

CHAPITRE 7

EVALUATION DU MODELE SUR LA BASE D'UNE DISTRIBUTION DYNAMIQUE

Les résultats du chapitre précédent ont mis en évidence un effet important de la vitesse d'avancement de la buse sur la répartition. Il semble que cet effet provienne d'une combinaison d'effets aérodynamiques et balistiques sur la distribution des buses. Pour tenir compte de ces effets dans le modèle, il est donc nécessaire d'estimer la distribution de la buse par des mesures réalisées en cours de mouvement. Une telle distribution, qui caractérise la forme du jet lorsque la buse est en mouvement, sera qualifiée de *dynamique*.

Dans un premier temps, la distribution de la buse en conditions dynamiques est estimée à partir de mesures de répartition effectuées par dosage de KCl. Ensuite, le modèle est mis en œuvre numériquement sur la base de la distribution obtenue et ses performances sont évaluées.

7.1 Distribution dynamique

7.1.1 Répartition transversale en fonction de la vitesse

La vitesse affecte la répartition transversale, principalement sous l'effet de phénomènes aérodynamiques. Une série d'essais à vitesse constante sont donc réalisés en vue de préciser l'effet de la vitesse sur la répartition transversale de la buse pour différentes combinaisons de facteurs opératoires.

a) Dispositif expérimental

Le banc d'essai présenté au chapitre 3 est utilisé pour déplacer la buse à vitesse constante au-dessus de la surface de mesure. La méthode gravimétrique

de dosage du KCl recueilli dans des boîtes de Pétri est utilisée pour mesurer le taux d'application transversal. Les boîtes sont disposées à un écartement croissant avec la hauteur de pulvérisation : 55 mm à 300 mm de hauteur, 70 mm à 500 mm de hauteur et 100 mm à 700 mm de hauteur. De même que pour les essais du chapitre 4, un nombre de passages augmentant proportionnellement à la vitesse est réalisé de manière à collecter dans les boîtes un volume de bouillie suffisant pour assurer une bonne précision de la mesure.

b) Résultats

La Figure 7.1. présente la fréquence relative de la répartition transversale de la buse mesurée pour différentes vitesses d'avancement avec un intervalle de classe de 50 mm (la répartition est considérée comme la somme d'unités de volume collectées).

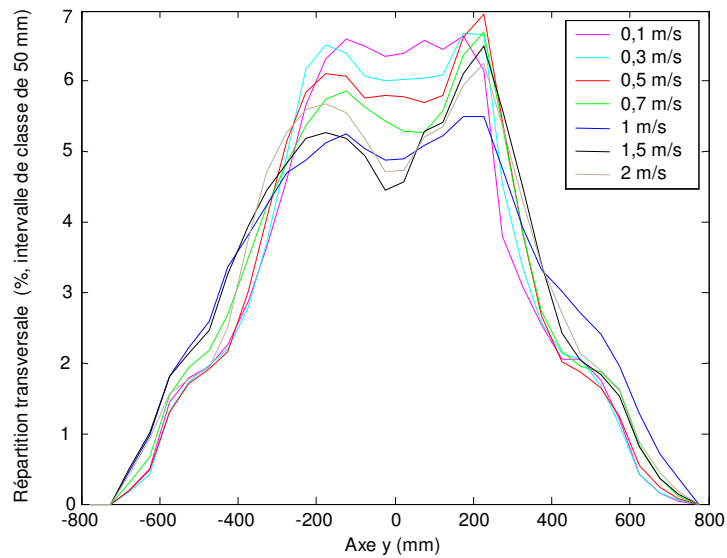


Figure 7.1. : Mesure de la fréquence relative de la répartition transversale de la buse à 50 centimètres de hauteur pour différentes vitesses, intervalle de classe de 50 mm.

Le pourcentage du volume collecté par intervalle de classe de 50 mm de large est calculé par interpolation linéaire entre les différents points de mesure de la répartition. Cette présentation permet de comparer aisément l'évolution de la forme de la répartition transversale de la buse en fonction de la vitesse mais l'interprétation doit être menée avec prudence, en raison de la variabilité de la répartition. L'amplitude de la distribution n'est pas affectée par la vitesse. De manière générale, le centre de la distribution tend à se creuser avec l'augmentation de la vitesse tandis que le volume se reporte sur les parties extrêmes de la distribution. C'est effectivement ce type d'erreur qui a été observé lorsque le modèle est basé sur une distribution statique. Avec les précautions qui s'imposent, il semble également que le phénomène soit non linéaire par rapport à la vitesse. En effet, il apparaît rapidement aux faibles vitesses pour évoluer ensuite plus lentement. La vitesse de 1 m/s semble celle où le jet se disperse le plus latéralement. Aux vitesses supérieures, le creusement de la distribution se marque toujours nettement mais ce volume ne semble pas continuer à se disperser latéralement indéfiniment.

La Figure 7.2. présente la mesure de la fréquence relative de la répartition transversale à 1 m/s pour différentes hauteurs de pulvérisation. C'est naturellement l'effet de la hauteur qui se marque sur la distribution transversale avec un étalement qui croît de moins en moins à mesure que la hauteur augmente.

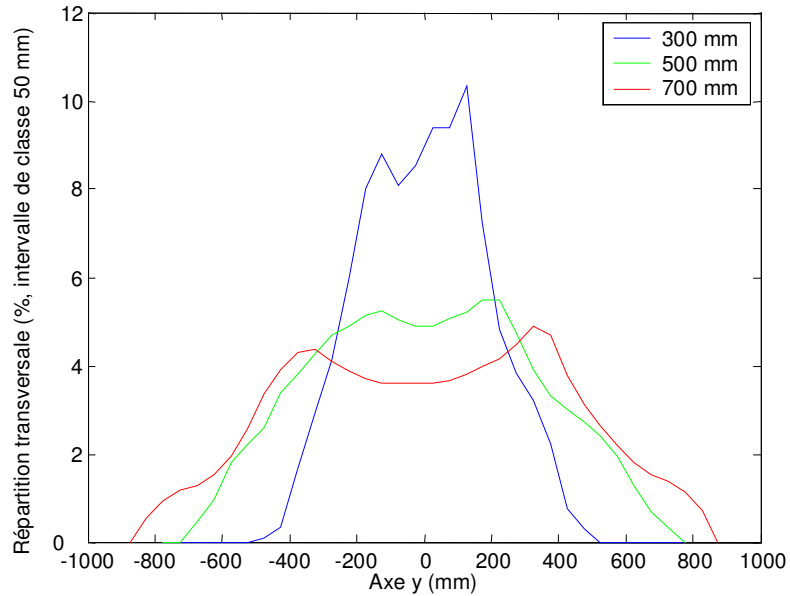


Figure 7.2. : Mesure de la fréquence relative de la répartition transversale de la buse à 1 m/s pour trois hauteurs, intervalle de classe de 50 mm.

7.1.2 Répartition longitudinale impulsionnelle en fonction de la vitesse

L'essai à vitesse variable a montré que la distribution longitudinale de la buse est affectée par les effets balistiques et aérodynamiques de la vitesse d'avancement sur la trajectoire des gouttelettes. Ces effets dépendent notamment des diamètres des gouttelettes, de leurs vitesses initiales, des caractéristiques du flux d'air associé et des interactions entre gouttelettes. Pour estimer ces effets, une nouvelle approche expérimentale a été mise en œuvre. Elle consiste à mesurer une répartition longitudinale impulsionnelle en ne pulvérisant que sur un intervalle de distance de 50 mm le long de la trajectoire de la buse, pour différentes vitesses d'avancement constantes. Cette ouverture de la buse pendant un laps de temps bref peut en effet être considérée comme une impulsion

appliquée au système de pulvérisation. Cet intervalle correspond également à la résolution du modèle.

a) Dispositif expérimental

La mise en œuvre de cet essai nécessite de pulvériser pendant un laps de temps très court qui peut descendre jusqu'à $1/40^{\text{ème}}$ de seconde pour une vitesse de buse de 2 m/s. Le porte-buse PWM offre la possibilité de réaliser une telle performance.

Un capteur de proximité est monté sur le tronçon de rampe mobile. Une cible métallique de 50 mm de long selon l'axe d'avancement est fixée sur le rail de guidage du banc d'essai. L'ouverture de la buse est commandée au moment du passage du capteur au niveau de la cible. Grâce à un circuit électronique dédié, l'ouverture de la buse n'est réalisée que lors d'un passage sur deux, ce qui permet de réaliser de nombreux passages en ne pulvérisant que lorsque la buse passe dans un sens déterminé.

La répartition est mesurée au moyen de boîtes de Pétri par dosage gravimétrique de la bouillie de KCl. Elles sont disposées selon un maillage d'intervalle adapté à la hauteur de pulvérisation. Des maillages carrés de 55 mm et de 70 mm de côté sont utilisés respectivement à une hauteur de 300 et 500 mm et un maillage rectangulaire de 70 mm selon l'axe x et 100 mm selon l'axe y pour 700 mm de hauteur.

b) Résultat

Le pourcentage du volume total collecté par intervalle de classe de 50 mm de côté est calculé par interpolation linéaire entre les différents points de mesure de la répartition. Les Figures 7.3. à 7.7 présentent le résultat des mesures de répartition, en terme de fréquence relative par élément de surface de 2500 mm², pour 500 mm de hauteur et des vitesses respectivement égales à 0,1, 0,5, 1, 1,5 et 2 m/s. La position des boîtes de Pétri est indiquée par des étoiles jaunes cerclées de bleu.

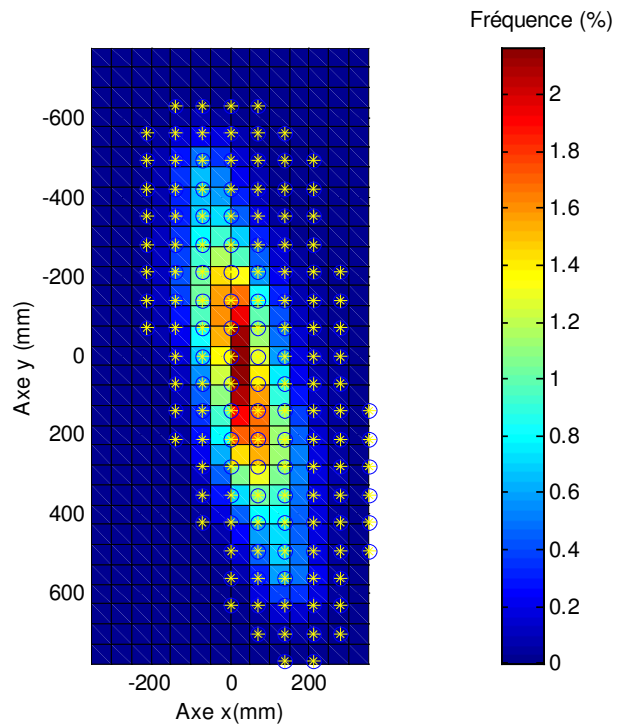


Figure 7.3. : Répartition impulsionnelle de la buse en fréquence relative (%), 0,1 m/s et 50 cm de hauteur, éléments de surface de 2500mm².

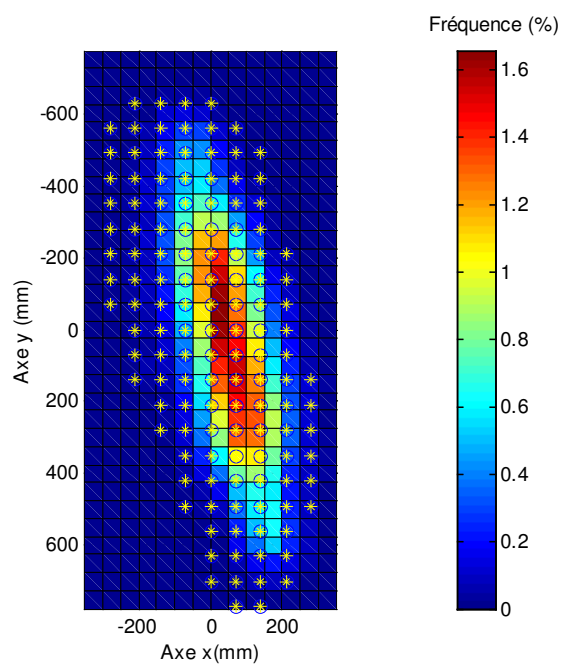


Figure 7.4. : Répartition impulsionnelle de la buse en fréquence relative (%), 0,5 m/s et 50 cm de hauteur, éléments de surface de 2500mm².

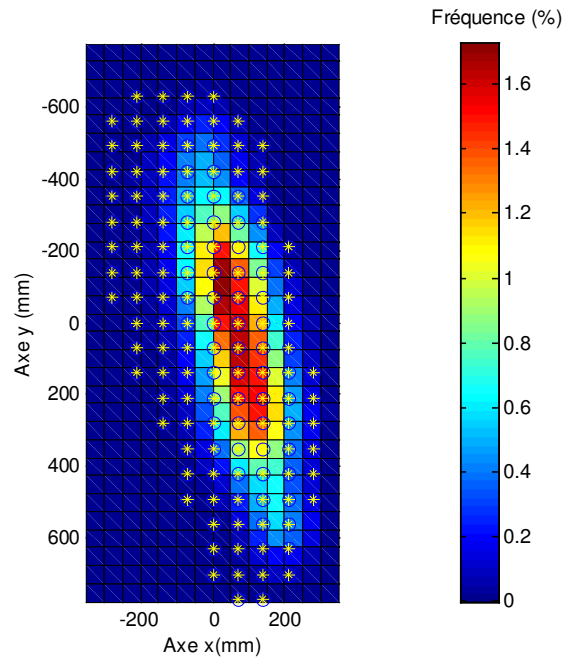


Figure 7.5. : Répartition impulsionnelle de la buse en fréquence relative (%), 1 m/s et 50 cm de hauteur, éléments de surface de 2500mm².

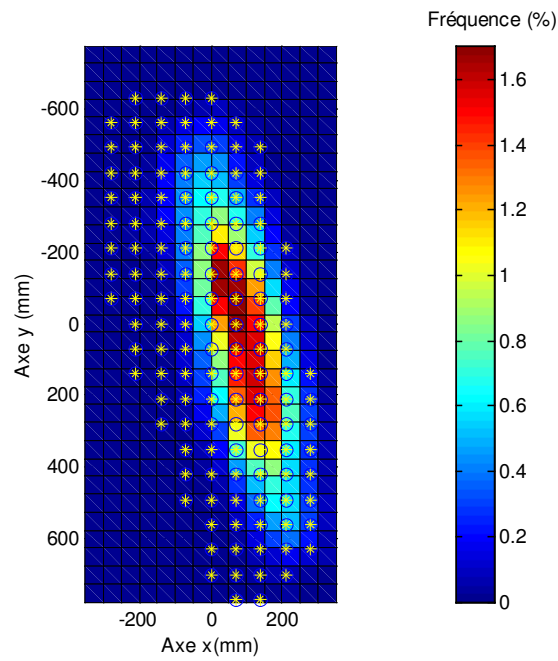


Figure 7.6. : Répartition impulsionnelle de la buse en fréquence relative (%), 1,5 m/s et 50 cm de hauteur, éléments de surface de 2500mm².

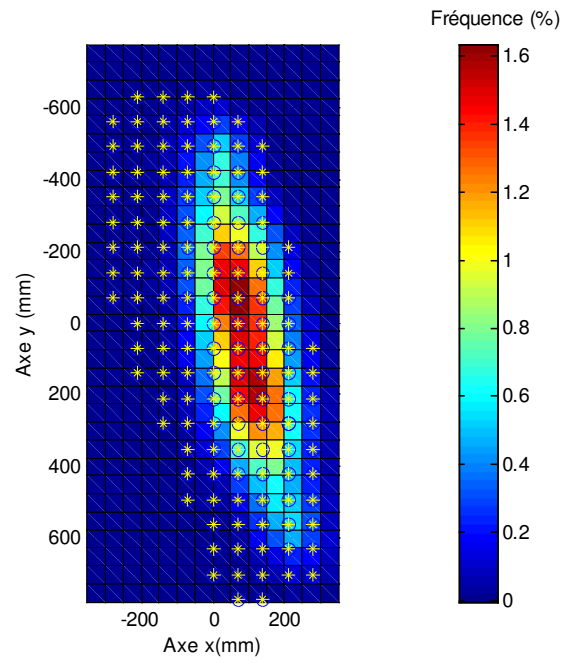


Figure 7.7. : Répartition impulsionnelle de la buse en fréquence relative (%), 2 m/s et 50 cm de hauteur, éléments de surface de 2500mm².

La Figure 7.8. synthétise le résultat des mesures pour les 5 vitesses d'avancement par ordre croissant de gauche à droite. Il apparaît que la répartition se déplace progressivement vers la droite à mesure que la vitesse augmente, c'est-à-dire qu'elle se décale selon le sens d'avancement par rapport à la position de la buse lors de l'impulsion. C'est l'effet balistique moyen attendu. La répartition longitudinale est également plus étalée que dans le cas de la distribution statique. Cela résulte du déplacement de la buse de 50 mm selon cet axe durant l'essai. Comme cette distance correspond à la résolution du modèle, cet artefact n'est théoriquement pas un handicap.

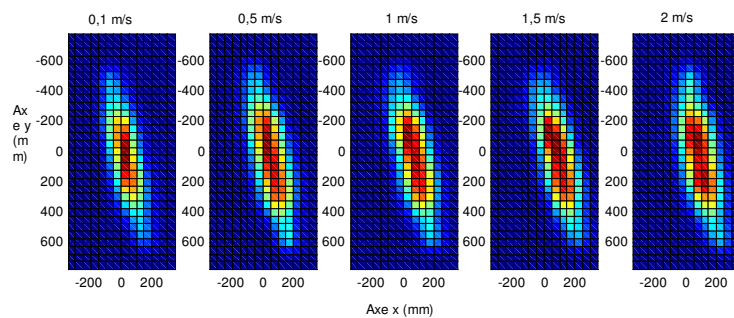


Figure 7.8. : Déplacement de la répartition impulsionnelle pour une vitesse variant de 0,1 à 2 m/s (hauteur 500 mm).

La Figure 7.9. présente la fréquence relative de la répartition longitudinale pour l'ordonnée nulle. Le déplacement de la distribution vers la droite augmente avec la vitesse. La moyenne conditionnelle en $y = 0$ de la distribution selon x permet de chiffrer le déplacement moyen. Il vaut respectivement 6, 26, 44, 68 et 63 mm pour 0,1, 0,5, 1, 1,5 et 2 m/s. La petite diminution par rapport au déplacement observé à 1,5 m/s peut être due à la variabilité ou une modification de la forme de la distribution de la buse pour cette ordonnée.

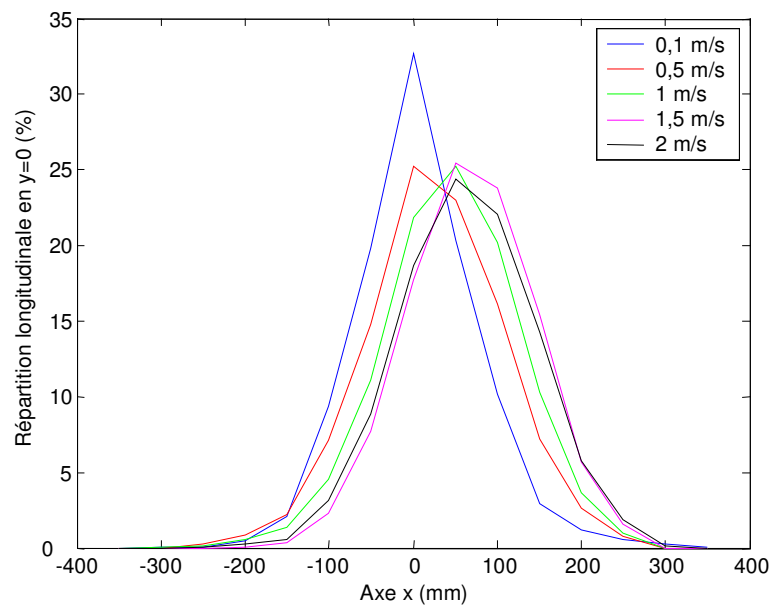


Figure 7.9. : Répartition longitudinale en $y=0$, fréquences relatives (%), 5 vitesses d'avancement, intervalle de classe de 50 mm.

La Figure 7.10. présente la fréquence relative de la répartition longitudinale sur toute la largeur. Le déplacement de la distribution vers la droite augmente avec la vitesse. La moyenne marginale de la distribution permet d'estimer le déplacement moyen de celle-ci selon la direction d'avancement. Il vaut respectivement 10, 27, 45, 67, 69 mm pour 0,1, 0,5, 1, 1,5 et 2 m/s. La dernière valeur semble montrer qu'un maximum est atteint aux environs de 70 mm. Le faible écart entre le déplacement au centre de la distribution avec le déplacement moyen montre que celui-ci est peu influencé par la position sur l'axe y . L'étalement de la distribution n'est que légèrement influencé par la vitesse car l'écart-type selon l'axe x varie seulement entre 89 et 95 mm entre 0,1 et 2 m/s et le coefficient de corrélation passe de 0,52 pour 0,1 m/s à 0,6 pour les vitesses supérieures.

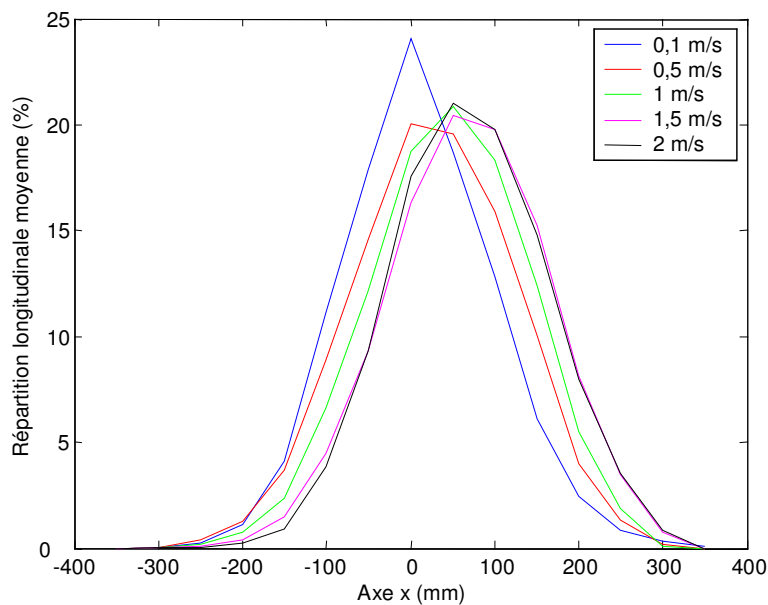


Figure 7.10. : Répartition longitudinale moyenne, fréquences relatives (%), cinq vitesses d'avancement, intervalle de classe de 50 mm

La Figure 7.11. illustre le résultat des mesures à 1 m/s pour 700 mm de hauteur. La répartition est naturellement plus étalée que pour l'essai à 500 mm de hauteur et 1m/s. Elle est en outre plus décentrée vers la droite.

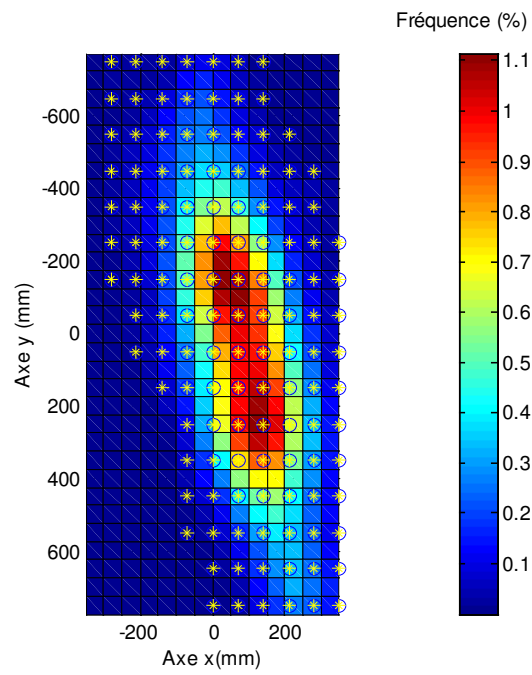


Figure 7.11. : Images de la fréquence relative de la répartition impulsionnelle de la buse pour 1 m/s et 700 mm de hauteur.

La Figure 7.12. illustre le résultat des mesures à 1 m/s pour 300 mm de hauteur. Dans ce cas, la répartition est moins étalée que pour 500 mm et également décalée vers la droite dans une moindre mesure.

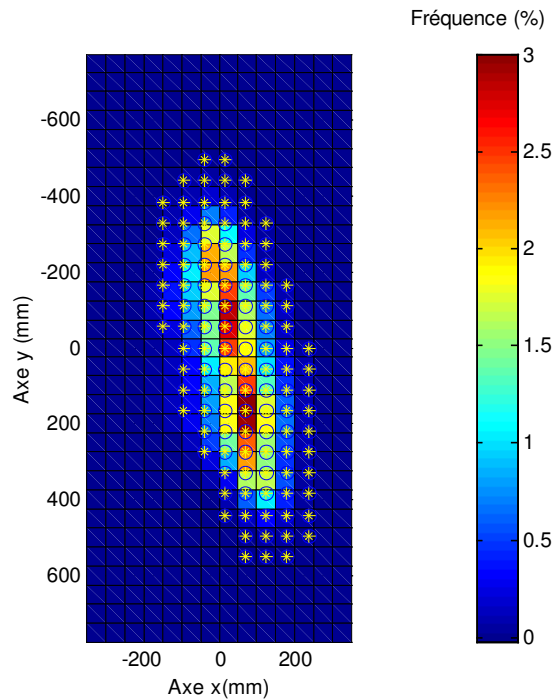


Figure 7.12. : Images de la fréquence relative de la répartition impulsionnelle de la buse pour 1 m/s et 300 mm de hauteur.

La Figure 7.13. présente la fréquence relative de la répartition impulsionnelle longitudinale moyennée sur toute la largeur de la distribution pour trois hauteurs (300, 500 et 700 mm) et 1 m/s de vitesse d'avancement. Le déplacement moyen de la distribution selon la direction d'avancement augmente avec la hauteur. Il vaut respectivement 16, 45 et 63 mm pour 300, 500 et 700 mm de hauteur. L'étalement est naturellement fortement influencé par la hauteur.

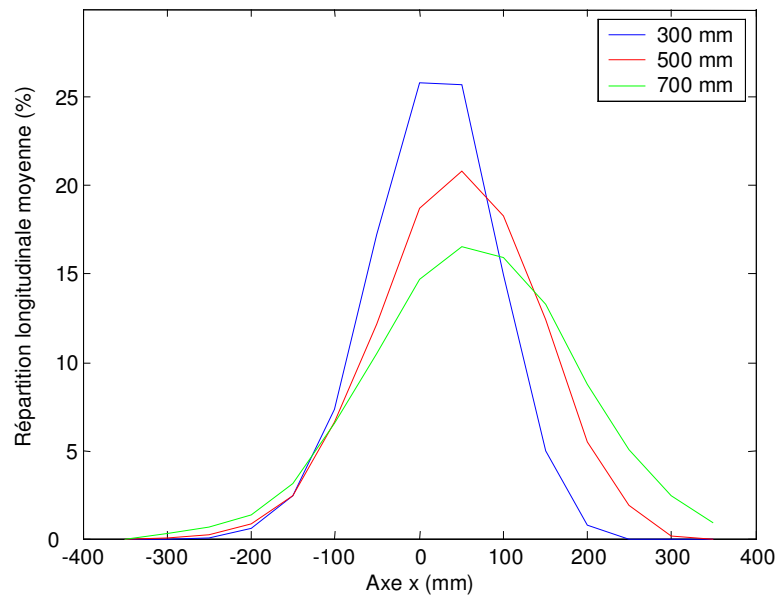


Figure 7.13. : Répartition impulsionnelle longitudinale, fréquence relative, 3 hauteurs, 1 m/s, intervalle de classe de 50 mm.

7.1.3 Calcul de la distribution bidimensionnelle dynamique

Théoriquement, si les effets aérodynamiques étaient identiques en pulvérisation continue et discontinue (il convient de rappeler ici que les travaux menés sur les buses PWM [Gilles et Comino, 1990] ont montré que leur utilisation n'affecte ni la distribution ni la granulométrie du jet), la répartition impulsionnelle mesurée par la méthode du point 7.1.2 permettrait de calculer directement une distribution bidimensionnelle qui tienne compte des effets de la vitesse. En effet, cet essai correspond strictement à un essai impulsionnel qui, pour un système linéaire, fournit directement la fonction de transfert du processus. Cette fonction de transfert qui tient compte de l'effet de la vitesse sur la distribution (elle sera appelée par la suite distribution bidimensionnelle dynamique) est nécessaire pour améliorer les résultats de la modélisation. Malheureusement, il apparaît que les effets aérodynamiques ne se développent

pas pleinement dans le cas d'une pulvérisation discontinue telle que celle générée par la buse PWM. La comparaison des répartitions transversales mesurées aux différentes vitesses pour la buse PWM de la Figure 7.14. avec celles mesurées en pulvérisation continue de la Figure 7.1. montre directement que l'effet de la vitesse y est beaucoup moins marqué.

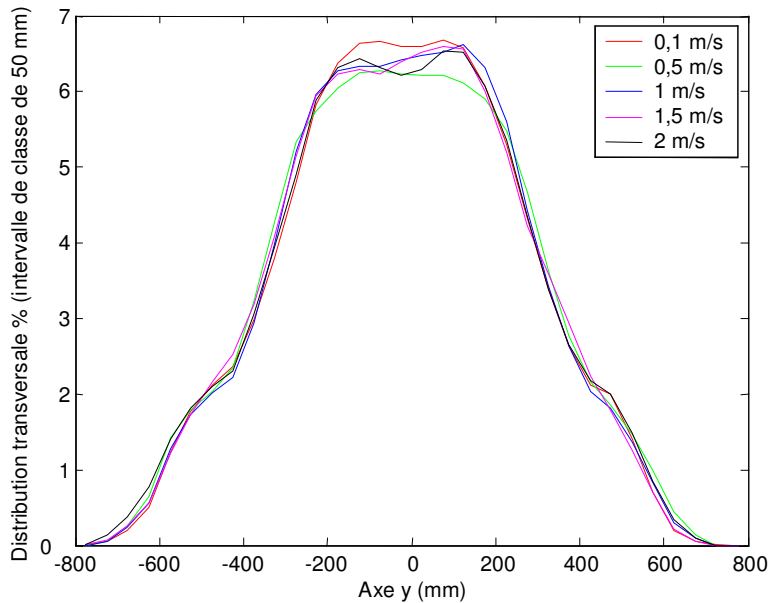


Figure 7.14. : Répartition impulsionnelle transversale, fréquence relative %, 5 vitesses, 500 mm de hauteur, intervalle de classe de 50 mm.

Pour calculer une distribution dynamique qui tienne compte à la fois des effets aérodynamiques et balistiques à une hauteur et une vitesse déterminée $D_{vz}(x,y)$, il est possible de combiner le résultat de mesures de répartition longitudinale et impulsionnelle réalisées aux paragraphes précédents. En effet, les effets aérodynamiques se marquent principalement sur les essais de répartition transversale tandis que les effets balistiques se marquent principalement sur les essais impulsionnels.

Pour combiner les résultats de ces deux types d'essais en vue d'obtenir une distribution bidimensionnelle à une vitesse déterminée, trois étapes sont nécessaires:

- Dans un premier temps le débit de la buse est multiplié par la fréquence relative de la répartition transversale mesurée lors d'un essai à vitesse constante, ce qui permet d'obtenir une distribution transversale dynamique. Soit la fréquence relative $Dt_{vz}(y)$ de la distribution transversale obtenue à partir d'une mesure de la répartition transversale à vitesse et hauteur constantes $Rt_{vz}(y)$,

$$Dt_{vz}(y) = \frac{Rt_{vz}(y)}{\sum Rt_{vz}(y)} \quad (7.1)$$

Avec $Rt_{vz}(y)$: répartition transversale mesurée (ml/m²)

Le débit de la buse multiplié par la fréquence relative permet de calculer une distribution dynamique transversale $dt_{vz}(y)$.

$$dt_{vz}(y) = q * d_{vz}(y) \quad (7.2)$$

avec q : débit de la buse (ml/s).

- Dans un deuxième temps, la mesure correspondant à la même vitesse de la répartition longitudinale de la buse $Rl_{vz}(x,y)$ mesurée au point 7.1.2 au moyen de la buse PWM permet de calculer la fréquence relative longitudinale $dl_{vz}(x,y)$ pour chaque valeur de y .

$$dl_{vz}(x, y) = \frac{Rl_{vz}(x, y)}{\int_{-\infty}^{+\infty} Rl_{vz}(x, y) dx} \quad (7.3)$$

avec $Rl_{vz}(x,y)$: distribution longitudinale de la buse (ml/m²).

- Pour terminer, chacun des points de la distribution transversale est multiplié par la fréquence relative longitudinale à l'ordonnée correspondante pour obtenir la distribution dynamique

bidimensionnelle à une hauteur et une vitesse déterminée $D_{vz}(x,y)$, ce qui s'exprime par la convolution suivante:

$$D_{vz}(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} dt_{vz}(y) \cdot dl_{vz}(x - \xi, y) d\xi \quad (7.4)$$

avec ξ , une variable de balayage spatial selon l'axe x

Cette méthode hybride implique que l'on néglige certains effets aérodynamiques sur la distribution longitudinale. Des essais du type fonction de réponse en fréquence auraient pu éviter de recourir à cette simplification mais leur mise en œuvre est très lourde en l'absence de méthode rapide de mesure de la répartition.

Si en pratique la vitesse varie de manière continue, les impératifs du calcul numérique nécessitent de discrétiser la vitesse en classes pour lesquelles la distribution est considérée constante. La variabilité de la répartition observée lors des différents essais implique que le nombre de classes peut être limité. Sur base des mesures de répartition, les classes de vitesse suivantes sont retenues (m/s) : [0-0,2[, [0,2-0,4[, [0,4-0,6[, [0,6-0,75[, [0,75-1,25[, [1,25-1,75[, [1,75-2,25[. Les répartitions transversales mesurées aux vitesses centrales de classe sont combinées aux distributions longitudinales correspondantes qui sont soit mesurées pour 0,1, 0,5, 1, 1,5 et 2 m/s, soit interpolées pour 0,3 et 0,7 m/s.

L'équation 6.14 est utilisée pour l'interpolation entre les différentes hauteurs avec une résolution de 50 mm.

7.2 Evaluation du modèle

De même manière qu'au chapitre précédent, les différentes mesures de la répartition sont comparées aux résultats de la modélisation, cette fois sur la base de distributions dynamiques.

7.2.1 Vitesse constante

La Figure 7.15. présente le résultat de la simulation d'un mouvement rectiligne à vitesse constante de 1 m/s. La couleur de chaque carré de 2500 mm² de côté représente le taux d'application simulé. La position des échantillons lors de la mesure de répartition de l'essai correspondant est indiquée par une croix jaune entourée d'un cercle bleu. Le taux d'application est uniforme selon l'axe x en raison de la vitesse d'avancement constante. La répartition transversale est liée à la distribution transversale de la buse.

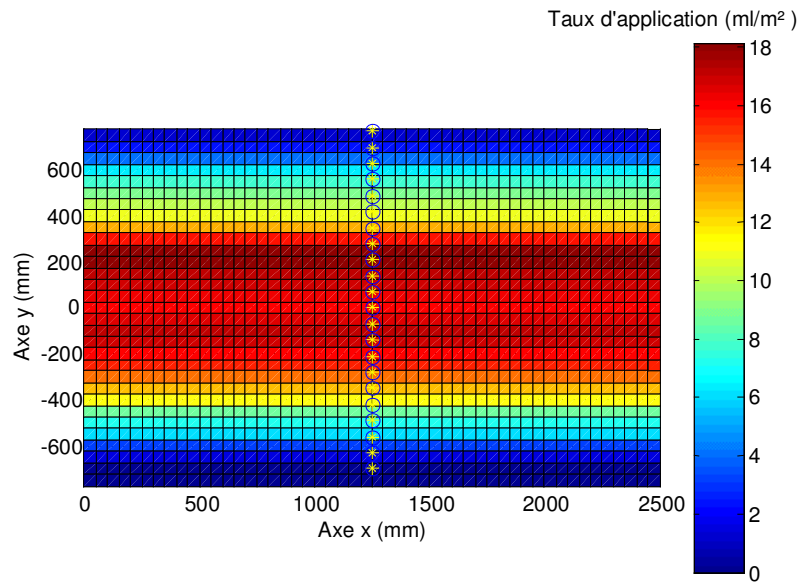


Figure 7.15. : Répartition calculée par le modèle de répartition pour $v=1\text{m/s}$ et $h=50\text{cm}$.

La Figure 7.16. présente les taux d'application modélisé et le taux d'application moyen mesuré pour les trois répétitions. De faibles différences apparaissent au niveau de la forme de la répartition mais elle sont peu importantes en regard de celles qui existent entre répétitions de différentes mesures de répartition. Ceci a été confirmé par une analyse de la variance à deux dimensions qui montre que les différences entre les mesures ne sont significatives qu'en fonction de la position selon l'axe y.

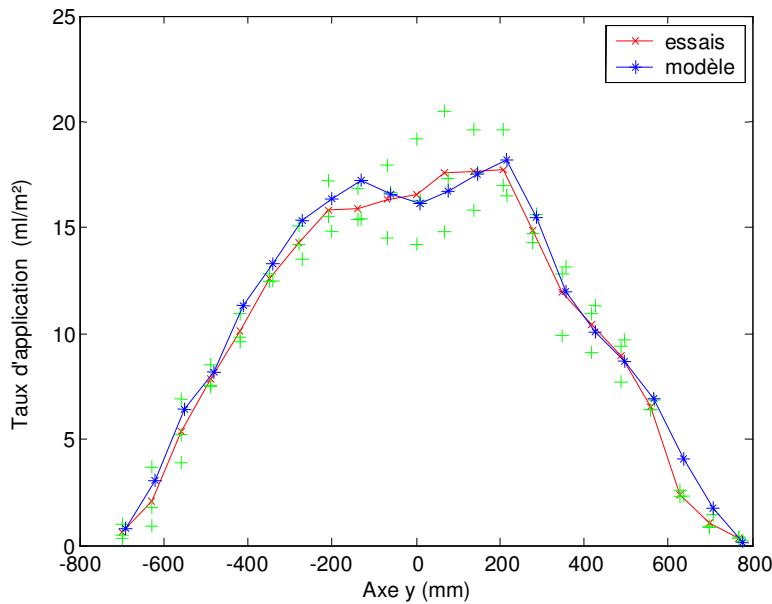


Figure 7.16. : Comparaison de la répartition transversale calculée par le modèle avec la répartition transversale moyenne mesurée pour $v=1\text{m/s}$ et $h=50\text{cm}$.

Il est logique que l'écart soit faible, dans la mesure où la distribution dynamique est calculée à partir d'une mesure de répartition à vitesse constante mesurée de la même manière que les essais de validation. La principale source de variation provient donc de la variabilité de la distribution. Les différents traitements mathématiques appliqués lors du calcul de la distribution dynamique ne semblent pas affecter la qualité du résultat de la modélisation. En effet, la

Figure 7.17. montre clairement que la répartition modélisée est très proche de la répartition utilisée lors du calcul de la distribution.

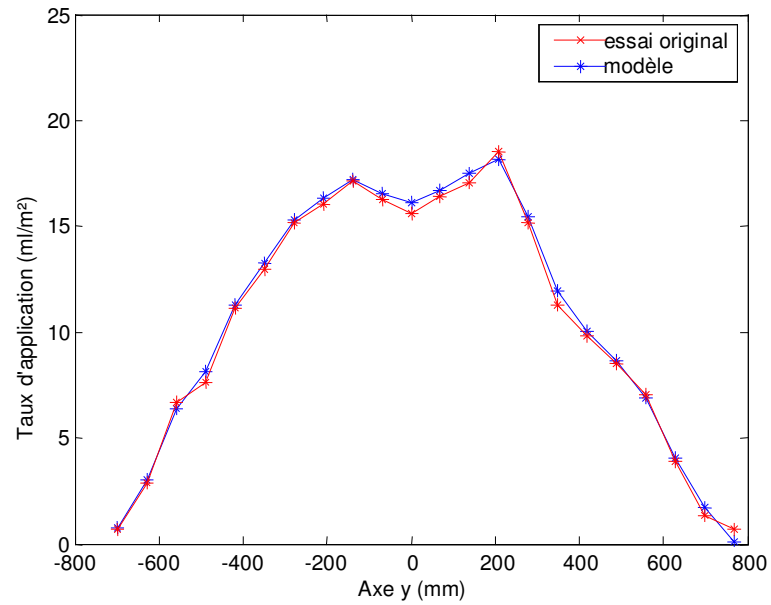


Figure 7.17. : Comparaison de la répartition transversale calculé par le modèle avec la répartition transversale de l'essai original pour $v=1m/s$ et $h=50cm$

L'écart E prend pour l'essai présent la valeur de $0,61 ml/m^2$. V est égal à $5,9\%$, ce qui indique que l'erreur a été réduite de manière drastique du point de vue de la prévision de la forme de la répartition. En effet, ceci correspond à une diminution de l'erreur de plus de 80% par rapport au modèle basé sur la distribution statique. B vaut $1,04$, ce qui montre un léger biais dans le modèle qui correspond à une sous-estimation du débit de la buse. Ceci explique une partie des erreurs observées.

7.2.2 Vitesse variable

La Figure 7.18. présente la position des 140 points d'échantillonnage de l'essai à vitesse variable illustrée par des étoiles jaunes entourées d'un cercle bleu sur fond d'une image des valeurs simulées du taux d'application.

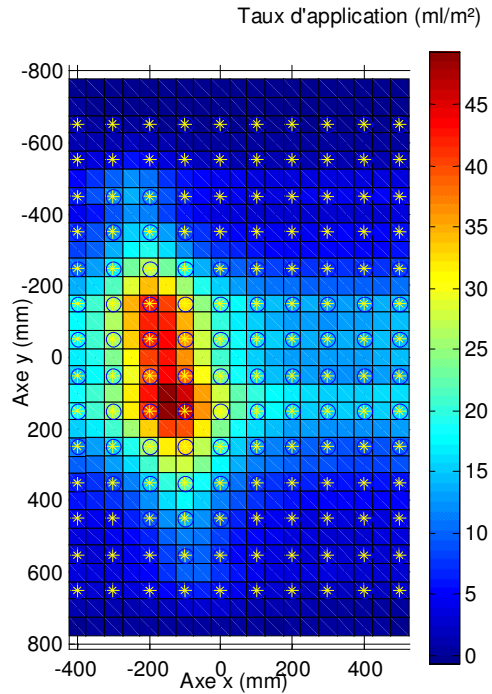


Figure 7.18. : Répartition calculée par le modèle pour $v=1+0,2 \pi \sin(2 \pi t)$ m/s et $h=50cm$.

La Figure 7.19. présente une comparaison visuelle de la répartition mesurée et modélisée. Elles présentent une allure fort similaire. L'ordre de grandeur des taux d'application est mieux respecté que par l'utilisation d'une distribution statique comme en témoigne l'échelle des deux images.

Il apparaît à la Figure 7.20. que la répartition modélisée présente un étalement similaire à celui mesuré, ce qui montre que la prise en compte de

l'effet de la vitesse dans le calcul de la répartition résout en grande partie le problème rencontré lors de l'utilisation de la distribution statique.

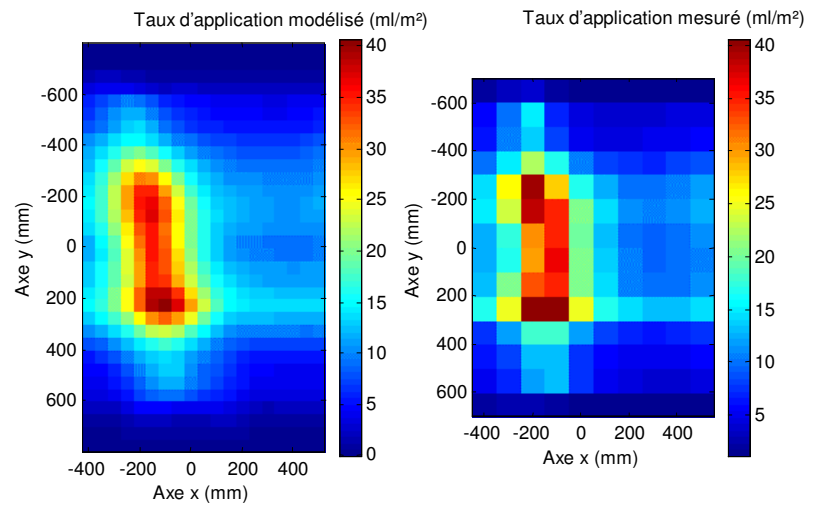


Figure 7.19. : Comparaison de la répartition calculée par le modèle avec la répartition mesurée pour $v=1+0,2 \pi \sin(2 \pi t)$ m/s et $h=50$ cm.

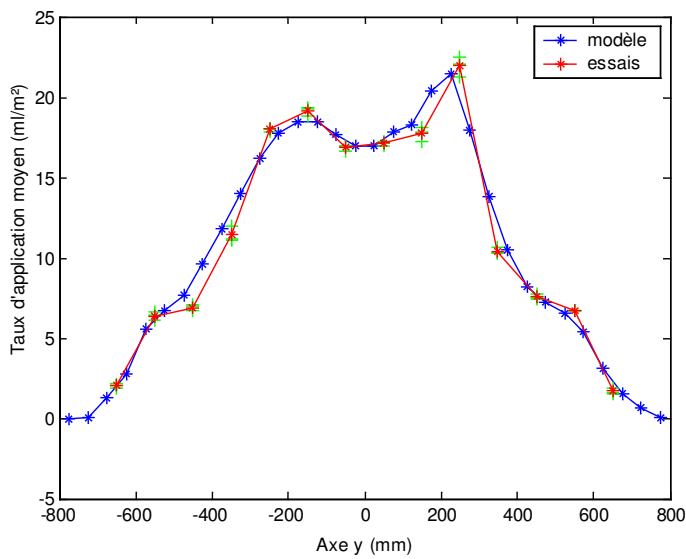


Figure 7.20. : Comparaison de la répartition transversale moyenne calculée par le modèle de répartition avec la répartition mesurée pour $v=1+0,2 \pi \sin(2 \pi t)$ m/s et $h=50\text{cm}$.

L'effet de la variation de vitesse se marque bien sur la modélisation de la répartition longitudinale de la même manière que ce qui est observé pour les mesures. La Figure 7.21. présente la répartition longitudinale modélisée et mesurée (la quantité de bouillie par mètre d'avancement). Le problème de retard de phase observé lors de l'utilisation d'une distribution statique est résolu, voir même légèrement surcompensé. De plus, il apparaît que la répartition modélisée présente une amplitude légèrement moindre que celle mesurée. Cela s'explique par l'étalement des distributions dynamiques qui est supérieur à celui de la distribution statique. Il est possible qu'une partie de l'étalement observé en pulvérisation discontinue n'apparaisse pas en pulvérisation continue par la différence des effets aérodynamiques.

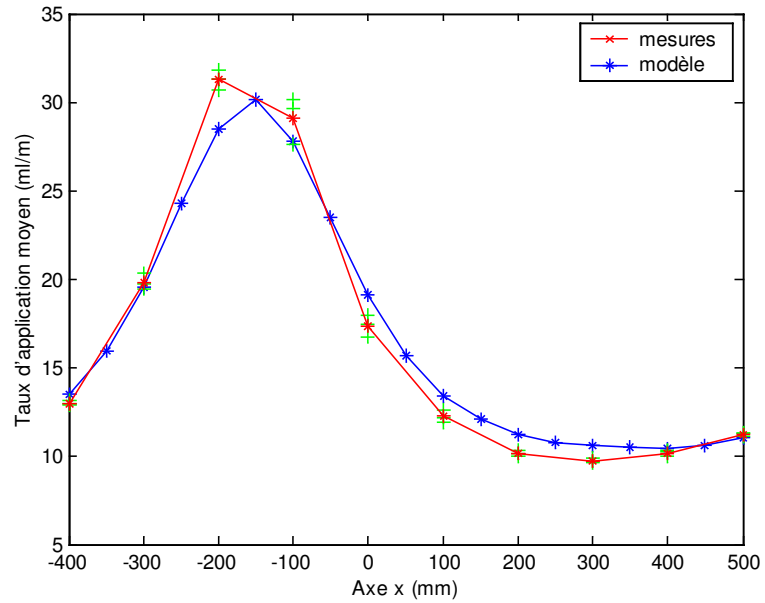


Figure 7.21. : Comparaison de la répartition longitudinale moyenne calculée par le modèle de répartition avec la répartition longitudinale moyenne mesurée pour $v=1+0,2 \pi \sin(2 \pi t)$ m/s et $h=50$ cm.

L'écart E entre modèle et mesures prend ici la valeur de $1,31$ ml/m², ce qui est supérieur à l'écart observé à vitesse constante mais bien inférieur à ce qui est observé sur base d'une distribution statique. La valeur de V atteint $11,1$ %. Le paramètre B prend quant à lui la valeur de $1,00$ qui montre une absence de biais du modèle.

Lorsqu'on observe la répartition spatiale des erreurs du modèle, il apparaît clairement que les plus fortes erreurs sont concentrées au niveau des plus hauts taux d'applications.

7.2.3 Hauteur variable

La Figure 7.22. présente la position des 138 points d'échantillonnage de l'essai à hauteur variable illustrée par des étoiles jaunes entourées d'un cercle bleu sur fond d'une image des valeurs simulées du taux d'application. La première colonne de mesures située à gauche, correspond à une hauteur de 700 mm. Les colonnes suivantes correspondent à des hauteurs dégressives par pas de 50 mm jusqu'à 300 mm en $x = 2400$ mm. L'intervalle d'échantillonnage est progressivement réduit pour suivre le rétrécissement de la répartition transversale avec la hauteur.

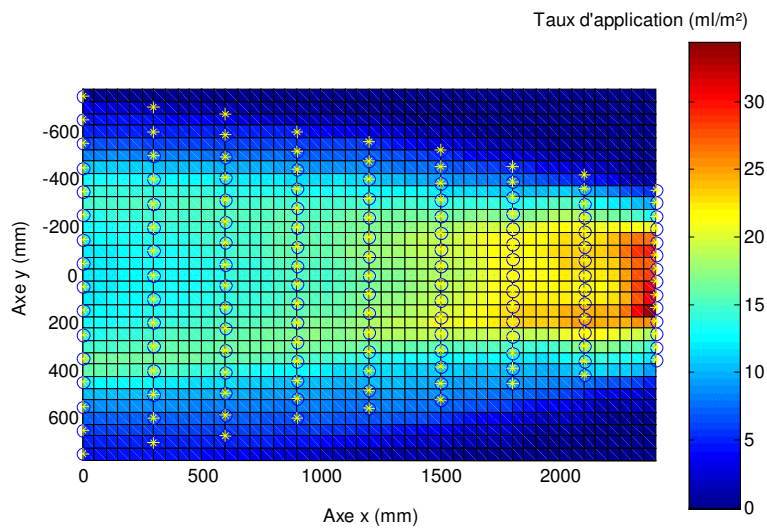


Figure 7.22. : Répartition calculée par le modèle pour $v=1\text{m/s}$ et h variant linéairement de 700 à 300 mm.

La Figure 7.23. présente une comparaison visuelle des répartitions mesurées et modélisées. Le taux d'application modélisé est en moyenne légèrement supérieur au taux d'application mesuré. Les répartitions mesurées et modélisées présentent pour le reste une allure similaire.

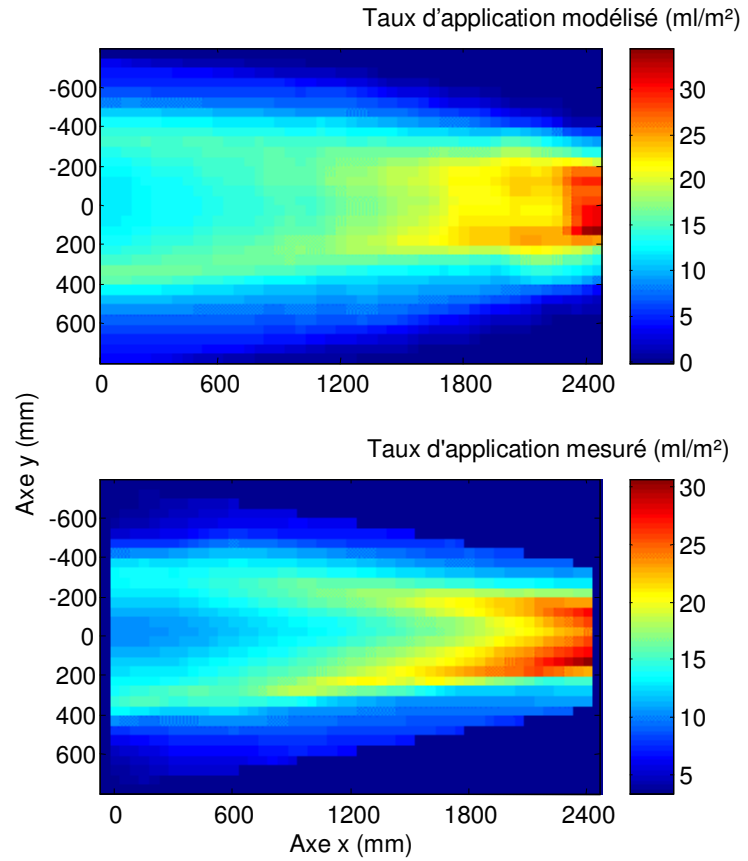


Figure 7.23. : Comparaison de la répartition calculée par le modèle avec la répartition mesurée pour $v=1\text{m/s}$ et h variant linéairement de 700 à 300 mm.

La Figure 7.24. présente une image des différences dans le plan entre les taux d'application modélisés et les taux d'application mesurés. La zone de couleur bleu foncé uniforme est en-dehors de la zone de mesure. Les écarts sont principalement positifs, ce qui confirme une légère surestimation du taux d'application par le modèle. Les zones de sous-estimation sont concentrées, ce qui peut s'expliquer par de légères différences entre la distribution de la buse utilisée pour la modélisation et la distribution effective de la buse lors des essais. L'intervalle de 50 mm choisi pour discrétiser le modèle ne semble pas affecter de manière importante la qualité du résultat de la simulation.

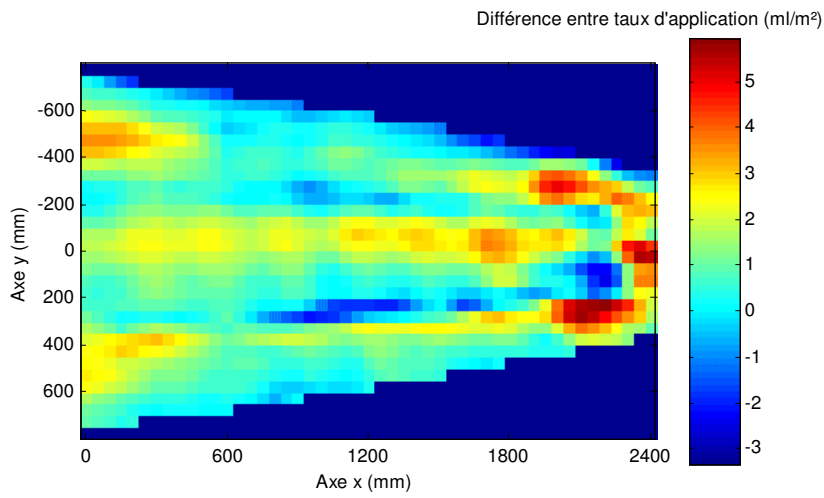


Figure 7.24. : Différence entre la répartition calculée par le modèle et la répartition mesurée pour $v=1\text{m/s}$ et h variant linéairement de 700 à 300 mm.

Du point de vue quantitatif, l'écart E entre modèle et mesures prend ici la valeur de $1,51\text{ ml/m}^2$, ce qui correspond à une diminution de plus de 55 % par rapport à la modélisation sur base de la distribution statique. De même, le critère V descend à 11,5 %. Ce résultat est proche de celui obtenu pour l'essai à vitesse variable. Le paramètre B prend quant à lui la valeur de 1,086. Ceci indique une surestimation moyenne de l'ordre de 8 % du taux d'application par le modèle. C'est cette surestimation qui explique en grande partie les écarts observés.

7.3 Interprétation et conclusion

La distribution dynamique, qui est mesurée au cours du mouvement de la buse, se différencie de la distribution statique mesurée au banc de répartition en raison d'effets balistiques et aérodynamiques. Elle est calculée à partir de mesures de répartition transversale et longitudinale. La répartition transversale est mesurée pour des vitesses constantes comprises entre 0,1 et 2 m/s. Elle est affectée par la vitesse qui induit une modification progressive de forme. Elle présente une répartition bimodale proche de la répartition transversale statique pour les plus basses vitesses et tend vers une répartition bimodale de plus en plus marquée par une déplétion progressive dans la zone centrale à mesure que la vitesse augmente. La répartition longitudinale, mesurée à partir d'essais impulsionsnels pour des vitesses constantes comprises entre 0,1 et 2 m/s, montre un décalage progressif selon le sens d'avancement avec l'augmentation de la vitesse.

L'utilisation d'une distribution dynamique en lieu et place d'une distribution statique pour modéliser le processus de répartition permet d'améliorer de manière importante la qualité de la prédiction pour les trois essais.

Pour l'essai à vitesse et hauteur constantes, la réduction de l'erreur atteint 80% tandis que pour l'essai à vitesse variable et hauteur constante ainsi que l'essai à vitesse constante et hauteur variable, elle dépasse 55%. Les écarts résiduels ont notamment pour origines les interpolations réalisées, la résolution du modèle et la variabilité de la distribution. Cette dernière est la cause principale de l'erreur résiduelle, ce qui laisse peu de marge pour améliorer davantage la précision du modèle. Ceci n'est par ailleurs pas pertinent en regard de la variabilité importante observée lors des trois répétitions de chaque essai. En effet la variabilité de la distribution de la buse observée au chapitre 3 est du même ordre de grandeur. Il apparaît que la méthode proposée permet d'estimer la répartition d'une buse en conditions dynamiques à une dizaine de pourcents près.