

## CHAPITRE 8

### EVALUATION DE LA REPARTITION EN CONDITIONS REELLES

Le chapitre précédent propose un modèle permettant de prédire la répartition dynamique sous une buse, compte tenu des mouvements de cette dernière. L'objectif de ce chapitre est de mettre ce modèle en œuvre, de manière à estimer la répartition du taux d'application au cours de traitements réalisés par un pulvérisateur à vitesse constante.

Pour obtenir une certaine diversité des sollicitations appliquées au pulvérisateur, trois conditions de terrain différentes sont testées : champ de froment (stade maturation), prairie permanente courte (10 cm) et champ de chicorée (stade 6 à 9 feuilles). Les essais ont été réalisés au début du mois de juillet sur des terrains présentant de faibles pentes. Pour les deux premiers le sol était sec et dur et pour le dernier il était légèrement meuble. Pour les deux essais sur champ, la trajectoire suivie était celle du semoir et des précédents traitements phytosanitaires. Les mouvements des buses sont estimés à partir de mesures des mouvements de rampe, réalisées à l'aide d'un ensemble de capteurs. Une estimation de la répartition est calculée en sommant la contribution de 36 buses à fente XR11003VK Teejet à deux bars.

#### **8.1 Estimation de la trajectoire des buses**

##### **8.1.1 Introduction**

La mesure des mouvements de rampes de pulvérisation est un domaine qui reste sujet à controverses après des années de recherches. Malgré une demande très forte pour une standardisation, chaque laboratoire actif dans le domaine de la pulvérisation dispose actuellement d'une méthode qui lui est

propre. Les méthodes peuvent être scindées en mesures de mouvements relatifs et en mesures de mouvements absolus.

Les méthodes relatives mesurent les mouvements de la rampe par rapport à un référentiel qui peut être soit lié à la terre, soit au véhicule. Un exemple de méthode à référentiel terrestre est décrit par Vanucci *et al.* [1992] qui proposent une méthode utilisant un distance-mètre laser posé au sol, dont le faisceau tournant permet de mesurer à une fréquence de 20 Hz et sur une distance de 5 mètres la position d'une cible rétro-réfléchissante fixée sur la rampe de pulvérisation. Une méthode similaire est utilisée par de Jong *et al.* [2000]. Citons encore une méthode développée par le CEMAGREF qui utilise l'enregistrement de la trajectoire de l'extrémité de la rampe par une caméra à poste fixe pour mesurer les mouvements par analyse d'images [Lardoux *et al.*, 1998]. Ces méthodes ont l'avantage d'être précises mais la longueur d'essai est limitée. Les méthodes où le référentiel est lié au véhicule permettent de dépasser cette limitation. Il s'agit de mesurer la trajectoire du véhicule tout en mesurant les mouvements de la rampe par rapport au véhicule. Pochi [2002] propose une méthode basée sur ce principe faisant appel à des potentiomètres à filin. Une méthode de mesure des mouvements horizontaux de rampe par télémétrie laser a été développée au laboratoire de Mécanique agricole de la FUSAGx [Lebeau & Destain, 1998]. Des distance-mètres, tant laser qu'à infrarouges ou ultrasons, sont également couramment utilisés pour mesurer la hauteur de la rampe par rapport au terrain.

La méthode mesurant le mouvement des rampes de manière absolue se base sur l'intégration de signaux accélérométriques. Utilisée très tôt [Ganzelmeier & Moser 1977; Nation, 1978], cette méthode présente l'avantage de permettre des mesures en continu sur de longues distances. Elle s'avère toutefois délicate à mettre en œuvre pour la mesure des déplacements verticaux qui nécessitent une double intégration des signaux. En effet, les phénomènes de dérive à basse fréquence inhérents aux capteurs accélérométriques sont amplifiés de manière importante par la double intégration. Dans le plan horizontal, par

contre, leur utilisation s'avère plus intéressante dans la mesure où les mouvements de rampe sont de plus hautes fréquences que dans le plan vertical et la variable à mesurer est la vitesse de rampe plutôt que son déplacement. La sensibilité des capteurs aux modifications de pente longitudinale est un autre problème qui peut être minimisé en fusionnant le signal de plusieurs capteurs [Lebeau & Destain, 2000].

### 8.1.2 Chaîne de mesure

Sur base des différentes techniques, une chaîne de mesure des mouvements de rampe a été développée au sein du laboratoire. Son objectif est de permettre des mesures en continu des mouvements de la rampe sur le terrain. A cette fin, les signaux de plusieurs capteurs ont été fusionnés dans l'objectif de reconstituer le mouvement absolu de la rampe par rapport au terrain.

La chaîne de mesure montée sur un pulvérisateur porté est schématisée à la Figure 8.1. Un tachymètre radar (RGSS-201, Philips Automotive Electronics Co.) est fixé au tracteur pour mesurer sa vitesse d'avancement. Il génère une impulsion par 7,8125 mm parcouru. Un capteur (DMU-VG, Crossbow Technology) monté sur le châssis du pulvérisateur mesure les vitesses de rotation absolues de  $-100$  à  $+100$  °/s autour de trois axes orthonormés (x,y,z) ainsi que les accélérations linéaires selon ces trois axes (de  $-20$  à  $+20$  m/s<sup>2</sup>). Deux capteurs ultrasons sont montés sur la rampe (US) horizontalement pour mesurer le mouvement de la rampe par rapport au châssis du pulvérisateur. La gamme de mesure des capteurs ultrasons (Turck Banner T30UUPAQ) est comprise entre 150 et 1000 mm. Des cibles adaptées sont attachées au châssis du pulvérisateur. Cinq accéléromètres triaxiaux (AC) sont montés sur la rampe pour mesurer ses mouvements en différents points. Un premier, dont la sensibilité est de 500 mV/(10m/s<sup>2</sup>) et dont la gamme va de  $-40$  à  $+40$  m/s<sup>2</sup> (CXL04M3, Crossbow Technology), est monté au centre du tronçon central, deux autres du même type sont fixés à l'extrémité des premiers tronçons. A l'extrémité des seconds tronçons, avant le dispositif d'évitement, deux accéléromètres de

1000 mV/(10m/s<sup>2</sup>) de sensibilité et de -20 à + 20 m/s<sup>2</sup> de gamme (CXL02M3, Crossbow Technology) sont installés. Deux distance-mètre infrarouges (IR) sont disposés à l'extrémité des seconds tronçons pour mesurer la hauteur de rampe par rapport au terrain. Ces capteurs (Wenglor HT77MVG80) qui ont une gamme de mesure allant jusqu'à 1300 mm sont peu sensibles à l'état de surface de la cible.

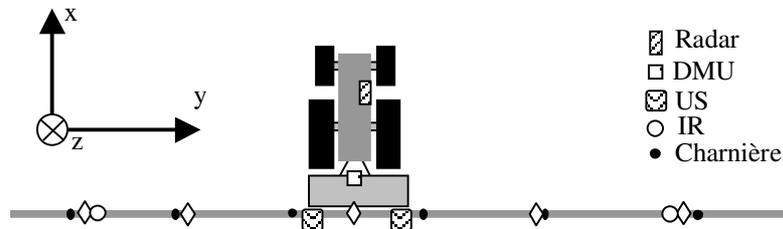


Figure 8.1. : Disposition des capteurs pour la mesure des mouvements de rampe.

Les capteurs ont été calibrés pour valider les relations entre le signal délivré et la grandeur physique mesurée. De plus, les performances dynamiques des capteurs ont été validées dans leur gamme utile.

Le dispositif d'acquisition du signal est schématisé à la figure 8.2.

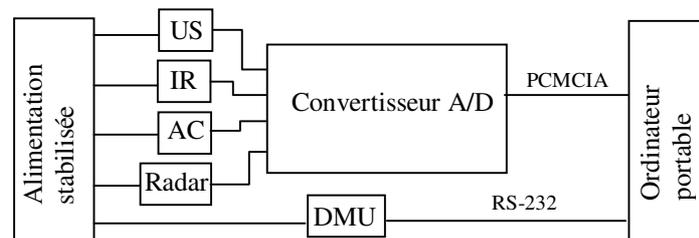


Figure 8.2. : Dispositif d'acquisition du signal.

Les différents capteurs sont alimentés en tension stabilisée à partir d'une batterie. Les signaux fournis par les capteurs analogiques sont dirigés vers un convertisseur analogique / digital (DAQCard-AI-16E-4, National Instruments). La carte PCMCIA est logée dans un ordinateur portable (Toughbook CF-71, Panasonic). Les données transmises par le DMU sont acquises via le port série

du même ordinateur. L'acquisition des signaux est gérée au moyen d'une application développée sous Labview (National Instruments). Les signaux analogiques sont acquis à une fréquence de 1000 Hz.

### 8.1.3 Traitement du signal

Le traitement du signal a pour objet de générer les entrées du modèle à partir des mesures de terrain. Le traitement du signal est réalisé en plusieurs étapes. Il peut être scindé en mouvements horizontaux et mouvements verticaux.

#### a) *Mouvements horizontaux*

La mesure des mouvements horizontaux recourt à une technique de fusion de capteurs. En effet, si en théorie la double intégration du signal accélérométrique fournit le déplacement absolu de la rampe, en pratique le signal est bruité dans les basses fréquences. La méthode proposée décompose le mouvement horizontal en trois composantes qui sont mesurées individuellement puis fusionnées par simple addition pour obtenir le mouvement absolu de la rampe. La procédure complète est détaillée et validée par Ooms *et al.* [2002]

- Mouvements de rampe de fréquences supérieures à 0,2 Hz

Dans un premier temps, la composante linéaire est soustraite du signal accélérométrique. La mesure est ensuite filtrée en enlevant les composantes de fréquences inférieure à 0,2 Hz de la transformée de Fourier du signal. Pour terminer, une double intégration permet de calculer le déplacement aux fréquences supérieures à 0,2 Hz.

- Mouvements relatifs rampe/châssis de fréquences inférieures à 0,2 Hz

Dans un premier temps, la composante linéaire est soustraite du signal des ultrasons. La mesure est ensuite filtrée en enlevant les composantes de fréquences supérieures à 0,2 Hz de la transformée de Fourier du signal. Pour terminer, le déplacement en un point de la rampe est calculé

par interpolation linéaire en fonction de la distance par rapport au centre de la rampe.

- Mouvements du châssis de fréquences inférieures à 0,2 Hz

Ce mouvement est calculé sur base des mesures du capteur DMU et du tachymètre radar. Il combine l'information issue de ces deux capteurs.

Dans un premier temps, la composante linéaire est soustraite de la mesure de la vitesse de rotation autour de l'axe  $z$  par le DMU. Cette mesure est ensuite filtrée en enlevant les composantes de fréquences supérieures à 0,2 Hz de la transformée de Fourier du signal. L'angle de lacet du châssis est calculé par intégration du signal et finalement le déplacement en un point de la rampe est calculé par interpolation linéaire en fonction de la distance par rapport au centre de la rampe.

Le signal du Radar est utilisé pour calculer le déplacement du châssis selon l'axe  $x$ . Le signal est filtré en enlevant les composantes de fréquences supérieures à 0,2 Hz de la transformée de Fourier du signal.

Comme il a été dit au point 8.1.2, les mesures sont réalisées en 5 points sur la rampe. La trajectoire individuelle des buses est estimée par interpolation linéaire. Le temps passé par les différentes buses dans des intervalles successifs de 50 mm est calculé pour servir d'entrée au modèle.

***b) Mouvements verticaux***

Les mouvements verticaux sont calculés sur base des signaux fournis par les deux capteurs infrarouges. L'état de surface de la culture conditionne fortement la qualité des mesures infrarouges. La culture la plus représentative des difficultés de mesure de hauteur sur le terrain a été rencontrée sur le blé mature. Le capteur mesure une distance comprise entre le sol et le sommet de la frondaison en fonction de la densité de la culture sous celui-ci. Le signal qui en résulte est fortement bruité. Dans notre application, la hauteur par rapport au sommet de la frondaison sert de référence. Pour calculer cette hauteur, un

premier traitement calcule la valeur moyenne des trois distances minimales par mètre de distance. Cela permet de limiter les composantes supérieures à un cycle par mètre qui ne peuvent provenir de variations de hauteur de la rampe. Un second traitement constitué d'un filtre passe-bas permet ensuite d'éliminer les composantes supérieures à 1 Hz. En effet, l'amplitude importante des variations de distance à des fréquences supérieures à 1 Hz ne peuvent être mises sur le compte de mouvements de la rampe. L'information fournie par un accéléromètre orienté selon l'axe z permet de le confirmer. La Figure 8.3. montre qu'à proximité de l'emplacement du capteur infrarouge les déplacements de plus de 1 Hz sont limités à une dizaine de millimètres d'amplitude.

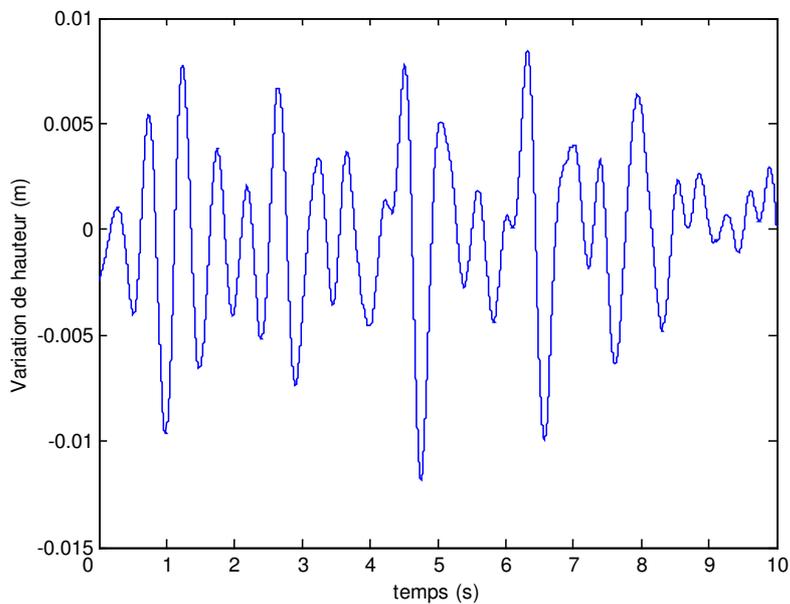


Figure 8.3. : Mouvements verticaux de la rampe de fréquences supérieures à 1 Hz à proximité de l'emplacement du capteur infrarouge sur froment.

La Figure 8.4 présente un exemple de l'effet des traitements sur le signal brut. La courbe bleue présente le signal brut, le traitement intermédiaire est en rouge et le signal final en vert. Comme le sommet de la frondaison sert de référence, le signal final est en moyenne inférieur au signal brut.

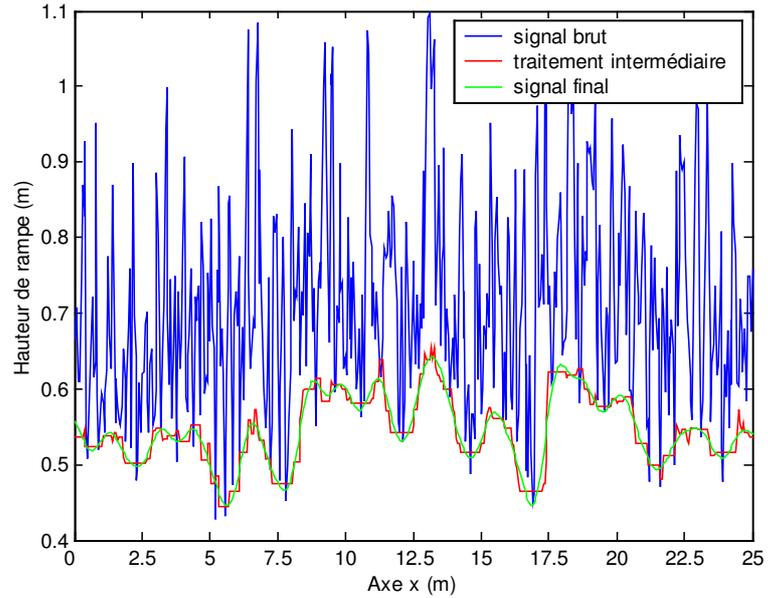


Figure 8.4. : Exemple de traitement du signal infrarouge pour mesurer la hauteur de rampe par rapport à la frondaison .

La filtration choisie permet bien d'obtenir en moyenne la hauteur de consigne réglée lors de l'essai, à savoir 550 mm et limite très fortement l'amplitude des mouvements au-dessus de 1 Hz.

Les hauteurs des différentes buses de la rampe dans les intervalles successifs de 50 mm sont calculées par interpolation sur base de l'équation de la droite passant par les deux points de mesure. Cette interpolation par deux points qui considère la rampe suspendue comme un corps rigide dans le plan vertical justifie également de limiter les déplacements mesurés au dessus de 1 Hz. En effet, les mouvements verticaux en corps rigide de la rampe sont nécessairement d'amplitudes limitées pour les fréquences fortement supérieures à la fréquence propre. Pour les pulvérisateurs actuels, cette fréquence est comprise entre 0,1 et 0,2 Hz.

## 8.2 Modélisation de la répartition

### 8.2.1 Introduction

La répartition est modélisée pour trois essais de terrain réalisés avec un pulvérisateur porté Delvano 1000 litres équipé d'une rampe HDL de 18 mètres de large, munie d'une suspension trapèze. Des mesures sur quelques centaines de mètres de longueur, lorsque la vitesse est stabilisée aux environs de 1,5 m/s, sont utilisées pour les trois terrains : champ de froment, de chicorée et prairie. La trajectoire des 36 buses est calculée indépendamment. Les taux d'application générés par chaque buse sont calculés par le modèle avec une résolution spatiale de 25 cm<sup>2</sup>. Les différentes répartitions sont sommées afin de calculer la répartition globale. Les valeurs moyennes et le coefficient de variation de la répartition sont calculés sur la zone de pulvérisation complètement couverte par les jets, conformément aux recommandations de la norme ISO 5682/2 [Anon., 1997].

### 8.2.2 Répartition sur froment

Les fluctuations de vitesse des buses dans le champ sont présentées à la Figure 8.5. Si dans la partie centrale ( $y = 0$ ) de la rampe, les buses ont une vitesse très proche de la vitesse moyenne de 1,5 m/s, un écart important apparaît et s'affirme à mesure que l'on s'écarte du centre. L'écart maximum est plus important pour les hautes vitesses que les faibles. Cela s'explique par une légère asymétrie de la distribution des vitesses de buse qui traduit un comportement asymétrique de la structure de la rampe. En effet, cette rampe présente au niveau de ses articulations une butée vers l'arrière tandis qu'elle est seulement munie d'un ressort de blocage vers l'avant.

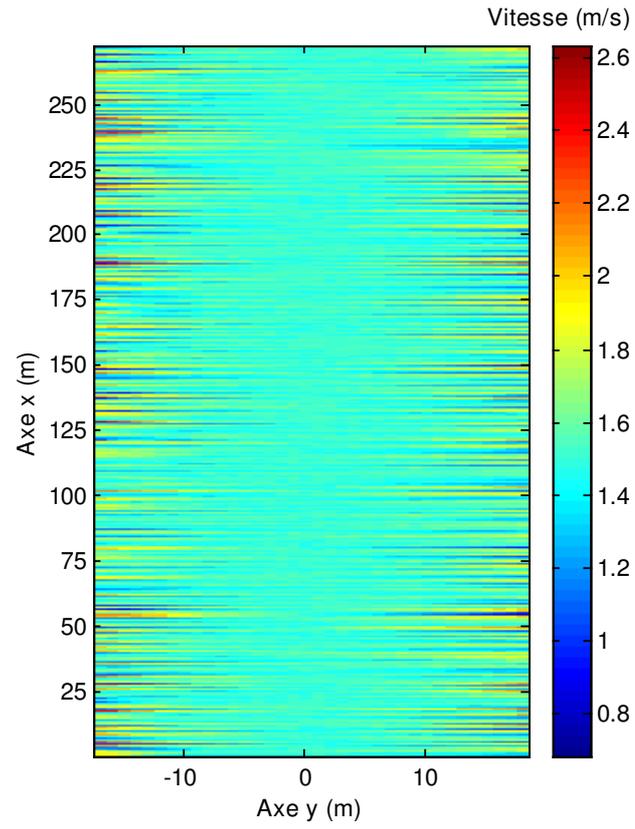


Figure 8.5. : Fluctuations des vitesses des buses dans le champ de froment.

La Figure 8.6 présente les fluctuations de hauteur de rampe par rapport au sommet de la frondaison. La hauteur moyenne lors de cet essai était de 610 mm. A la différence de ce que l'on observe pour les vitesses, les variations de hauteur sont présentes jusque dans les très basses fréquences. La rampe était en moyenne plus basse à gauche qu'à droite, ce qui correspond à un mauvais réglage de la position d'équilibre de la suspension de la rampe.

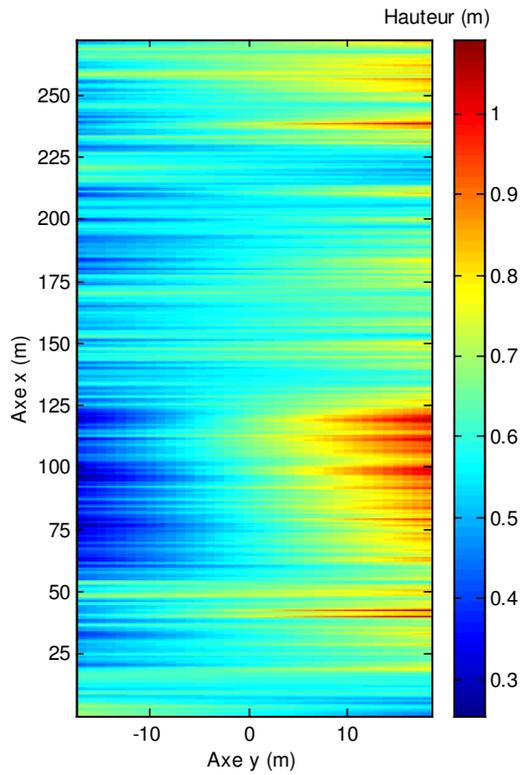


Figure 8.6. : Fluctuations des hauteurs des buses dans le champ de froment.

La répartition calculée sur base des vitesses et hauteurs des buses est présentée à la Figure 8.7. Le taux d'application moyen vaut 21,78 ml/m<sup>2</sup> et le coefficient de variation de la répartition vaut 9,22%.

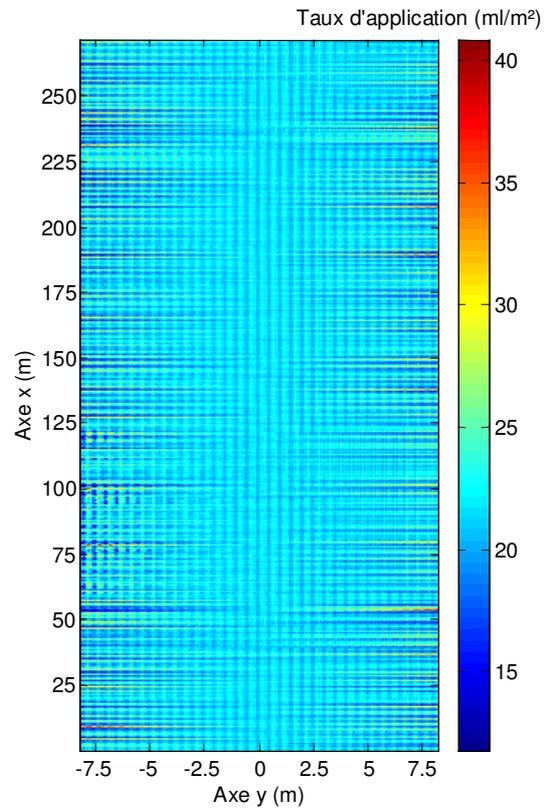


Figure 8.7. : Répartition modélisée pour le champ de froment.

La Figure 8.8. présente une image orthonormée (axes orthogonaux et de même échelle) de la répartition modélisée pour les 25 premiers mètres de l'essai (selon l'axe x). Cette zone correspond à une partie de l'essai où la rampe est relativement horizontale. L'effet des mouvements horizontaux de la rampe se marque très clairement. Particulièrement, le lacet se traduit par des variations de répartition longitudinale en déphasage entre la gauche et la droite du pulvérisateur. A cette hauteur, le recouvrement imparfait des jets des buses voisines se marque également sur la répartition.

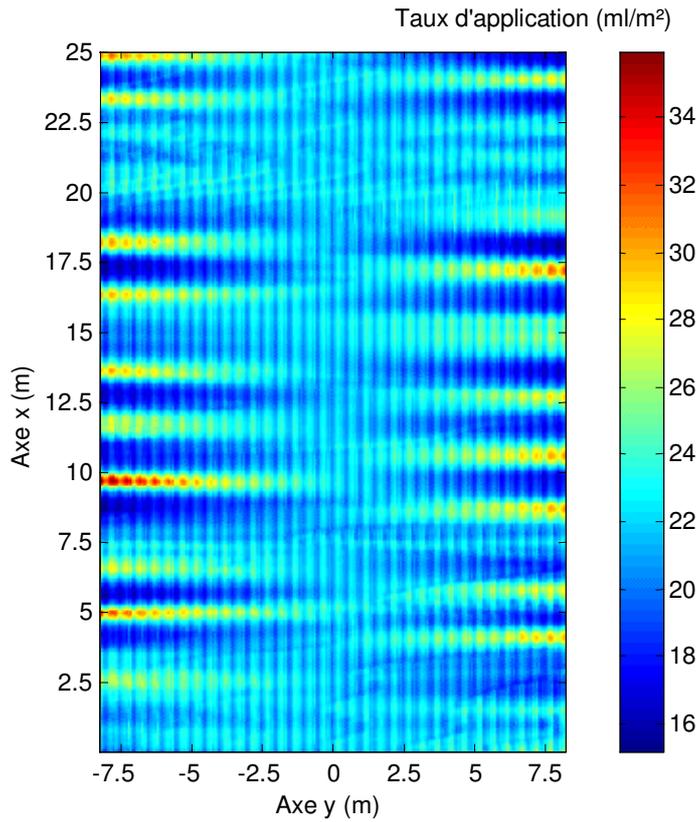


Figure 8.8. : Répartition modélisée pour le champ de froment (orthonormé).

La Figure 8.9 présente l'histogramme du taux d'application dans le champ de froment. Il présente une distribution unimodale en cloche.

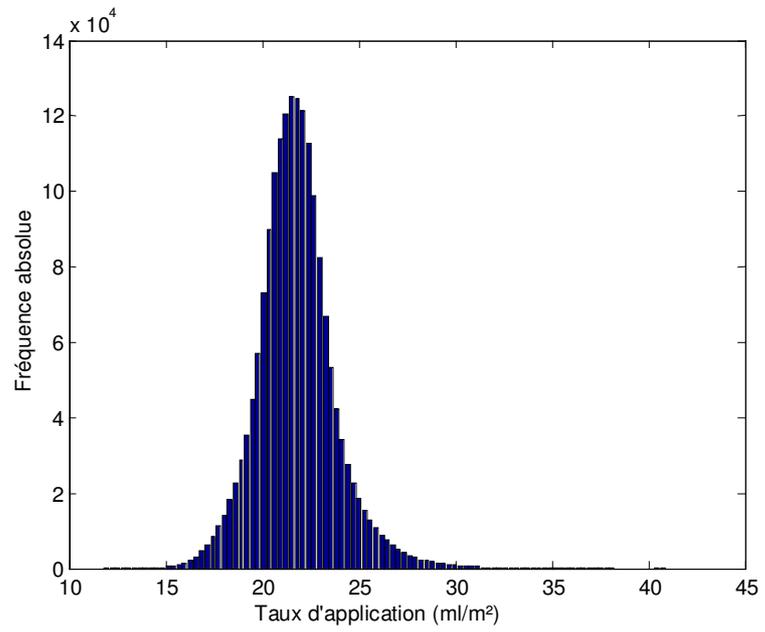


Figure 8.9. : Histogramme des taux d'application pour le champ de froment.

### 8.2.3 Répartition sur prairie

Les fluctuations de vitesse des buses sont présentées à la Figure 8.10. Le comportement est similaire à celui que l'on a observé sur froment, c'est-à-dire que les buses situées au centre de la rampe ont une vitesse très proche de la vitesse moyenne (1,35 m/s), la variabilité autour de cette vitesse augmente à mesure que l'on s'écarte du centre et l'écart maximum est plus important pour les hautes vitesses que les faibles.

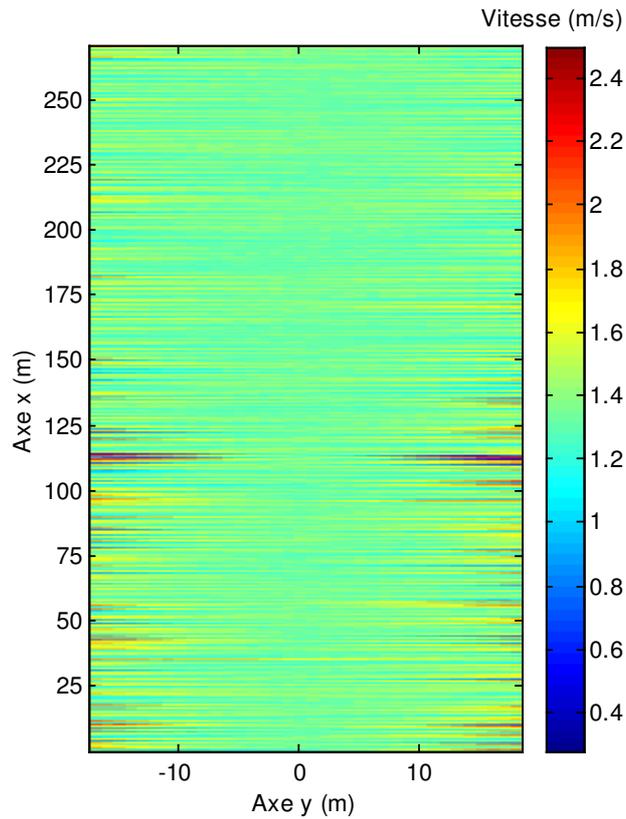


Figure 8.10. : Fluctuations des vitesses des buses dans la prairie.

La Figure 8.11. présente les variations de hauteur de rampe par rapport au sommet de la frondaison. La hauteur moyenne lors de cet essai était de 670 mm. Les variations de hauteur sont à nouveau présentes jusque dans les très basses fréquences. La rampe était en moyenne plus haute à gauche qu'à droite, ce qui confirme le mauvais suivi de pente par la suspension de la rampe.

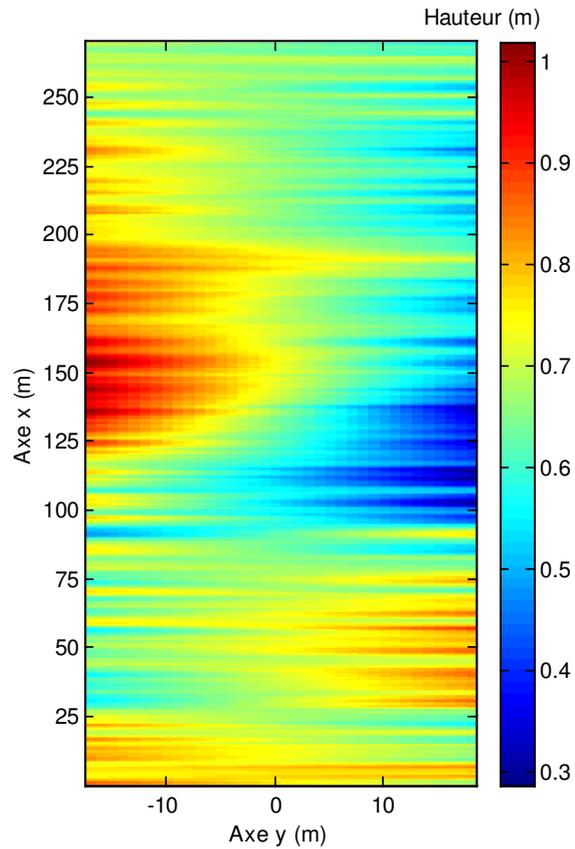


Figure 8.11. : Fluctuations des hauteurs des buses dans la prairie.

La répartition calculée sur base des vitesses et hauteurs des buses est présentée à la Figure 8.12. Le taux d'application moyen vaut 24,39 ml/m<sup>2</sup> et le coefficient de variation de la répartition vaut 9,85 %. Ces valeurs sont toutes deux supérieures à celles simulées sur le champ de froment. De plus, des maxima de plus grande amplitude sont observés (jusqu'à 65 ml/m<sup>2</sup>). Ils atteignent près de trois fois le taux d'application moyen, à des endroits où les effets de faibles hauteur et vitesse de rampe se combinent.

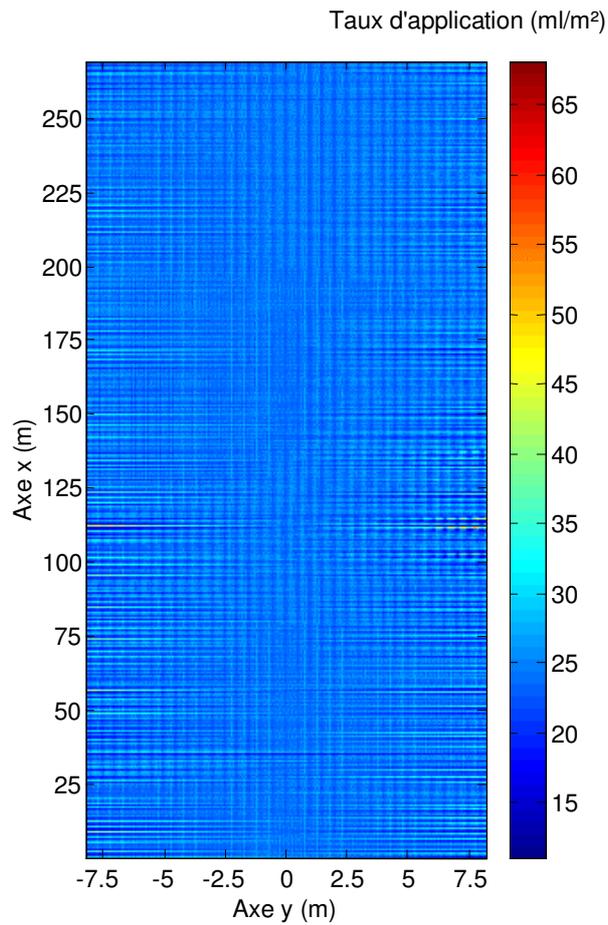


Figure 8.12. : Répartition modélisée pour la prairie.

La Figure 8.13. présente une image orthonormée de la répartition modélisée pour les 25 premiers mètres de l'essai (selon l'axe x). L'effet des mouvements horizontaux de la rampe se marque à nouveau très clairement, particulièrement le lacet. En raison de la hauteur de rampe et des importantes variations de vitesse de la rampe, la répartition est plus affectée par ces dernières que par le recouvrement incomplet des jets de buses voisines.

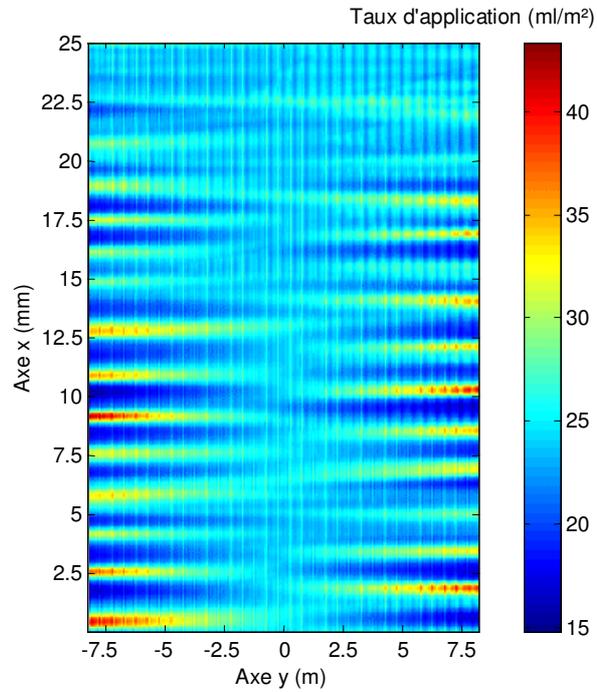


Figure 8.13. : Répartition modélisée pour la prairie (orthonormée).

La Figure 8.14 présente un histogramme du taux d'application dans la prairie. Il présente une grande similitude avec l'historgramme du froment mais présente quelques valeurs extrêmes supérieures.

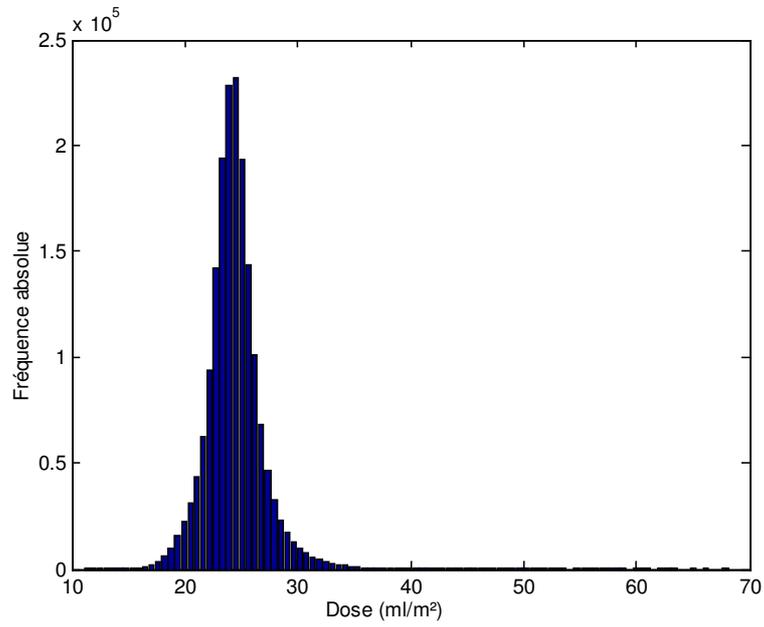


Figure 8.14. : Histogramme des taux d'application pour la prairie.

### 8.2.4 Répartition sur chicorée

Les variations de vitesse des buses sont présentées à la Figure 8.15. Le comportement est semblable à celui qui a été observé sur froment et sur prairie.

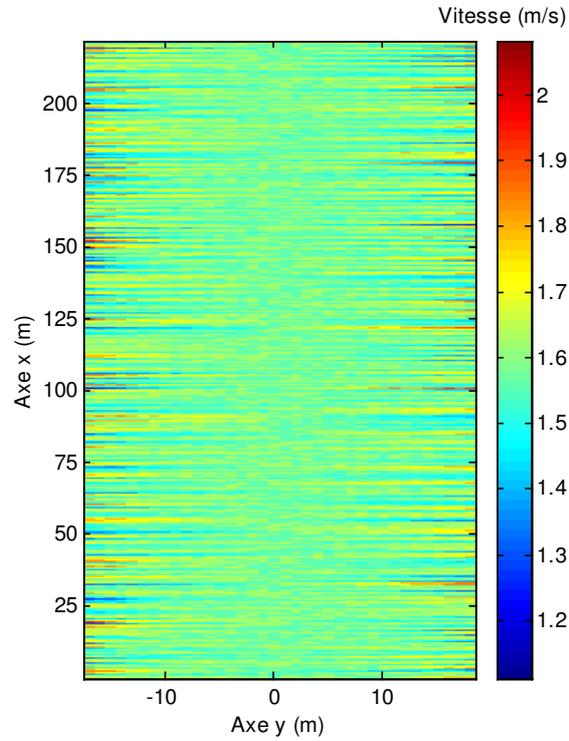


Figure 8.15. : Fluctuation des vitesses des buses dans le champ de chicorée.

La Figure 8.16 présente les variations de hauteur de rampe par rapport au sommet de la frondaison. La hauteur moyenne lors de cet essai était de 774 mm. Les variations de hauteur sont présentes jusque dans les très basses fréquences où le mauvais suivi de pente par la suspension de la rampe est à nouveau flagrant.

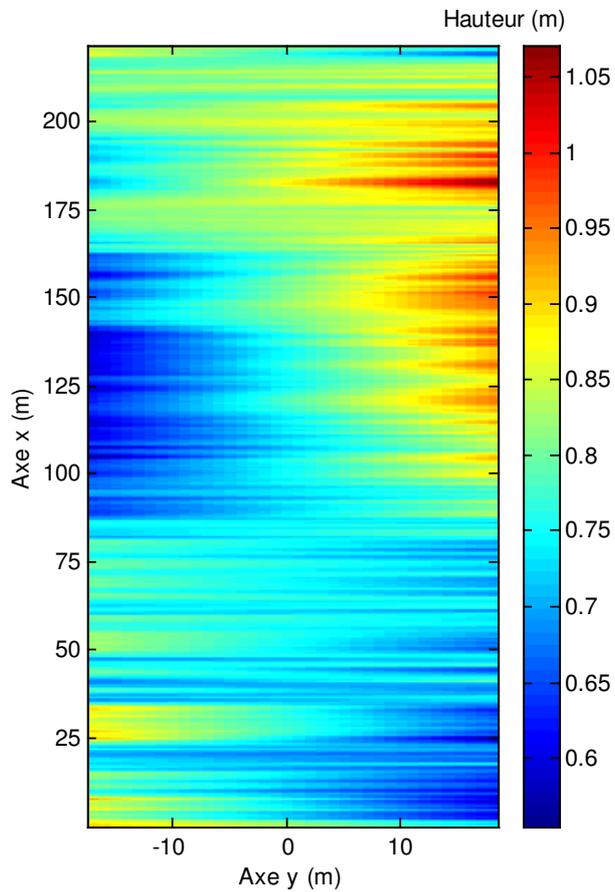


Figure 8.16. : Fluctuations des hauteurs des buses dans le champ de chicorée.

La répartition calculée sur base des vitesses et hauteurs des buses est présentée à la Figure 8.7. Le taux d'application moyen vaut 20,81 ml/m<sup>2</sup> et le coefficient de variation de la répartition vaut 4,43%. Ces valeurs sont toutes deux inférieures à celles observées sur froment et prairie. Le champ de chicorée présentait en effet un profil beaucoup plus doux que celui des deux cas précédents, ce qui s'est traduit par des mouvements de moindre amplitude, spécialement dans le plan horizontal et, dans une moindre mesure, dans le plan vertical.

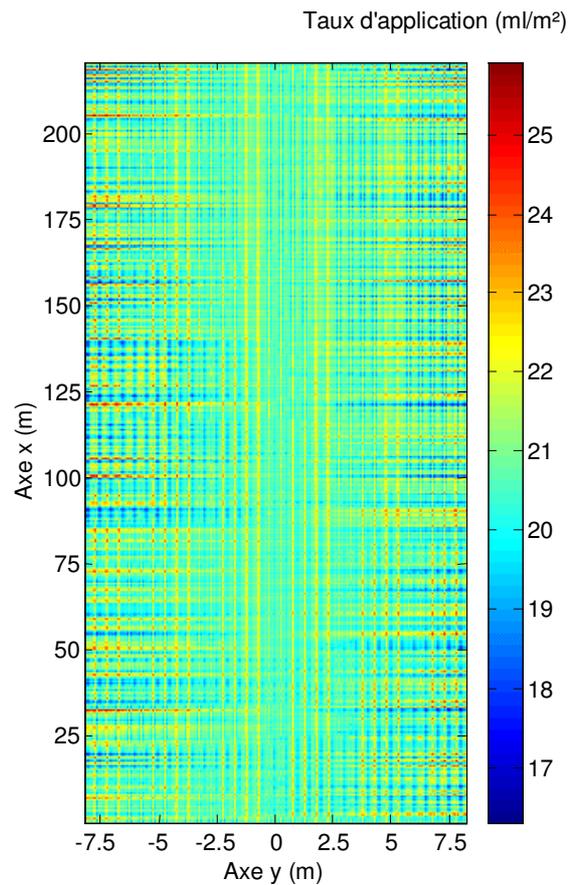


Figure 8.17. : Répartition modélisée pour le champ de chicorée.

La Figure 8.18. présente une image orthonormée de la répartition modélisée pour les 25 premiers mètres de l'essai (selon l'axe x). L'effet du lacet se marque toujours clairement par des variations de répartition longitudinale en déphasage entre la gauche et la droite du pulvérisateur. L'effet du recouvrement incomplet des jets de buses voisines sur la répartition est relativement plus marqué en raison de la moindre amplitude des variations de la vitesse de la rampe.

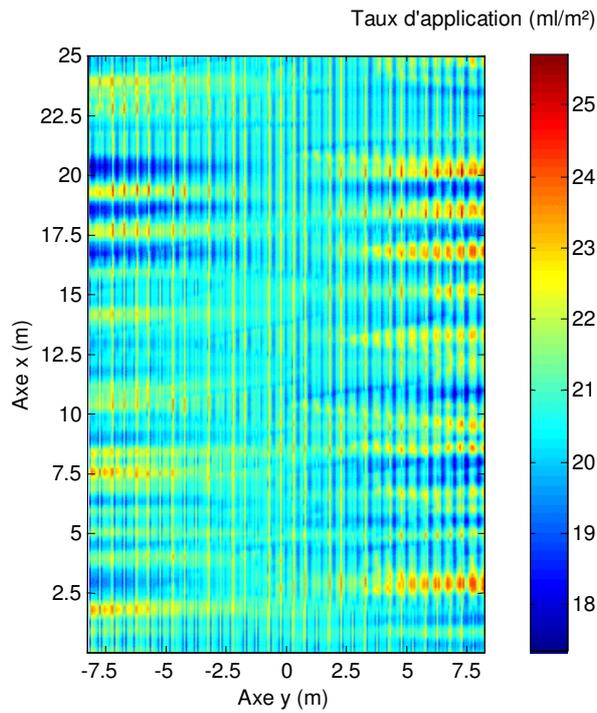


Figure 8.18. : Répartition modélisée pour le champ de chicorée (orthonormé).

La Figure 8.19 présente un histogramme de la répartition du taux d'application dans le champ de chicorée. De la même manière que le coefficient de variation est plus faible, l'étalement est moindre que pour les deux essais précédents.

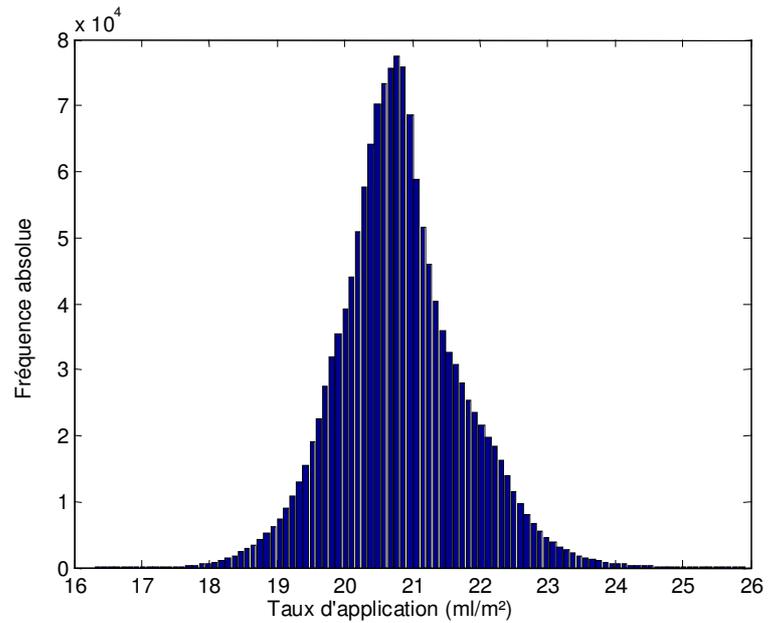


Figure 8.19. : Histogramme des taux d'application pour le champ de chicorée.

### 8.2.5 Interprétation des résultats

Pour une rampe donnée et une vitesse de traitement similaire, il apparaît que la qualité de la répartition varie de manière importante en fonction des sollicitations du terrain. En effet, le coefficient de variation de la répartition sur chicorée est beaucoup plus faible que sur prairie et froment. Ceci est vraisemblablement lié au fait que la rugosité du sol dans le champs de chicorée était plus faible que celle de la prairie et du champ de froment.

Le coefficient de variation est souvent utilisé comme critère de qualité de la répartition. L'analyse des histogrammes montre que le coefficient de variation du taux d'application est insuffisant pour décrire la forme. La Figure 8.20. présente une comparaison de chacun des histogrammes (classes 0,6 ml/m<sup>2</sup>) observés au cours des trois essais avec une distribution gaussienne de même moyenne et de même écart-type. Il apparaît dans les trois cas que les

histogrammes observés sont dissymétriques et présentent un aplatissement différent de la distribution normale, ce qui montre que les moyenne et écart-type sont insuffisants pour décrire correctement la distribution des taux d'application.

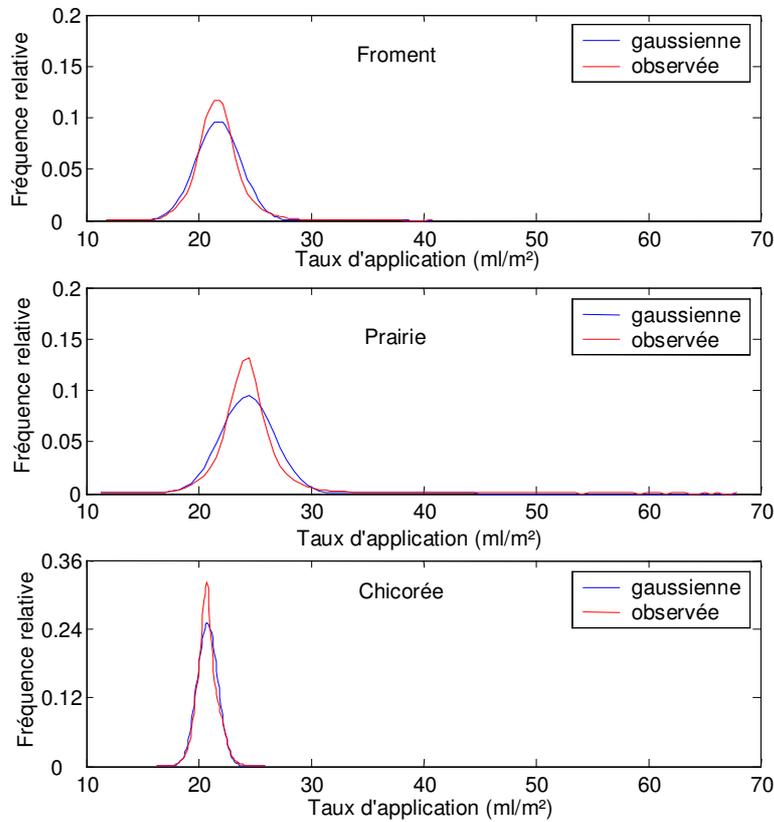


Figure 8.20. : Histogrammes des taux d'application modélisés.

Pour y palier, certains auteurs jugeant ces paramètres insuffisants y adjoignent d'autres critères comme le pourcentage de surdosage supérieur à 15% du taux d'application moyen et le pourcentage de sous-dosage inférieur à 15% du taux d'application moyen [Lardoux *et al.*, 1998]. Pour définir plus complètement la forme des histogrammes observés, il est possible d'adjoindre des paramètres

de curtosis (paramètres de forme) à la moyenne et à l'écart-type. Les coefficients de Fisher ( $g1$  et  $g2$ ) permettent de caractériser l'un le degré de symétrie, l'autre le degré d'aplatissement de l'histogramme [Dagnelie, 1973]. Le Tableau 8.1. reprend les valeurs des quatre paramètres de forme ainsi que le coefficient de variation.

Tableau 8.1. : Paramètres statistiques des histogrammes observés.

Paramètres	Champ de froment	Prairie	Champ de chicorée
Moyenne (ml/m <sup>2</sup> )	21,78	24,39	20,81
Variance (ml <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> )	4,03	5,77	0,85
Coefficient de variation	9,22	9,85	4,43
$g1$	0,607	0,941	0,302
$g2$	2,31	5,78	0,87

Les trois histogrammes présentent des distributions de fréquence leptocurtiques (elles sont plus pointues que la distribution normale de même variance), ce qui est quantifié par des valeurs de  $g2$  positives. Elles présentent toutes des dissymétries gauches qui sont chiffrées par les valeurs positives de  $g1$ .

Les valeurs des paramètres statistiques permettent de quantifier les différences observées entre les traitements. A titre de référence, les coefficients de variation calculés pour cette même buse pour des hauteurs constantes de 50 et 75 cm avec une vitesse constante de 1,5 m/s valent respectivement 3,75 % et 2,67 %. Le coefficient de variation calculé pour le champ de chicorée s'approche fortement de ces valeurs, ce qui signifie que la principale source d'hétérogénéité est le mauvais recouvrement entre jets voisins plutôt que le comportement dynamique de la rampe. Les répartitions sur le champ de froment et sur la prairie présentent des coefficients de variation similaires nettement supérieurs à celui de la chicorée. Par ailleurs, ils se distinguent entre eux du point de vue de leurs aplatissement et dissymétrie. L'augmentation des paramètres  $g1$  et  $g2$  est liée à la présence plus marquée de valeurs de taux d'application extrêmes qui traduisent

l'existence de très basses hauteurs de pulvérisation pour lesquelles un surdosage localisé apparaît sous la buse et un sous-dosage entre buses voisines. Les paramètres  $g_1$  et  $g_2$  sont donc également un reflet de la qualité d'application du traitement qui complète l'information fournie par le coefficient de variation.

Il est possible de développer nombre d'autres paramètres comme des quantiles qui permettent de comparer les répartitions obtenues, par exemple les pourcentages de la surface traitée sous- et sur-dosés vus précédemment (Tableau 8.2). Les quantiles présentent l'avantage de pouvoir être facilement mis en relation avec les notions de sur- et sous-dosage en adaptant le choix des limites de classe à l'efficacité du produit utilisé en fonction du taux d'application. Tout comme pour le coefficient de variation, les valeurs des quantiles calculés pour le champ de froment et la prairie sont très proches, tandis que le champ de chicorée se distingue nettement. De manière générale, ces paramètres descriptifs doivent être adaptés aux objectifs particuliers poursuivis en aval de la modélisation. Selon que les événements que l'on cherche à mettre en évidence sont les valeurs extrêmes ou les variations les plus courantes, on privilégiera par exemple un écart-type ou l'écart moyen absolu.

Tableau 8.2. : *quantiles des histogrammes observés.*

Paramètres	Champ de froment	Prairie	Champ de chicorée
Pourcentage de surface sous-dosée (<85% du taux d'application moyen)	4,23 %	5,05 %	0,06 %
Pourcentage de surface sous-dosée (>85% et <115% du taux d'application moyen)	90,20 %	89,07 %	99,67 %
Pourcentage de surface sur-dosée (>115% du taux d'application moyen)	5,58 %	5,88 %	0,26 %

Dans le cadre de la normalisation des tests de pulvérisateurs, il est nécessaire de déterminer plus précisément quels paramètres peuvent être mis en

relation avec la qualité du traitement afin de déterminer des paramètres consensuels qui décrivent la qualité globale du traitement à partir de la répartition.

#### **8.2.6 Conclusion**

Partant de la mesure des mouvements verticaux et horizontaux des buses, le modèle permet d'évaluer la répartition et de la représenter sous une forme graphique aisément accessible. La quantification de la qualité du traitement effectué est aisée, puisqu'une information précise est fournie sur les proportions de surface sous- et sur-dosées. Pour les différents essais auxquels le modèle a été appliqué, on observe que les extrémités de rampe s'avèrent être les positions les plus critiques en terme d'écart par rapport au taux d'application moyen. L'effet de la rugosité du terrain qui conditionne les sollicitations dynamiques transmises à la rampe est également mis en évidence.

En outre, le modèle autorise le calcul de la distribution de fréquence du taux d'application. Sur cette base, il apparaît que la quantification de la qualité de la répartition doit dépasser les indicateurs classiques que sont la moyenne et le coefficient de variation. Des paramètres statistiques descriptifs de l'asymétrie et de l'aplatissement de l'histogramme des taux d'application permettent de mettre en évidence des différences plus fines entre traitements. Il reste toutefois nécessaire de les corrélérer à l'efficacité du traitement et à valider le modèle in situ.