

Etude du phénomène de Backlayering dans un tunnel routier

I. Benabdelaziz¹ ; I. Kalech¹, M.BOUTERRA¹ ; Afif EL CAFSI¹ ; A. BELGHITH¹

¹LETTM, Université de Tunis ElManar, Faculté Sciences de Tunis Campus Universitaire 1060 Tunis TUNISIE

E-mail: ibenabdellaziz@yahoo.fr ; Brahim Kalech@yahoo.fr ; Mourad.Bouterra@gmail.com

Résumé :

Dans ce travail, on va s'intéresser à l'étude du phénomène de Backlayering en se basant sur 2 scénarios : un emplacement de la source bien déterminé par rapport au sol (cas 1) et lorsqu'on fait incliné le tunnel par rapport à l'horizontal dans le sens négative (pente négative pour le cas 2). L'analyse des structures cohérentes qui apparaissent lors de ce processus a été étudiée en se basant sur un code CFD FDS .Les résultats montrent que la pente négative est un facteur très utile pour la détection des structures plus fines lors de l'apparition de Backlayering.

Mots clés : Tunnel , Backlayering , structures cohérentes, FDS

1-Configuration expérimentale et conditions aux limites :

La configuration géométrique utilisée est la suivante :

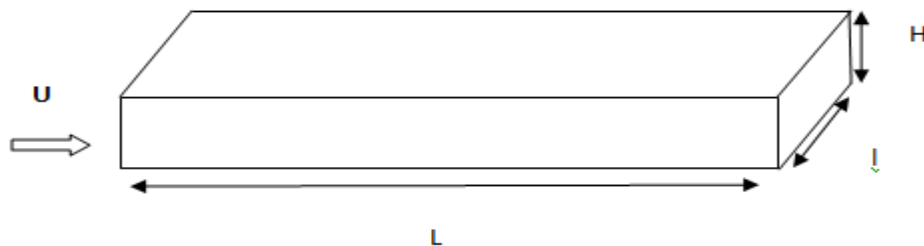


Figure 1 : Configuration Géométrique et conditions aux limites

U : Courant d'air longitudinale, L : 10 m, H : 0.25 m, W : 0.5 m

Afin de mettre la configuration en place, il faut effectuer des conditions aux limites pour conduire à une présentation plus facile qui nous aide à comprendre l'étude en plus.

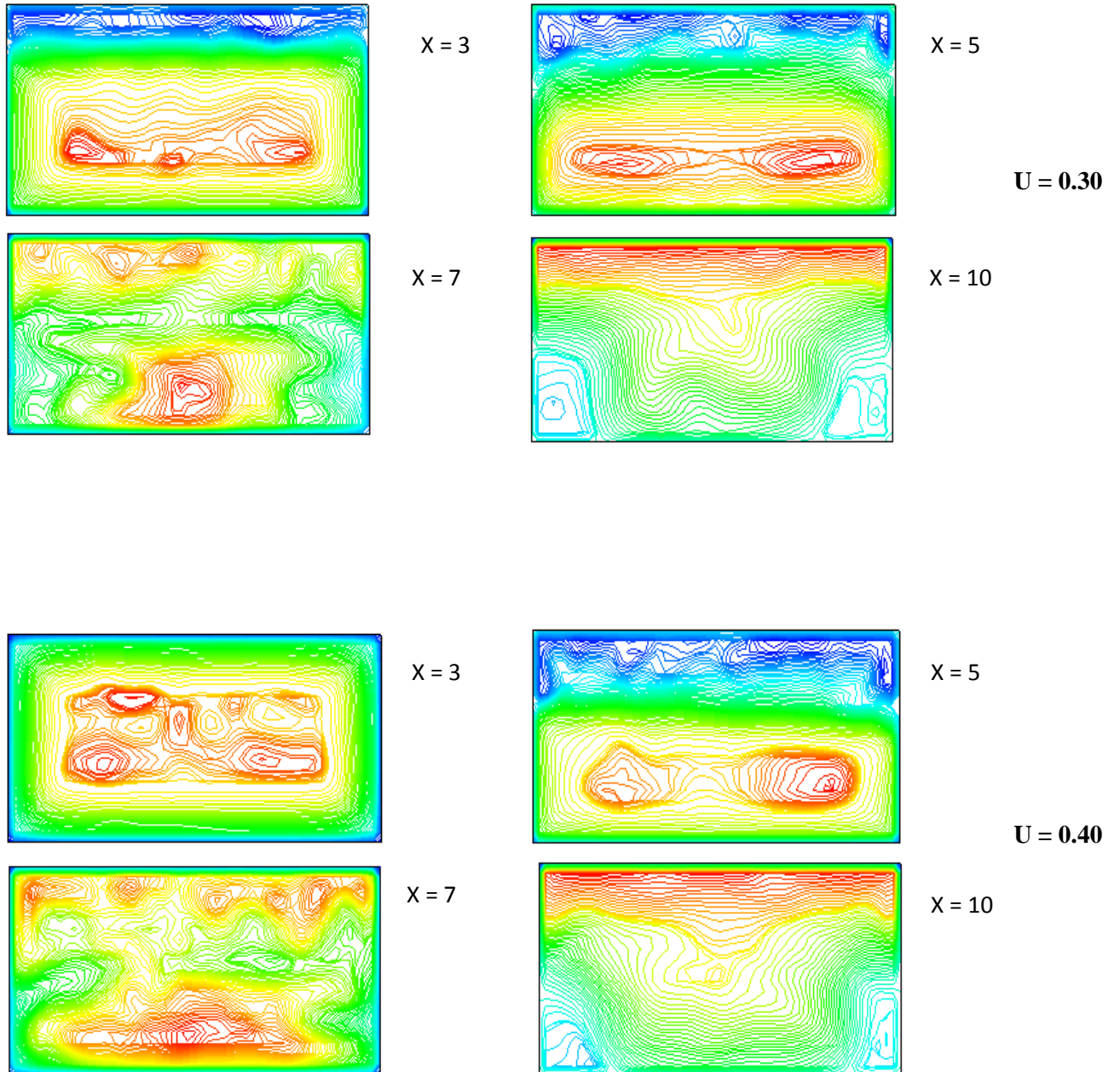
Le domaine est composé de : section rectangulaire, la source thermique est placée au milieu du domaine permet de générer un panache, de section carré et de dimension (10*10) cm, le plafond : paroi (Wall). Les sections d'entrée et de sortie sont soumises à la pression atmosphérique.

2-Résultat :

2-1- Effet du courant d'air longitudinal sur le comportement du panache :

Cas 1 :

On étudie la distribution du panache (Morton et al. 1956) en se basant sur l'étude des structures cohérentes pour différentes sections du tunnel dans le plan transversal du champ de vitesse U pour le cas 1.



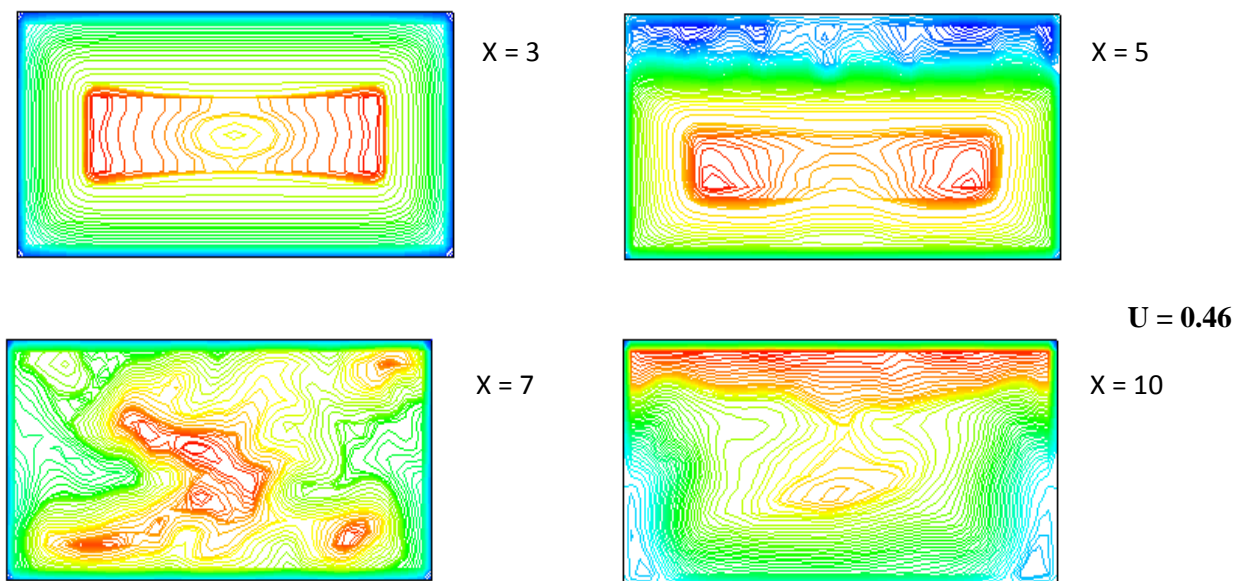


Figure 2 : champ de la composante longitudinale de la vitesse U (cas 1)

Pour $U = 0.30$ m/s à $1/4$ de la section gauche du tunnel, la partie la plus intéressante est concentrée au centre qui se caractérise par des structures tourbillonnaires secondaires confinées dans un écoulement d'air froid. Cette couche est surmontée par une autre couche de fumée au niveau du plafond qui représente des zones de séparation. Au centre du tunnel ($X = 5$ m), Cette partie supérieure devient plus claire et deux autres tourbillons liés presque de même taille se forment. Pour $X = 7$ m, on constate la présence qu'un gros tourbillon dans la partie inférieure et qui se prolonge jusqu'à le plafond. Cette forme disparaît à la sortie du tunnel ($X = 10$ m) et 2 autres petits tourbillons symétriques prennent la place de part et d'autre.

En augmentant la vitesse à 0.40 m/s, la différence aura lieu pour $X = 3$ m tels que la partie centrale devient très désintégrée avec confinement de ces intégrations dans l'écoulement qui est très intense. Pour $X = 7$ m, ce gros tourbillon avec son prolongement atteint presque tout l'espace.

A la condition critique (0.46 m/s), la figure 2 montre une forme très différente et particulière. La partie centrale est constituée d'une petite cellule concentrée à l'intérieur qui se prolonge tout au long du centre de forte intensité. Tous sont piégés dans la couche d'air frais qui révèle une augmentation au niveau de son épaisseur à cause de l'apport d'une quantité suffisante de l'oxygène dans cette situation [1].

On peut noter alors que :

Le comportement des tourbillons dans la position centrale du tunnel est lié au taux de ventilation. En effet, l'augmentation du courant d'air longitudinal influe sur le champ de vitesse longitudinal et plus précisément assure la fusion des tourbillons dans la partie inférieure du tunnel. Alors qu'à l'entrée ($X=3$ m), lorsqu'on fait augmenter cette vitesse, on obtient une disparition d'élargissement des tourbillons et des perturbations non structurées prennent la place en présence d'un développement des tourbillons secondaires sur une même couche illustrant un processus bien particulier. Ces structures tourbillonnaires favorisent ensuite la turbulence de l'écoulement qui facilite le mélange.

Cas 2 :

X=3 m : En absence de vitesse, la distribution de la composante longitudinale U présente un gros tourbillon qui est placé au centre piégé dans l'écoulement de l'air frais qui occupe toute la partie du tunnel à l'exception de la partie supérieure au niveau du plafond qui montre une couche de fumée. On a remarqué l'apparition de la même structure rencontrée dans le premier cas mais à faible vitesse. Cela est dû à l'apport d'une quantité suffisante d'air dans cette région à cause de l'augmentation du taux de la vitesse longitudinale s'ajoutant à l'effet de la pente, mais on peut conclure que l'effet de la pente domine l'effet du taux de ventilation.

X = 5 m : En absence de vitesse, l'intérieur du panache est constitué d'une cellule sphérique située au centre au sein d'un tourbillon représentant de même des petites cellules piégées dans l'écoulement. Même chose ici, on obtient des résultats du premier cas mais pour des valeurs moins faibles.

X= 7 m : En absence de vitesse, on a remarqué l'apparition d'une structure particulière. En effet, la figure montre la présence de deux gros tourbillons contrarotatifs [2] aura lieu comme conséquence de l'effet de la pente négative qui sont piégés dans une couche de l'air frais dans la partie supérieure qui montre ainsi une zone de séparation. Pour U = 0.35 m/s et 0.40 m/s, on a trouvé la structure du premier cas qui apparait contrairement à 0.46 m/s. Cette zone est caractérisée par une élévation de recirculation et une perturbation entre les particules fluides surtout lorsqu'on fait augmenter la vitesse qui semble être d'efficacité moins faible en le comparant avec l'effet de la pente.

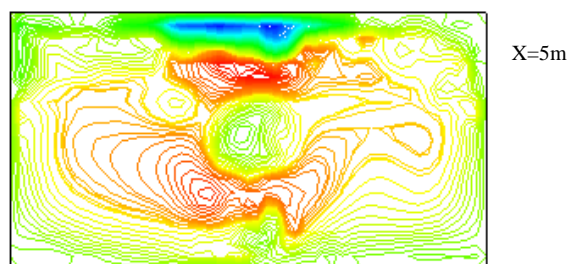
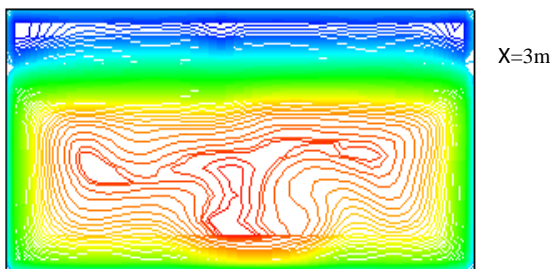
X = 10 m : Sans vitesse, le tunnel est occupé par deux régions, la partie inférieure présente une perturbation au niveau de l'écoulement surmonté par une couche d'air frais très stable. Pour U =0.35 m/s et 0.40 m/s, on a observé de même les phénomènes rencontrés avant mais à faible valeur.

On peut conclure alors que :

Les structures tourbillonnaires qui apparaissent en amont sont la conséquence d'une dominance des forces de viscosité et les forces d'inertie. La force centrifuge de ce tourbillon est équilibrée par les frottements et non par la pression. Cependant, lorsque les forces d'inertie sont largement dominantes, on considère alors le minimum local de pression comme une condition nécessaire à la présence d'un tourbillon cohérent dans la partie aval. L'association d'un maximum du taux de ventilation et d'un minimum de pression permet ainsi d'identifier et de délimiter les tourbillons du panache.

L'effet de la pente négatif se traduit dans l'apparition des structures déjà rencontrés dans le premier cas mais pour une valeur égale ou supérieure à la vitesse critique c'est-à-dire à haute valeur de vitesse contrairement dans ce cas qu'en peut l'observer à une valeur inférieure à la valeur critique, par conséquent cet effet est dominé sur tous les autres pour différentes distances des X.

La pente est un paramètre très efficace pour l'apparition de certains critères constitués l'écoulement à l'intérieur du panache à faible taux de ventilation longitudinale.



U = 0

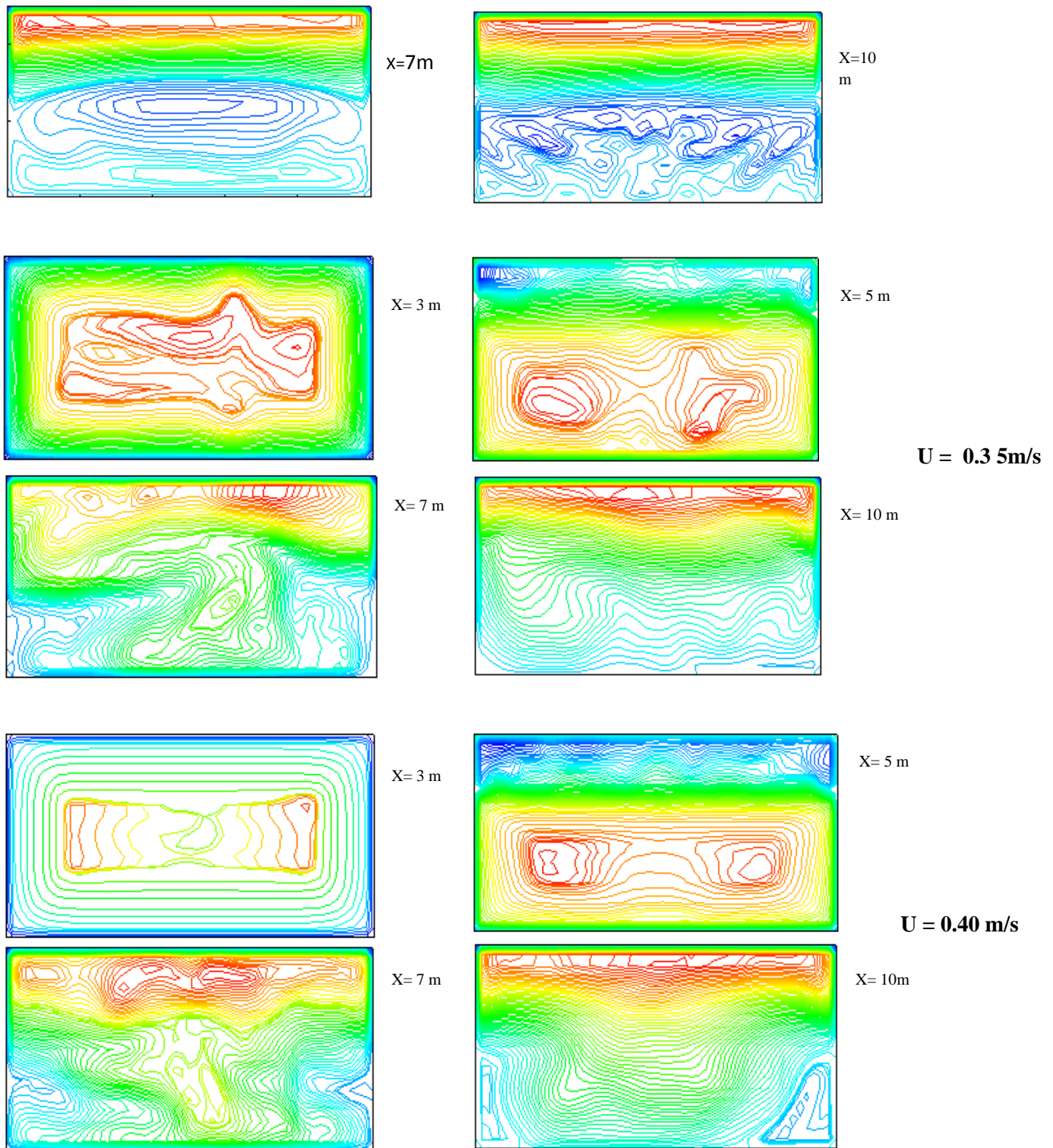


Figure 3 : champ de la composante longitudinale de la vitesse U (cas 2)

2-2- Effet du courant d'air longitudinal sur le comportement du nombre de Richardson :

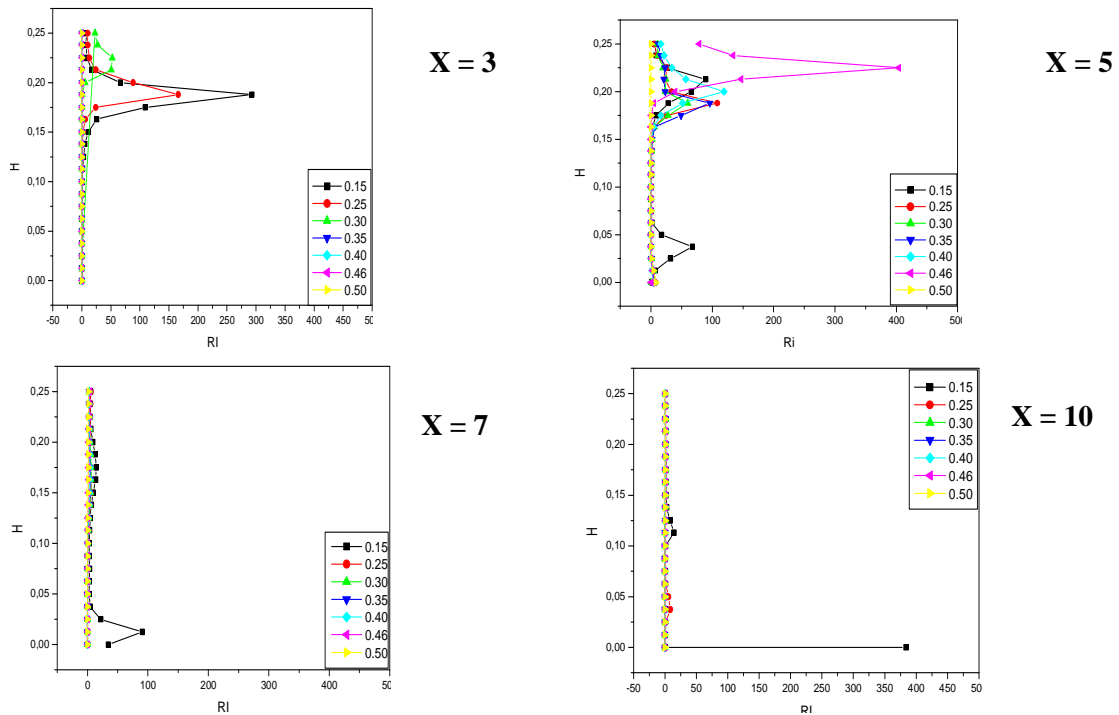


Figure 4 : évolution du nombre de Richardson en fonction de l'hauteur H du tunnel (cas 1).

La figure 4 montre la présence de deux régions. En effet, pour $X = 3$ m, la première correspond à une ligne verticale pour $Ri = 0$, qui représente la disposition à haute valeur de vitesse. Dans l'autre région, la variation du nombre de Ri en fonction de la hauteur H correspond à des faibles valeurs de vitesse. Pour $U = 0.15$ m/s, il augmente jusqu'à la valeur 300 puis on observe un retour dans le sens opposé. Enfin, il augmente de nouveau et reste indépendamment de H . Par contre au centre du tunnel, on observe une perturbation dès la première distance. A la sortie du tunnel, la modification la plus intéressante correspond à la ligne principale pour $Ri = 0$. Cette répartition du nombre de Ri , indique que l'écoulement est encore très influencé par le panache et la stratification n'est pas établie. Cette structure apparaît également contre le plafond en aval de la source : il s'agit sans doute de la couche limite thermique qui se développe après l'impact du panache au niveau du plafond à cause de refroidissement de l'air.

3-Conclusion :

L'apparition des structures cohérentes lors du phénomène de backlayering est analysée pour différents scénarios. Les résultats montrent que lorsque la couche de confinement devient très claire et bien stratifiée celle-ci n'exige pas une quantité d'air frais suffisante apportée et développée dans cette zone. Ce dernier phénomène peut être assimilé à un autre facteur (la pente) qui pourrait nous orienter vers une meilleure stratification et une stabilité au niveau de la couche de fluide. La pente est un paramètre très efficace pour l'apparition de certains critères constituant l'écoulement à l'intérieur du panache à faible taux de ventilation longitudinale.

4-Références :

[1] O.Vauquelin (2005) : Parametrical Study of the back flow occurrence in case of a buoyant release into a rectangular channel, Experimental. Thermal Fluid Science, vol 29, pp725-731.

[2] Fletcher et al (1994): Numerical Simulation of Smoke movement from a pool fire in a ventilated tunnel. Fire Safety Journal, vol 23, pp305-325.