveau d'eau
- b- Plaque en avant de l'ouvrage immergée de 1 cm
- c- Plaque en fin de l'ouvrage de 10 cm de la sortie d'eau affleure avec le niveau d'eau
- d- Plaque en fin de l'ouvrage immergée de 1 cm

3.2.2. Injection d'air

Une fois l'emplacement de la plaque est choisi on a poursuivi nos expériences sans air et avec injection d'air.

3.3. Mesure et résultats des vitesses d'écoulements des eaux

On alimente le modèle du bassin par les débits min et max selon les équations de similitude [11] [12] [13] suivante :

$$Q_m \text{ min} = (K_1)^{5/2} \times Q_p = (0.05)^{5/2} \times 15000 = 8.40 \text{ m}^3/\text{j} \text{ d'où } Q_m = 0.10 \text{ l/s} \quad (6)$$

$$Q_m \text{ max} = (K_1)^{5/2} \times Q_p = (0.05)^{5/2} \times 30000 = 16.80 \text{ m}^3/\text{j} \text{ d'où } Q_m = 0.20 \text{ l/s} \quad (7)$$

On parlera ici uniquement des résultats de mesure de la vitesse lorsque la plaque est en fin de l'ouvrage, avec et sans air. Les mesures de vitesse ont permis de construire les courbes des champs de vitesse indiquées par les figures 2 et 3 :

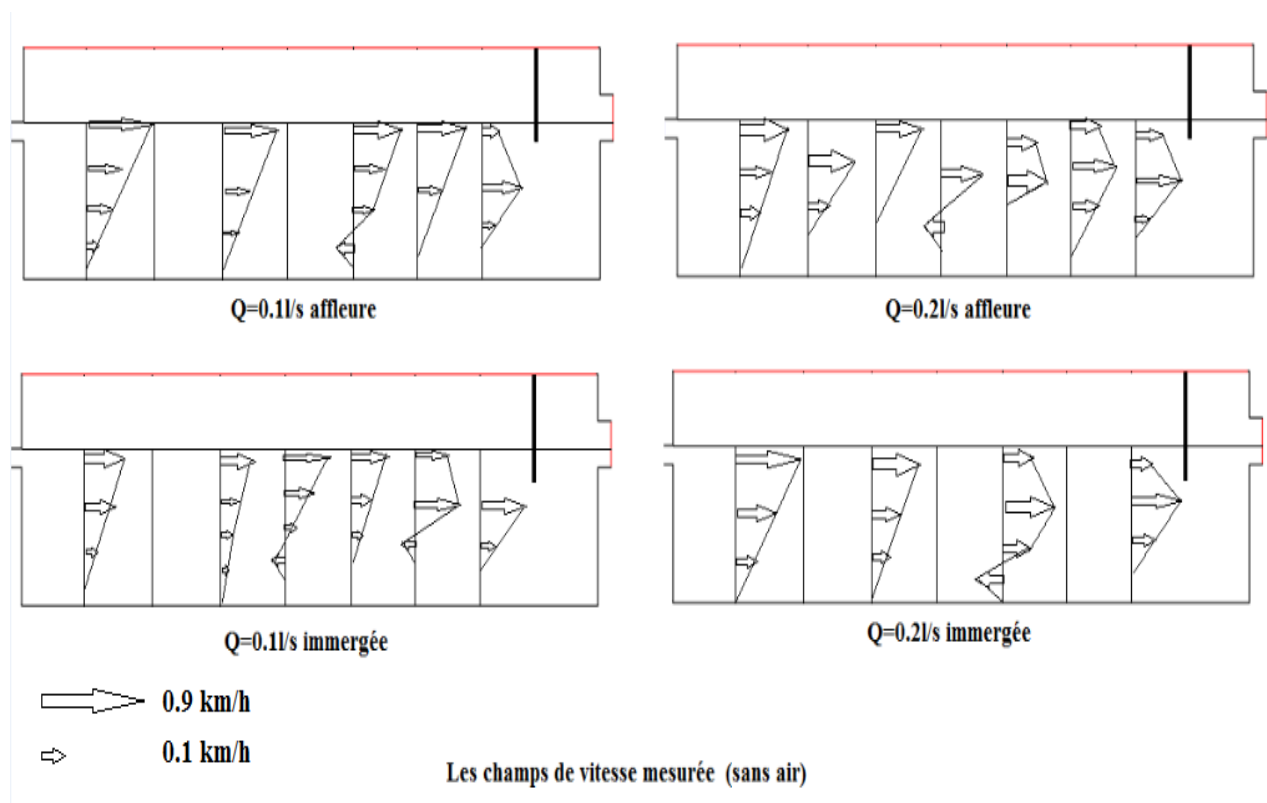


Figure 2. Les champs de vitesse mesurée (sans air)

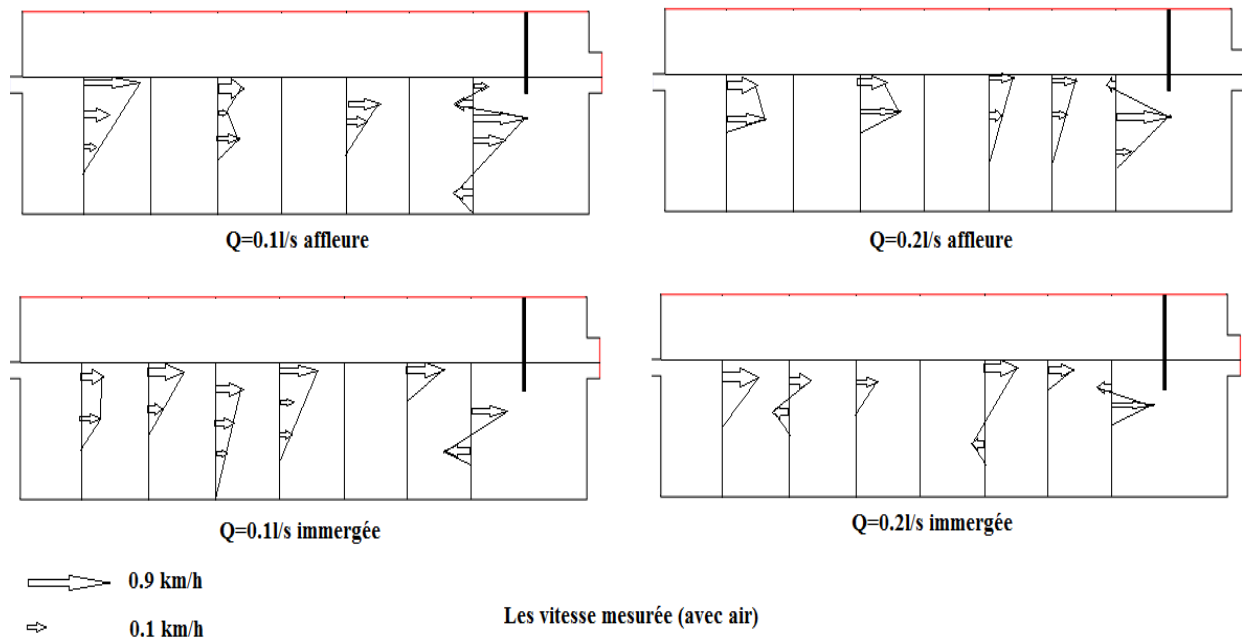


Figure 3. Les champs de vitesse mesurée (avec air)

D'après les courbes de champs de vitesse une bonne répartition des vitesses est observée au débit de 0,2 l/s. la vitesse varie de 0,1 à 0,9 Km/h.

Les photos 2 et 3 montrent la répartition du colorant (champs de vitesses $Q = 0.2$ l/s sans air et avec d'air)

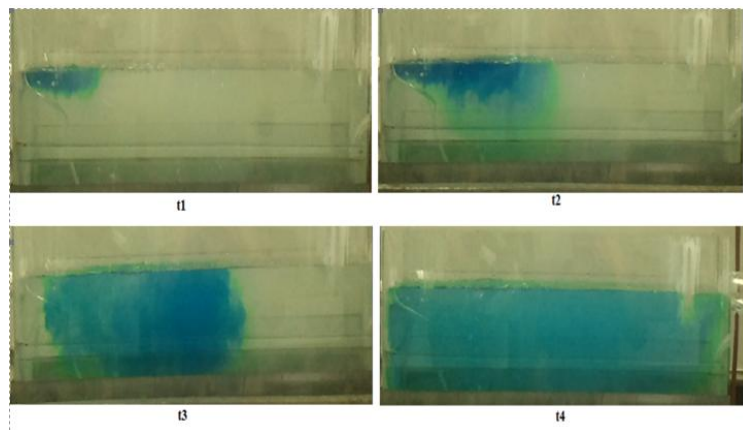


Photo 2. Répartition du colorant sans injection d'air

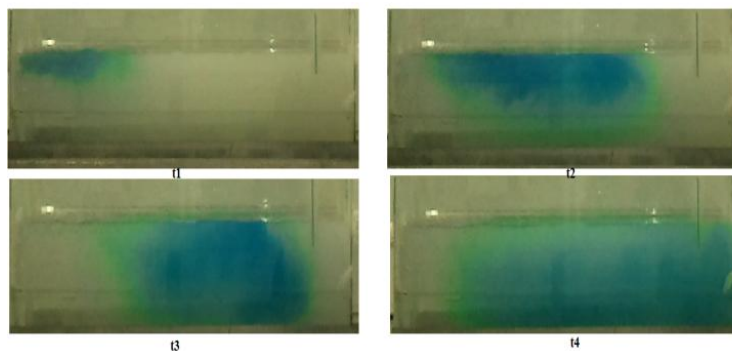


Photo 3. Répartition du colorant avec injection d'air

3.4. Détermination du temps de séjour (DTS)

Après la campagne de mesure des vitesses sur le modèle réduit du décanteur des tests traceurs ont été effectuées pour les débits 0,1 et 0,2 l/s Un seul test traceur a été mis en place pour étudier l'hydrodynamique du modèle réduit du décanteur par un suivi conductivimétrique d'une injection de sel ordinaire(NaCl), les résultats de ce type de tests sont habituellement utilisés pour déterminer le modèle d'écoulement prédominant et les divers phénomènes menant à des écoulements non-idéaux. Ces phénomènes peuvent être des courts-circuits, des recyclages, des volumes morts, etc. Aussi afin d'apprécier le comportement hydraulique de n'importe quel ouvrage il faut déterminer son coefficient d'utilisation du volume qui est le rapport entre le temps théorique du modèle et le temps réel dans le modèle. Le temps théorique peut s'exprimer par la formule suivante :

$$T=W/Q \quad (8)$$

3.4.1. Pour le débit de 0,1 l/s

Les résultats des tests du traceur NaCl au débit 0,1 l/s sont représentées par la courbe de la figure 4 représentant la conductivité en $\mu\text{S/cm}$ en fonction du temps de séjour réel modèle :

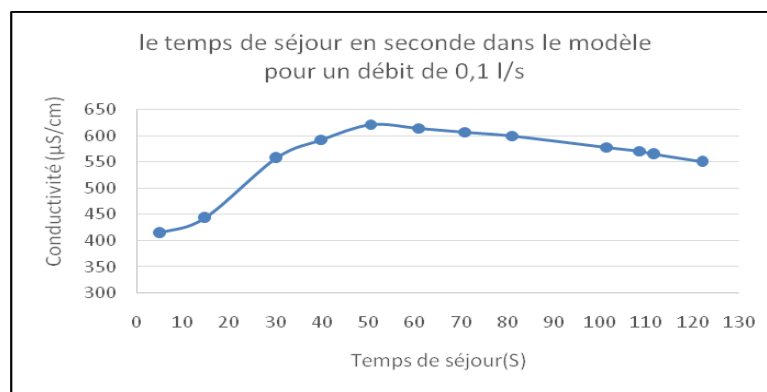


Figure 4. le temps de séjour dans le modele pour un débit de 0.1 l/s.

De la courbe de la figure 4 on déduit que le temps de séjour pour le débit 0,1 l/s est de 55 seconde ce qui correspondrait à un coefficient d'utilisation du volume égale à 0,06. Ce faible coefficient correspond bien au type d'ouvrage de sedimentation de type horizontal [4], qui nécessite un perfectionnement pour augmenter son rendement. En introduisant l'air dans le modèle ce coefficient a atteint les valeurs de 0,1 ; une amélioration d'utilisation du volume de plus de 50%.

3.4.2. Pour le débit 0.2 l/s

Les résultats des tests du traceur NaCl au débit 0,2 l/s sont représentées par la courbe de la figure 5 représentant la conductivité en $\mu\text{S/cm}$ en fonction du temps de séjour en seconde :

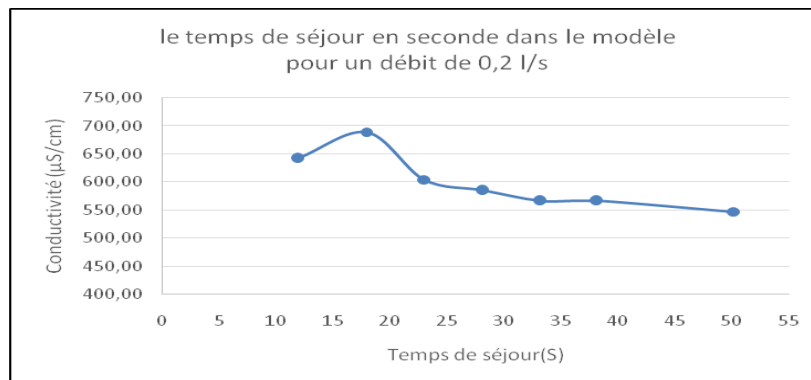


Figure 5 . Le temps de séjour en seconde dans le modèle pour un débit de 0.2 l/s

D'après la courbe (Fig.5) on déduit que la conductivité maximale moyenne est atteinte en

sortie du modèle au bout de 17 seconde ce qui donnera un coefficient d'utilisation du volume égale à 0,18. Les tests réalisés en présence d'air à fortement augmenter son rendement et ceux malgré les faibles vitesses qu'on a mesuré. La courbe de la figure 6 montre le temps de séjour en présence d'air :

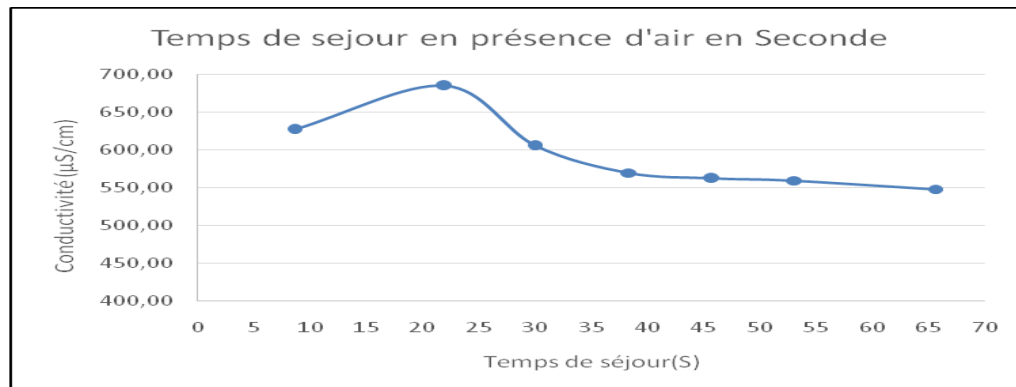


Figure 6 . Temps de séjour en présence d'air en seconde

Pour ce cas le temps de séjour est passé de 17 s à 25 s ce qui donnera un coefficient de 0,3.

Ces valeurs du coefficient sont donnés par une pression d'air injectée de 0,012 MPa.

On augmentant la pression d'air ce coefficient augmentera et cela est vérifié pour la pression 2 X 0,012 le coefficient est passé pour le débit 0,2 l/s de 0,3 à 0,45, alors pour le débit 0,1 l/s il est passé de 0,1 à 0,23.

4. MODELE DE SIMULATION NUMERIQUE

Le calcul numérique a été mené à l'aide du code de calcul Fluent15.0 commercialisé par le groupe ANSYS. Ce code développe et commercialise une solution complète sous forme de logiciels de CFD (Computational Fluid Dynamics) généralistes qui simulent tous les écoulements fluides compressibles ou incompressibles, impliquant des phénomènes physiques complexes tels que la turbulence, le transfert thermique, les réactions chimiques, les écoulements multiphasiques, la cavitation, les écoulements en charge ou à surface libre et les machines tournantes ...etc., et pour des géométries industrielles complexes.

CFD est une méthode informatisée de résolution des équations qui régissent la conservation de la masse, de mouvement et de l'énergie dans tout élément de fluide. Cette technique peut être utilisée pour modéliser l'écoulement de fluides, de gaz et de phases solides avec un haut degré de précision en une, deux ou trois dimensions. Elle s'agit d'un outil de recherche et de conception, complémentaire à la théorie et aux expériences. [14] [15] [16] [17]

4.1. Modélisation de la turbulence

Le programme ANSYS prévoit une variété de modèles de turbulence différents, de complexité et d'applicabilité variées.

Le modèle à usage général le plus utilisé semble être le modèle k-ε [18] [19] [20] qui prends en compte l'influence des fluctuations de vitesse sur le champ moyen [21] [22]. Ce modèle suppose que le régime de turbulence est pleinement établi dans tout le domaine et que les effets de la viscosité moléculaire sont négligeables par rapport à ceux de la viscosité turbulente (loin des parois). [23] [24] [25]

Il est basé sur l'hypothèse de Boussinesq, à savoir qu'il existe une analogie entre l'action des forces visqueuses et les contraintes de Reynolds dans l'écoulement moyen. Ceci a deux composantes : k est l'énergie cinétique de la composante turbulente par unité de masse, définie dans l'équation (8) et ε est la vitesse cinématique de dissipation de k par unité de masse, définie dans l'équation (9).

$$k = \frac{1}{2}(\overline{u'u'} + \overline{v'v'} + \overline{w'w'}) \quad (8)$$

$$\varepsilon = 2 \frac{\mu}{\rho} \left(\overline{e'_{xx}} + \overline{e'_{yy}} + \overline{e'_{zz}} + 2\overline{e'_{xy}} + 2\overline{e'_{xz}} + 2\overline{e'_{yz}} \right) \quad (9)$$

e'_{xx} , e'_{xy} : expriment le travail des plus petites structures turbulentes, qui est défini par les équations (10) et (11) (expressions similaires pour e'_{yy} , e'_{zz} , e'_{xz} , e'_{yz}).

$$e'_{xx} = \frac{\partial u'}{\partial x} \quad (10) , \quad e'_{xy} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u'}{\partial x} + \frac{\partial v'}{\partial x} \right) \quad (11)$$

Les transports de k et ε sont régis par deux expressions similaires. Seule la forme en est donnée dans l'équation (12) [21] [26] [27]

Taux de variation de k (ou ε) + Transport de k (ou ε) par convection = Transport de k (ou ε) par diffusion + Taux de production de k (ou ε) - Taux de destruction de k (ou ε). (12)

Prise en compte des effets des parois [27]

Cependant, proche des parois, les effets visqueux ne peuvent plus être négligés et la modélisation basée sur un nombre de Reynolds turbulent n'est plus valable. Pour pallier à cette difficulté, on utilise des « lois de paroi » (Standard Wall Function), qui sont des modèles d'intégration connectant les conditions à la paroi et près de la paroi.

4.2. Résolution numérique

En premier lieu, le problème a été traité en deux dimensions pour toutes les configurations des bassins disponibles, puis, une tentative a été effectuée pour la résolution du cas tridimensionnel.

4.2.1. Bassin de décantation en 2D

4.2.1.1. Géométrie et génération du maillage du bassin de décantation

La procédure de résolution des équations en volumes finis nécessite un maillage discrétisé en plusieurs éléments suffisamment fins de manière à résoudre les équations de Navier Stokes jusqu'à la convergence.

La géométrie ainsi que la constitution du maillage ont été définies à l'aide du préprocesseur GAMBIT. Le maillage adopté est un maillage structuré, à éléments triangulaire avec un pas de 0.3 cm partout. Ce qui nous a donné pour le bassin complet 163234 cellules, après l'adaptation sous Fluent (Fig.7).

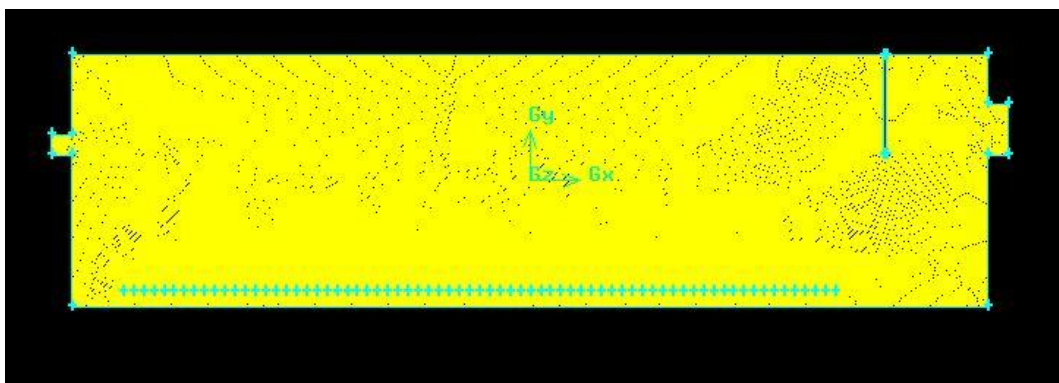


Figure 7. Maillage fin du bassin en 2D.

4.2.1.2. Conditions aux limites

Plusieurs types de conditions aux limites sont proposés dans le code de calcul FLUENT (conditions de symétrie, de pression, de flux nul, de vitesse imposée etc...). Nous avons utilisé essentiellement quatre : vitesse d'entrée, pression de sortie, condition de la surface libre et condition de paroi.

- En entrée, une vitesse (velocity inlet) est généralement imposée sur toute la section de façon à imposer un débit.
- En sortie, plusieurs conditions peuvent être utilisées. Dans le cas d'un ouvrage présentant une seule sortie (que ce soit une conduite ou un seuil déversant), une condition de type *pressure outlet* ou encore *outflow* sont couramment imposées.
- Les murs verticaux et horizontaux ont été spécifiés comme étant près des limites du mur en utilisant le modèle standard $k-\epsilon$.
- La surface libre statique a été spécifiée comme axe rigide de symétrie du couvercle. [28] [29] [30]

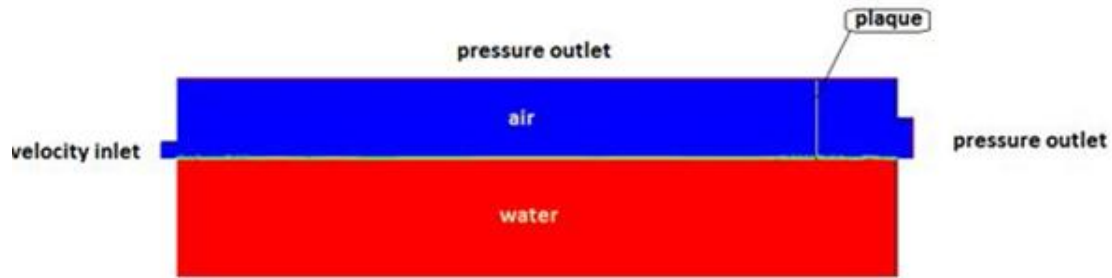


Figure 8. Conditions aux limites

Les premières simulations ont été menées pour deux différents débits d'entrée, En absence et en présence de l'air, quatre différentes positions de la plaque ont été essayées. Les résultats sont consignés dans les figures 9,10 et 11.

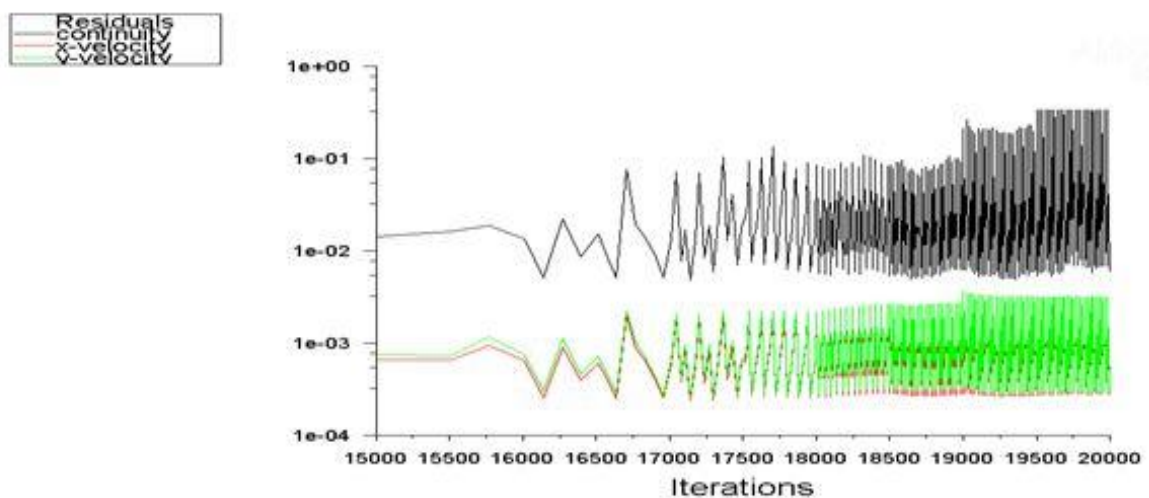


Figure 9. Graphe des itérations de calcul

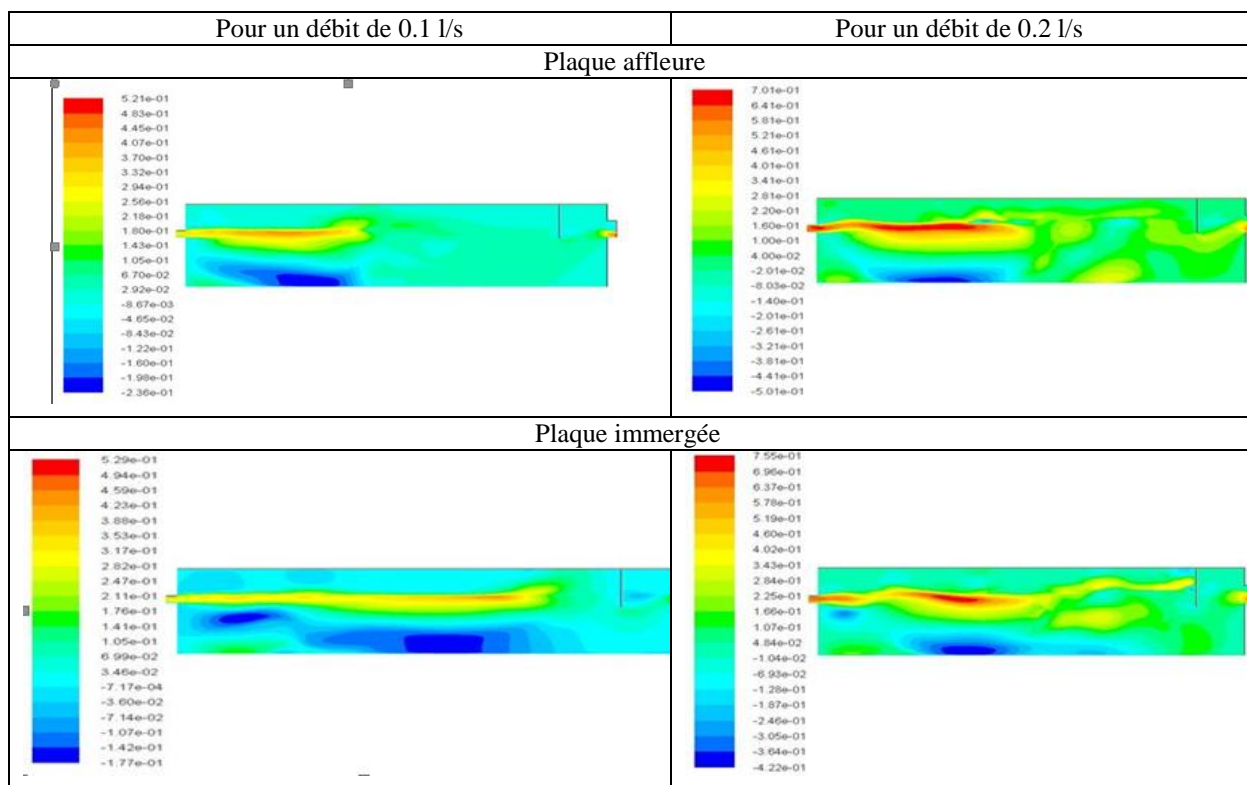


Figure 10. Vitesse horizontale X (m/s) sans l'injection d'air

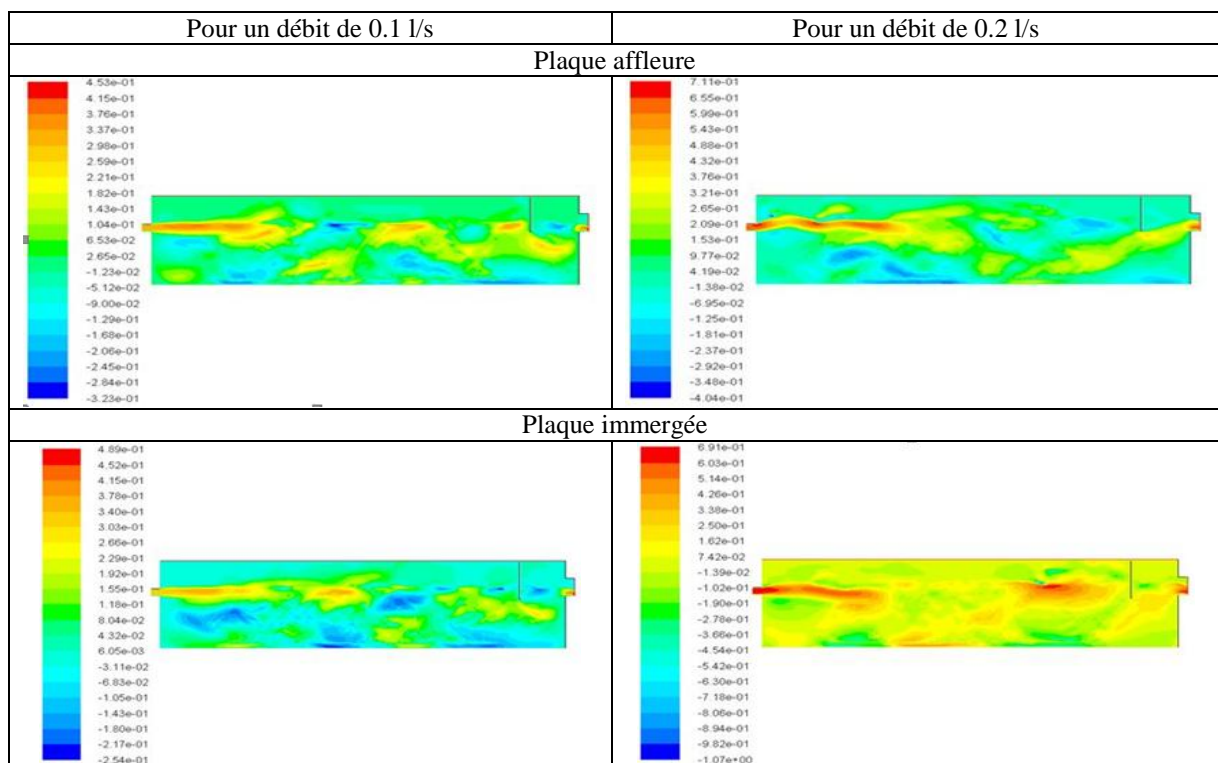


Figure 11. Vitesse horizontale X (m/s) avec injection d'air

4.2.2. Bassin de décantation en 3D

4.2.2.1. Géométrie et génération du maillage du bassin de décantation en 3D

La géométrie ainsi que la constitution du maillage ont été définies à l'aide du pré processeur GAMBIT. Les informations du maillage obtenu sont résumées dans le tableau 1 et illustrées.

Tableau 1. Informations du maillage

Mesh Size				
Level	Cells	Faces	Nodes	Partitions
0	1515191	3067309	271124	1

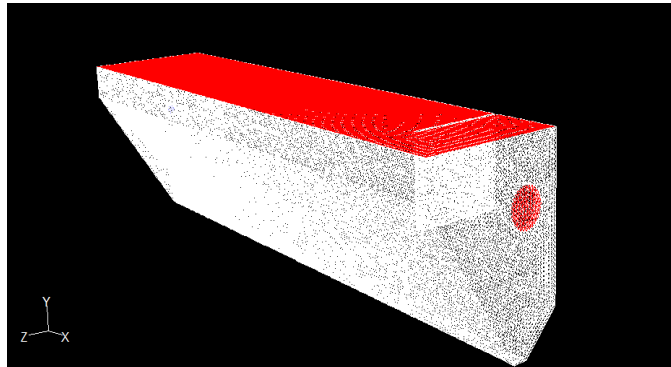


Figure 12. Maillage fin du bassin en 3D

4.2.2.2. Résultats de simulation en 3D

Les résultats de simulation en 3 D sont illustrés dans les figures 13, 14, 15, 16, 17 et 18.

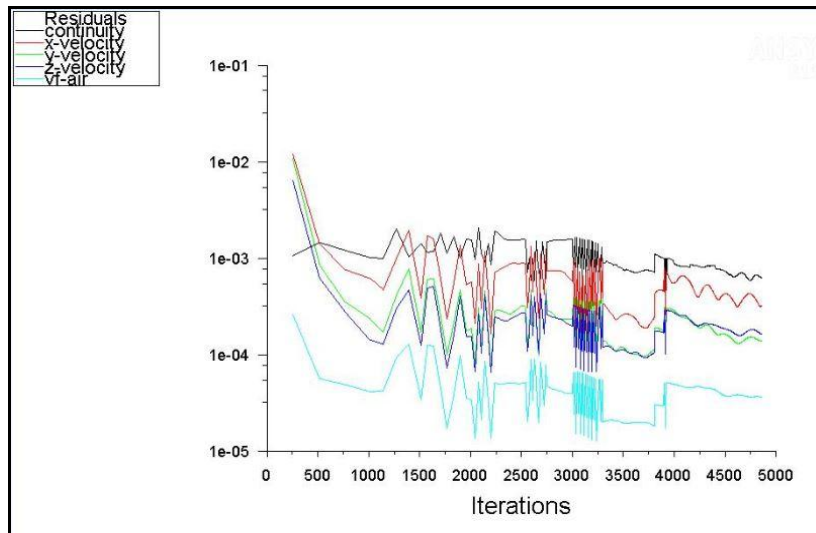


Figure 13. Graphe des itérations de calcul en 3D

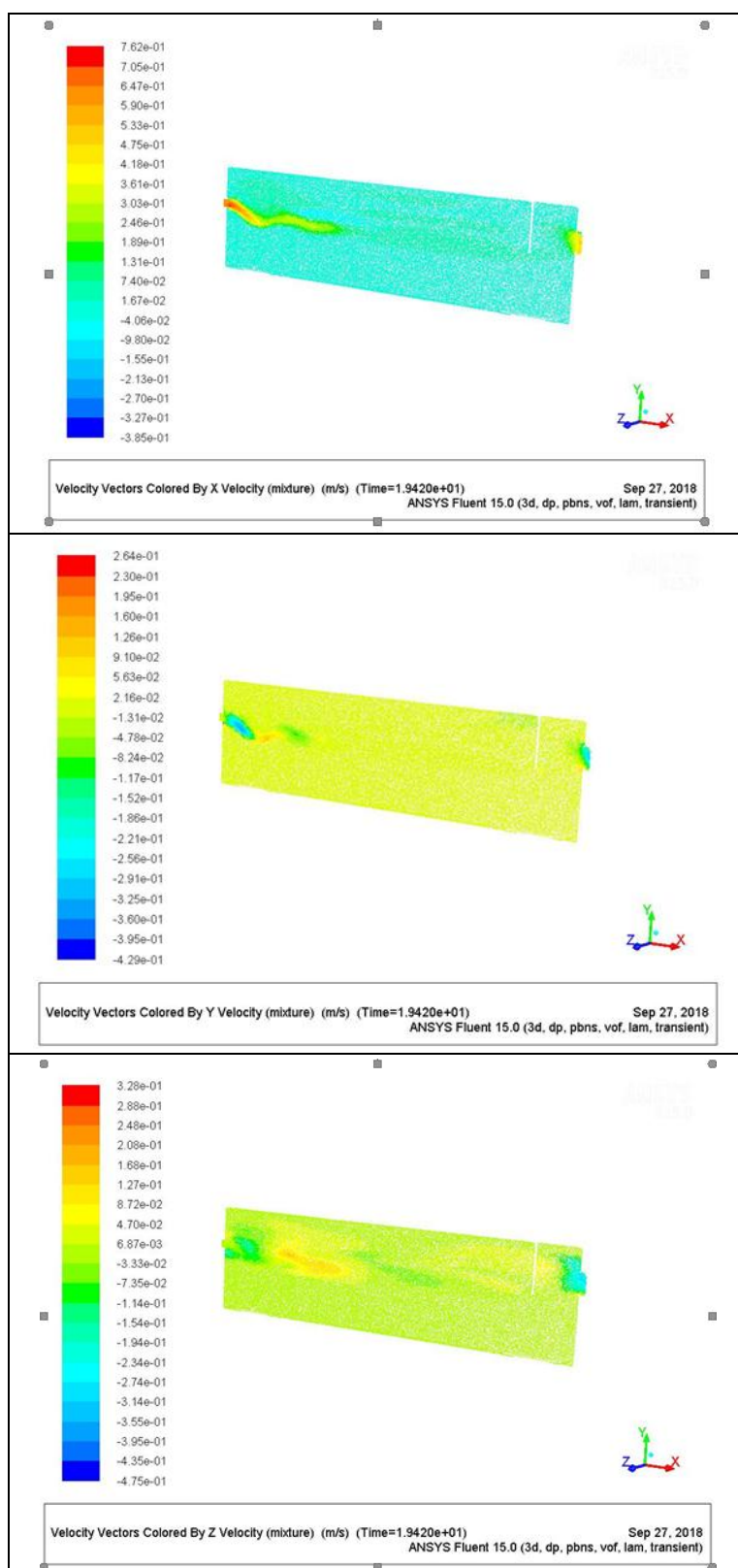


Figure 14. Vecteurs des vitesses selon les axes X, Y et Z

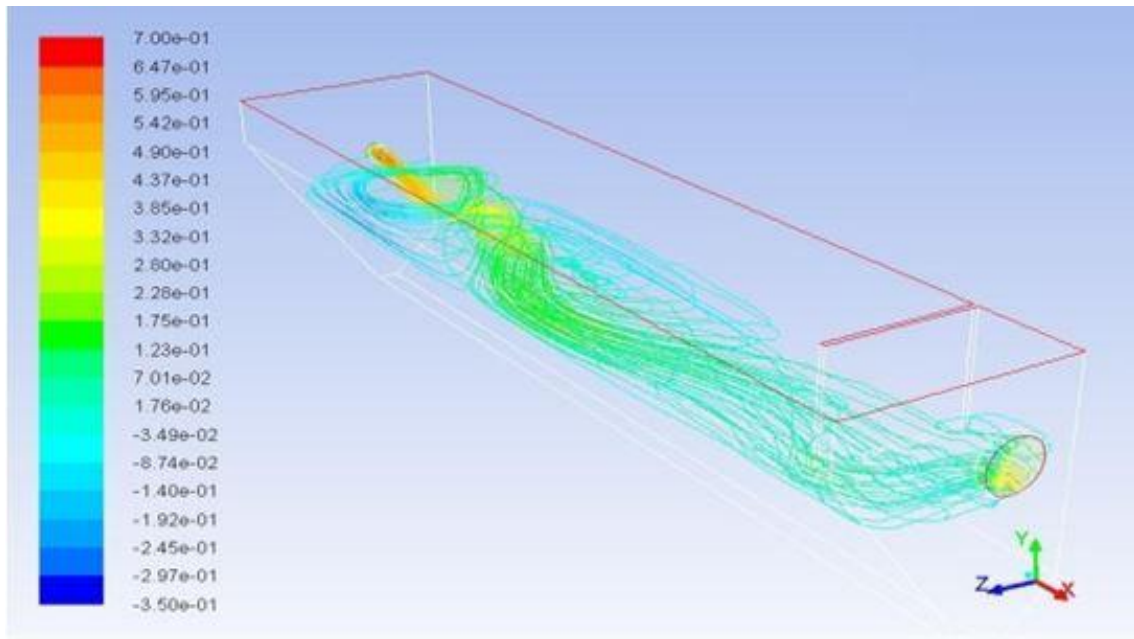


Figure 15. Ligne de courant de vitesse en 3D par rapport à l'axe X en m/s.

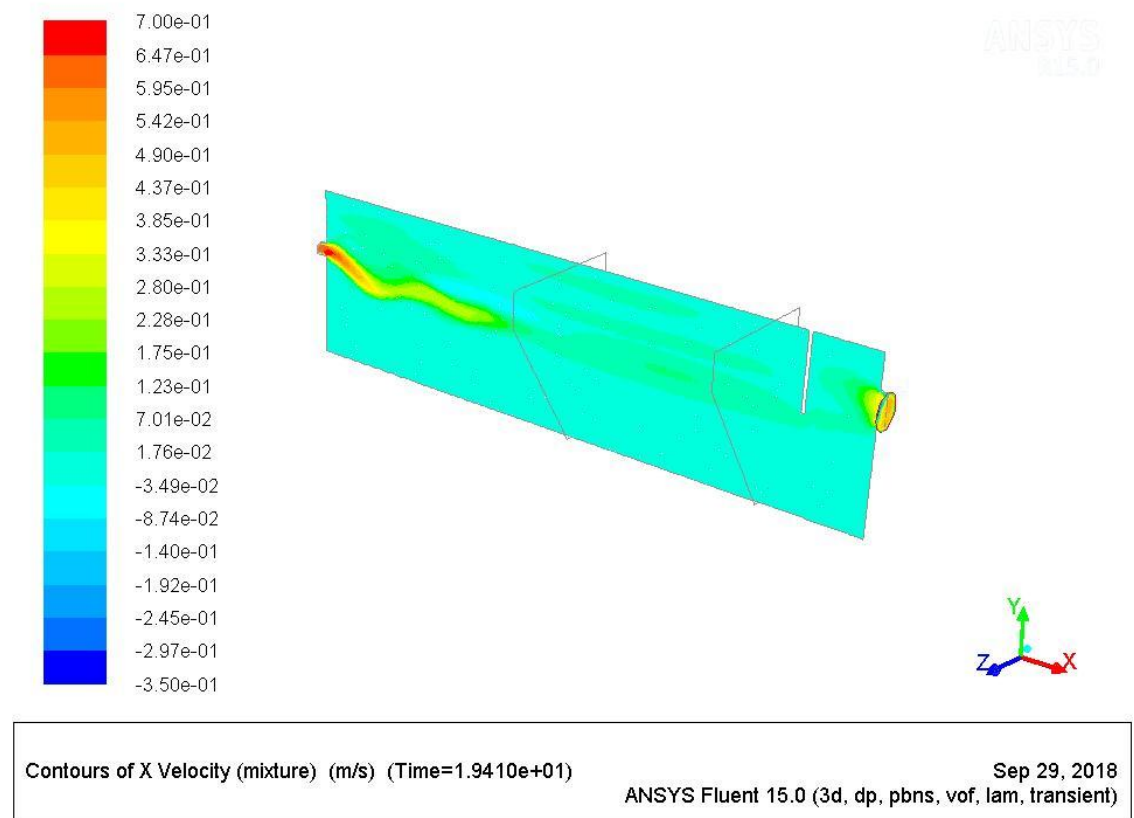


Figure 16. Courant de vitesse par rapport à l'axe X

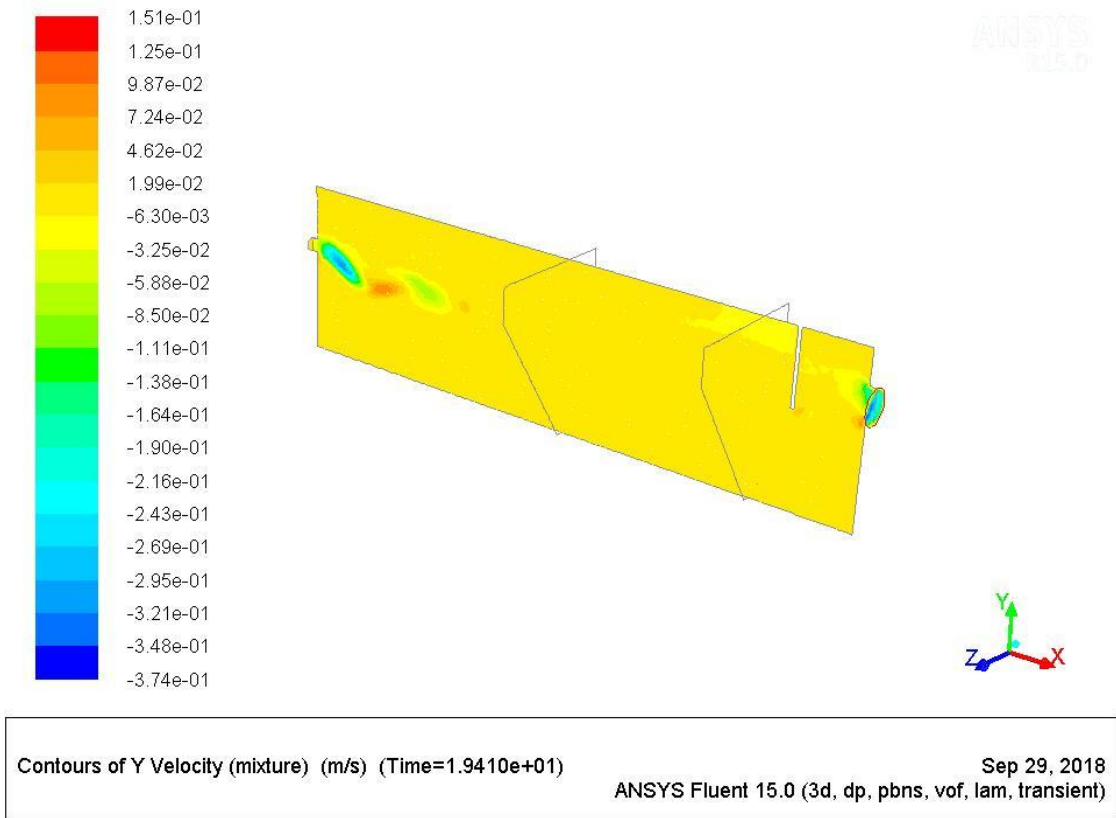


Figure 17. Courant de vitesse par rapport à l'axe Y

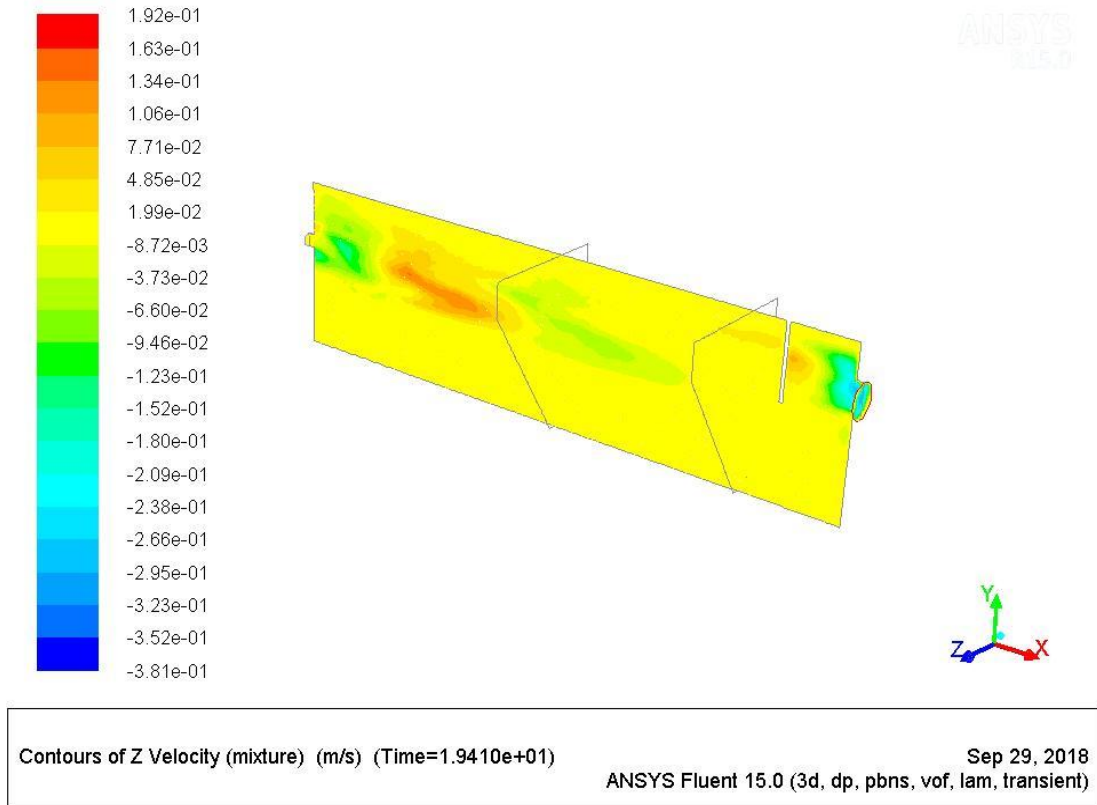


Figure 18. Courant de vitesse par rapport à l'axe Z

4.3. Interprétation des résultats

D'après les résultats de mesure des champs de la vitesse et la simulation réalisée par Fluent, on remarque que pour les deux positions de la plaque au débit 0.2 l/s le régime d'écoulement est en général bien reproduit par la simulation. Alors que pour le débit 0.1 l/s on n'arrive pas à interpréter les résultats du fait des valeurs faibles de la vitesse mesurée.

5. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La meilleure position de la plaque est obtenue à la sortie de l'eau immergée à 1 cm

La répartition des champs de vitesse décrit le comportement hydraulique du modèle avec le débit max 0,2 l/s par contre au débit 0,1 l/s on pense que la résolution de notre micro-moulinet fait défaut (0,1 pour toutes les unités) et il ne capte pas les faibles vitesses

L'injection du colorant avec et sans air nous amener à tirer les remarques suivantes :

- ✓ L'irrégularité des champs de vitesse se produit en raison d'existences des zones mortes et des zones de recirculation
- ✓ Ces dernières créent des problèmes de mélange d'écoulement et occupent un volume considérable, donc le volume efficace pour la sédimentation diminue

Le temps de séjour pour les débits 0,1 l/s et 0,2 l/s est respectivement de 55 et 17 seconde ce qui correspondrait à un coefficient d'utilisation du volume de 0,06 et 0,18

L'injection d'air a augmenté le temps de séjour, mais freine l'écoulement (casse l'écoulement). Pour le débit 0,2 l/s, le temps de séjour est passé de 17 s à 25 s ce qui donnera un coefficient de 0,3.

Une approche de simulation en 3D du comportement hydraulique du modèle réduit est réalisée. Pour une suite à ce sujet et validation du 3D un courantomètre type Acoustic Doppler Velocimeter donnant les 3 composantes de la vitesse U, V, W est obligatoire.

REMERCIEMENTS

Nos remercions l'ensemble du personnel des laboratoires du département d'hydraulique et du laboratoire géodynamique et ressources naturelles de l'université Badji Mokhtar Annaba qui nous ont fourni tout le matériel indispensable à la réalisation de ce travail.

REFERENCES

- [1] N. Lekouaghet, 2002. *Perfectionnement de la conception d'ouvrage hydraulique type : décanteur* Mémoire de Magistère, département d'hydraulique université Badji Mokhtar Annaba, 116p.
- [2] N. Lekouaghet & Y. Hammar, 2003. *Amélioration des performances hydrodynamiques des bassins de décantation des eaux (cas : décanteur pulsateur)*, Colloque international. Oasis, Eau et Population, Biskra.
- [3] A. Graini & H. Terki, 2018. Contrôle et suivi de la qualité de l'eau traitée "station de traitement Chaiba- Annaba, Mémoire de master 2, Département d'hydraulique Université Annaba.
- [4] Y. Hammar, 1993. Intensification de l'épuration des eaux usées des laminoirs à chaud (Algérie), Thèse de Doctorat, Université Saint Pétersbourg, 157p.
- [5] Kerry J. Howe, David W. Hand, John C. Crittenden, R. Rhodes Trussell, George Tchobanoglous, 2012. *Principles of Water Treatment*. Ed. John Wiley & Sons. 674p.
- [6] M. Hug, 1975. *Mécanique des fluides appliquées*. Ed. Eyrolles. 1195p.
- [7] A. Lencastre, 1995. *Hydraulique générale*. Ed. Eyrolles, 633p.
- [8] A. Morel Michel, 1994. *Exercice de mécanique des fluides, tome 2, turbomachines, constructions graphiques, phénomènes transitoires*. Ed. Eyrolles. 382p.
- [9] I. Paraschivoiu et al., 2003. *Mécanique des fluides*. Ed, presses internationales polytechnique, 450p.
- [10] V.I. Kalitsouv & Y.M. Laskov, 1978. *Travaux pratique en ouvrages hydrauliques sous la traduction du professeur C. W. Yakoulix Strouzdatskiy*. 125 p Moscou.

- [11] M. Carlier, 1980. *Hydraulique générale et appliquée*. Ed. Eyrolles. 534p.
- [12] R. Comelet, 1994. *Mécanique expérimentale des fluides, Tome 2, dynamique des fluides réel et turbomachines*. Ed. Masson. 473p.
- [13] R. Comelet & J. Bonnin, 1964, 1986. *Mécanique expérimentale des fluides, Tome 3, recueil des problèmes*. Ed. Masson. 458p.
- [14] ANSYS Release 10.0. August 2005. *ANSYS Modeling and MeshingGuide*. ANSYS, Inc. and ANSYS Europe. 280p.
- [15] Fluent. April 2009. *ANSYSFLUENT 12.0 User's Guide*. Copyright by Fluent Inc. 2070p.
- [16] E. Matene, PFE 2009. *Présentation du code fluent et de la méthode numérique de prevision*. Centre Universitaire de Khemis Milliana Institue des sciences et technologies. Ingénieur en Génie Climatique Spécialité : Mécanique des fluides industriels. 28p.
- [17] A. J. Mc Corquodale et al., 2006. *Application of a CFD model to improve the performance of rectangular clarifiers*. Water Environment Foundation. 11p.
- [18] Z. Siping Zhou and A.J. Mc Corquodale., 1992. *Modelling of rectangular settling tanks*, journal of hydraulic engineering Vol 118 No. 10, pp 1391 – 1405.
- [19] M. Shahrokhi et al., 2011. *Numerical Simulation of Influence of Inlet Configuration on Flow Pattern in Primary Rectangular Sedimentation Tanks*, World Applied Sciences Journal 15 (7): 1024-1031.
- [20] A.M. Razmi et al., February 2013. *Experiments and numerical modeling of baffle configuration effects on the performance of sedimentation tanks*, Canadian Journal of Civil Engineering, Article 12p.
- [21] M. F. D. Dufresne, 2008. *La modélisation 3D du transport solide dans les bassins en assainissement : du pilote expérimental à l'ouvrage réel*. Thèse de Docteur en Mécanique de l'Université Louis Pasteur Strasbourg 1. 226p.
- [22] P. Krebs et al., 1996. *Influence of inlet and outlet configuration on the flow in secondary clarifiers*, Wat. SCI. Tech. Vol. 34. No.5-6. pp. 1-9.
- [23] A.H. Ghawi, 2008. *A Numerical Model of Flow and Settling in Sedimentation Tanks in Potable Water Treatment Plants*. PhD Thesis, Slovak University of Technology in Bratislava. 121p.
- [24] A.H. Ghawi, 2017. *Application of computational fluid dynamics modeling to a horizontal sedimentation tank in IRAQ*. International Journal of Engineering Sciences & Research Technology. 8p.
- [25] A.H. Ghawi, 2011. *Improvement performance of Secondary clarifiers by a computational fluid dynamics model*. Slovak university of technology. 11p.
- [26] Gh. Naser et al, 2005. *Two-Dimensional Simulation Model of Sediment Removal and Flow in Rectangular Sedimentation Basin*, Journal of Environmental Engineering, Vol. 131, No. 12, December, p1740-1749.
- [27] G. Lipeme Kouyi, 2004. *Expérimentations et modélisations tridimensionnelles de l'hydrodynamique et de la séparation particulaire dans les déversoirs d'orage*. Thèse de Docteur en Sciences de l'ingénieur de l'Université Louis Pasteur Strasbourg 1. 274p.
- [28] B. De Clercq, 2003. *Computational fluid dynamics of settling tanks: Development of experiments and rheological, settling, and scraper submodels*. Thesis for the degree of Doctor (Ph.D) in Applied Biological Sciences University GENT. 324p.
- [29] Y. Fayolle, 2006. *Modélisation de l'hydrodynamique et du transfert d'oxygène dans les chenaux d'aération*. Thèse de doctorat en Génie des Procédés Industriels de l'INSA de Toulouse Université, 295p.
- [30] S. Zhou & A.J. Mc Corquodale, 1992. *Modeling of rectangular settling tanks*, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, vol. 118, no. 10, pp. 1391-1405.

NOMENCLATURE

Re, Fr, Eu	: Respectivement Nombre adimensionnel de Reynolds, Froude et Euler.
Fr _M , Fr _P	: Respectivement Nombre adimensionnel de Froude du modèle et du prototype
ρ_r	: La densité de référence (eaux propres)
ρ	: Densité local du mélangeur, elle est relatif à la valeur de la concentration des M.E.S
V	: Vitesse d'écoulement, m/s
H _e	: Ouverture d'entré d'eau, m
g	: Accélération de la pesanteur, m/s ⁻²
Q _M , Q _P	: Respectivement débit d'eau dans le modèle et le prototype (décanteur réel), m ³ /s
K _L	: Facteur d'échelle égale à (L _M / L _P)
L _M , L _P	: Respectivement longueur du modèle et du prototype (décanteur réel), m
V _M , V _P	: Respectivement vitesse d'eau dans le modèle et le prototype (décanteur réel), m/s
T _M , T _P	: Respectivement temps de séjour de l'eau dans le modèle et le prototype (décanteur réel), s
l _M , l _P	: Respectivement largeur du modèle et du prototype (décanteur réel), m
h _M , h _P	: Respectivement hauteur du modèle et du prototype (décanteur réel), m
W	: Volume du bassin de décantation, m ³
Q	: Débit, m ³ /s
k	: l'énergie cinétique de la composante turbulente par unité de masse
ε	: la vitesse cinématique de dissipation de k par unité de masse
e'_{xx}, e'_{xy}	: exprime le travail des plus petites structures turbulentes