

Évaluation d'un nouveau générateur de gouttes monodisperses

B. PANNETON¹, P.-M. ROY² et R. THÉRIAULT²

¹Centre de Recherche et de Développement en Horticulture, Agriculture et Agro-alimentaire Canada, 430 Boul. Gouin, St-Jean-sur-Richelieu, QC, Canada J3B 3E6; et ²Département des sols et de génie agroalimentaire, FSAA, Université Laval, QC, Canada G1K 7P4. Contribution no 335/97.05.02R d'Agriculture et Agro-alimentaire Canada. Reçu le 4 avril 1995; accepté le 9 juin 1997.

Panneton, B., Roy, P.-M. et Thériault, R. 1997. **Évaluation d'un nouveau générateur de gouttes monodisperses**. Can. Agric. Eng. 39:187-193. Un nouveau générateur de gouttelettes a été conçu afin de mettre à profit les effets aérodynamiques et la cinématique d'un jet de liquide émis à partir d'un orifice monté sur la paroi d'un cylindre en rotation. Cette approche devait permettre de réduire le diamètre minimum des gouttelettes produites à partir d'un orifice de diamètre fixe tout en conservant une distribution homogène du diamètre des gouttes. Le nouveau générateur de gouttelettes est décrit et les résultats des mesures faites à divers débits et diverses fréquences d'excitation de l'instabilité du jet de liquide pour un diamètre d'orifice fixe montrent que les objectifs du travail ont été atteints. Il est en effet démontré que: l'instabilité d'un jet de liquide émis à partir d'un orifice monté sur la paroi d'un cylindre en rotation peut être excitée et contrôlée à l'aide d'un cristal piézo-électrique; le mouvement de rotation permet de produire des gouttes dont le diamètre n'est que de 1,26 fois le diamètre de l'orifice comparativement à 1,89 pour un jet stationnaire; l'augmentation du ratio de la vitesse périphérique du cylindre sur la vitesse radiale du liquide jusqu'à une valeur de 1,7 permet une diminution de la grosseur des gouttes; la présence de satellites ne peut être évitée mais leur proportion peut être maintenue à moins de 3% du volume pulvérisé.

A new droplet generator was designed to benefit from the aerodynamic effects and the kinematic of a liquid jet emitted from an orifice mounted on the wall of a rotating cylinder. Such an approach should permit to reduce the minimum diameter of droplets generated from a fixed diameter orifice while maintaining a homogeneous distribution. The new droplet generator is described and the results of measures taken at various flow rates and various liquid jet excitation frequencies for a given orifice diameter show that work objectives were reached. It was demonstrated that: the instability of a liquid jet emitted from an orifice mounted at the periphery of a rotating cylinder can be excited and controlled with a piezoelectric crystal; the rotational motion gives droplets whose diameter is only 1.26 times the orifice diameter compared to 1.89 for a stationary jet; the increase of the ratio of the cylinder peripheral speed to the liquid radial speed up to a value of 1.7 gives a decrease in the droplet size; the presence of satellites cannot be avoided but their proportion can be maintained under 3% of the sprayed volume.

INTRODUCTION

Aussi longtemps que des arrosages seront requis en production agricole, l'efficacité de la pulvérisation demeure primordiale afin de minimiser l'impact des pesticides sur l'environnement, de diminuer les coûts de production et d'améliorer la qualité des produits. Le diamètre des gouttelettes est un paramètre que l'on peut contrôler et qui a beaucoup d'incidence sur la qualité de la distribution d'un

pesticide dans un couvert végétal. Ce diamètre est en effet une variable importante dans les phénomènes de dérive (Bache et Johnstone 1992), de pénétration du liquide à l'intérieur d'un couvert végétal dense (Bache 1985), d'évaporation et de transfert de la dose de produit phytosanitaire vers l'ennemi (Sharkey et Salt 1987). Pour pouvoir évaluer de façon globale les multiples effets qui dépendent du diamètre des gouttes sur l'efficacité des traitements de pesticides, un appareil pouvant générer des gouttes de grosseur uniforme est nécessaire. Cet appareil doit pouvoir traiter les parcelles expérimentales à des doses semblables à celles utilisées conventionnellement; il doit donc non seulement générer des gouttelettes de grosseur uniforme mais en quantité suffisante.

La revue de littérature pertinente au sujet est présentée dans Panneton et al. (1991) où est décrit et évalué un générateur rotatif pouvant produire environ 850 000 gouttes par seconde dans une gamme de diamètres allant de 135 à 235 μm . Ce générateur met à profit l'instabilité contrôlée de fins jets de liquide formés en forçant le liquide à travers des orifices. La principale limite rencontrée avec ce générateur est la valeur du ratio D_g/D_{or} (diamètre des gouttelettes/diamètre de l'orifice) qui est de 1,65 à la fréquence optimale d'excitation. La production de petites gouttelettes requiert ainsi des orifices ayant un diamètre de l'ordre de 75 μm qui posent des problèmes pratiques de filtration et d'entretien. En réduisant le ratio D_g/D_{or} , les petites gouttelettes peuvent être produites avec des orifices de plus grand diamètre et les débits peuvent être augmentés sans accroître le nombre d'orifices.

Un nouveau générateur de gouttelettes a donc été conçu afin de mettre à profit les effets aérodynamiques et la cinématique d'un jet de liquide émis à partir d'un orifice monté sur la paroi d'un cylindre en rotation. À priori, cette approche permet de réduire le diamètre minimum des gouttelettes que l'on peut produire à partir d'un orifice de diamètre fixe tout en conservant une distribution homogène.

L'objectif du présent travail consiste alors en l'évaluation, à l'aide de ce nouveau générateur, de l'effet du ratio V_p/V_o (vitesse périphérique de l'orifice/vitesse radiale du liquide à la sortie de l'orifice) sur la grosseur minimale des gouttelettes générées à divers débits et diverses fréquences pour un diamètre d'orifice fixe.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Description du nouveau générateur de gouttelettes

Le nouveau générateur de gouttelettes est constitué de trois parties (Fig. 1). La première comprend un support, un moteur à vitesse variable, un détecteur de vitesse de rotation qui fournit un signal pour le fonctionnement d'un stroboscope et pour l'affichage de la vitesse de rotation, un groupe de brosses pour la transmission du signal d'excitation aux contacts glissants et deux roulements à billes. Le détecteur de vitesse de rotation utilise un disque percé d'un trou, une diode émettrice de lumière et un photorécepteur. Ces deux derniers éléments sont placés de part et d'autre du disque rotatif pour permettre de connaître la vitesse de rotation et de contrôler un stroboscope qui fixe l'orifice et la chaîne de gouttelettes artificiellement dans l'espace et permet d'observer visuellement l'homogénéité de la distribution. Comme deuxième partie, on retrouve un arbre rotatif muni des contacts glissants et du cristal piézo-électrique. Le cristal piézo-électrique, soli-

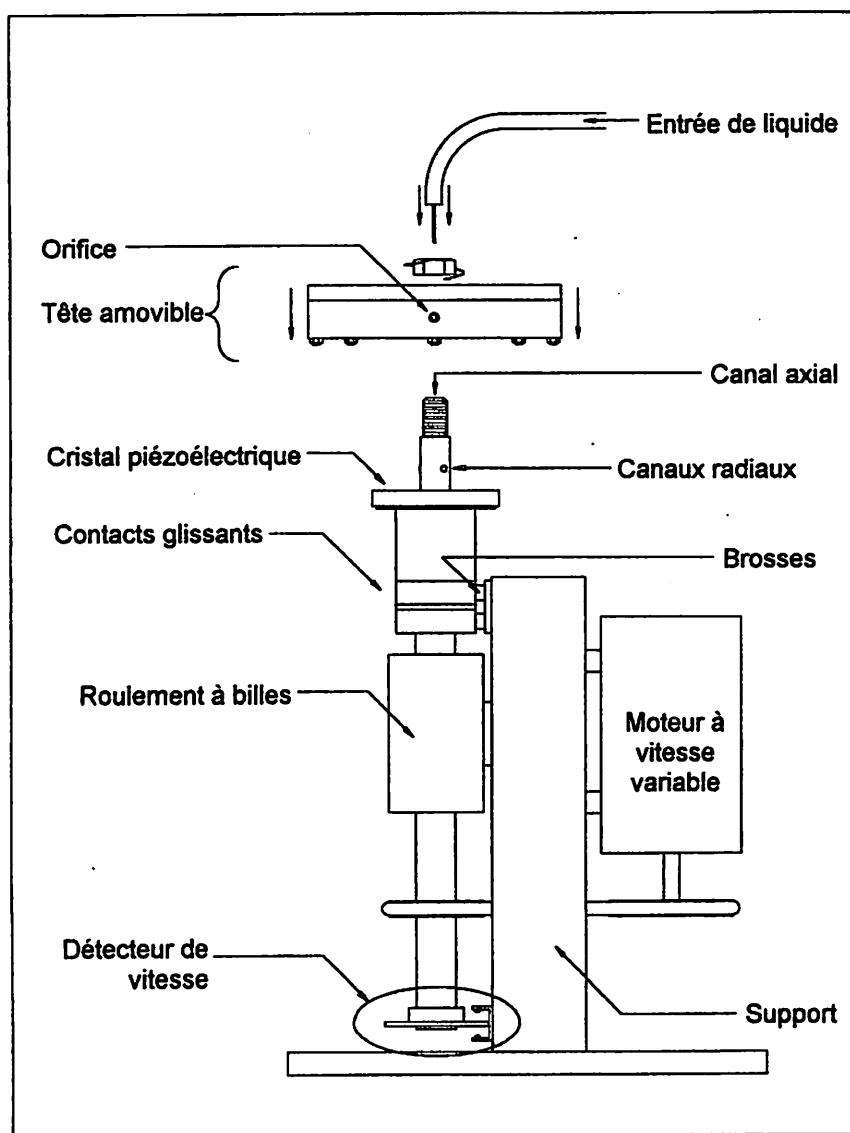


Fig. 1. Schéma du générateur rotatif.

daire de l'arbre, a la forme d'une rondelle de 51 mm de diamètre extérieur et de 10 mm d'épaisseur; le trou au centre a un diamètre de 25 mm. Le cristal reçoit le signal électrique sur ses deux faces parallèles pour produire une vibration longitudinale. La troisième composante est la tête munie d'un seul orifice et de filtres (Fig. 2). Le liquide est introduit à pression atmosphérique à travers un arbre creux et s'écoule par les canaux radiaux du coeur de la tête rotative. Ces 9 canaux acheminent le liquide vers trois groupes de filtres (15 μm) fixés au coeur. Après filtration, le liquide pénètre dans une chambre à pression atmosphérique et vient se coller à la paroi de la tête rotative où il forme un film dont l'épaisseur s'ajuste en fonction du débit. Sous l'effet de l'accélération centrifuge, une pression se construit dans le film de liquide dont la face intérieure est à pression atmosphérique. Pour une vitesse de rotation fixe, plus le débit est grand, plus le film est épais et plus la pression à la paroi est élevée. Cette pression force le liquide à travers un ou des

orifices pratiqués dans la paroi extérieure de la tête rotative. Comme notre but était d'étudier la faisabilité de ce système, un seul orifice de 127 μm de diamètre a été utilisé mais rien n'empêche de multiplier les orifices pour atteindre le débit désiré. La tête du générateur est maintenue en place sur l'arbre d'entraînement par un écrou qui la fixe en compression sur le cristal piézo-électrique. Le diamètre extérieur de la tête est de 100 mm et la vitesse de rotation maximale est de 5000 tpm.

Le générateur rotatif règle le problème d'agglomération de gouttes voisines (Panneton et al. 1991) en les projetant sur des trajectoires divergentes. Pour ce qui est du problème des petits orifices, l'hypothèse de départ est que lorsque le jet de liquide est éjecté de l'orifice, il va s'étirer à cause de la vitesse de rotation. Cet étirement produit une diminution du diamètre du jet en fonction de la distance sur le jet, mesurée à partir de l'orifice. Cette diminution permet d'obtenir des gouttes d'un diamètre donné avec des orifices de plus gros calibre pourvu que l'on puisse augmenter suffisamment la vitesse de rotation.

Appareil de mesure du diamètre des gouttelettes.

L'appareil de mesure du diamètre des gouttelettes (PMS OAP-2D-GA2, ci-après PMS) utilise un rayon laser pour former un plan d'échantillonnage. À mesure qu'une goutte traverse ce plan, son image se dessine sur un photodétecteur à la manière d'une ombre chinoise. Cet appareil permet de mesurer la distribution du diamètres de gouttelettes sous forme d'un histogramme allant de 7 à 625 μm

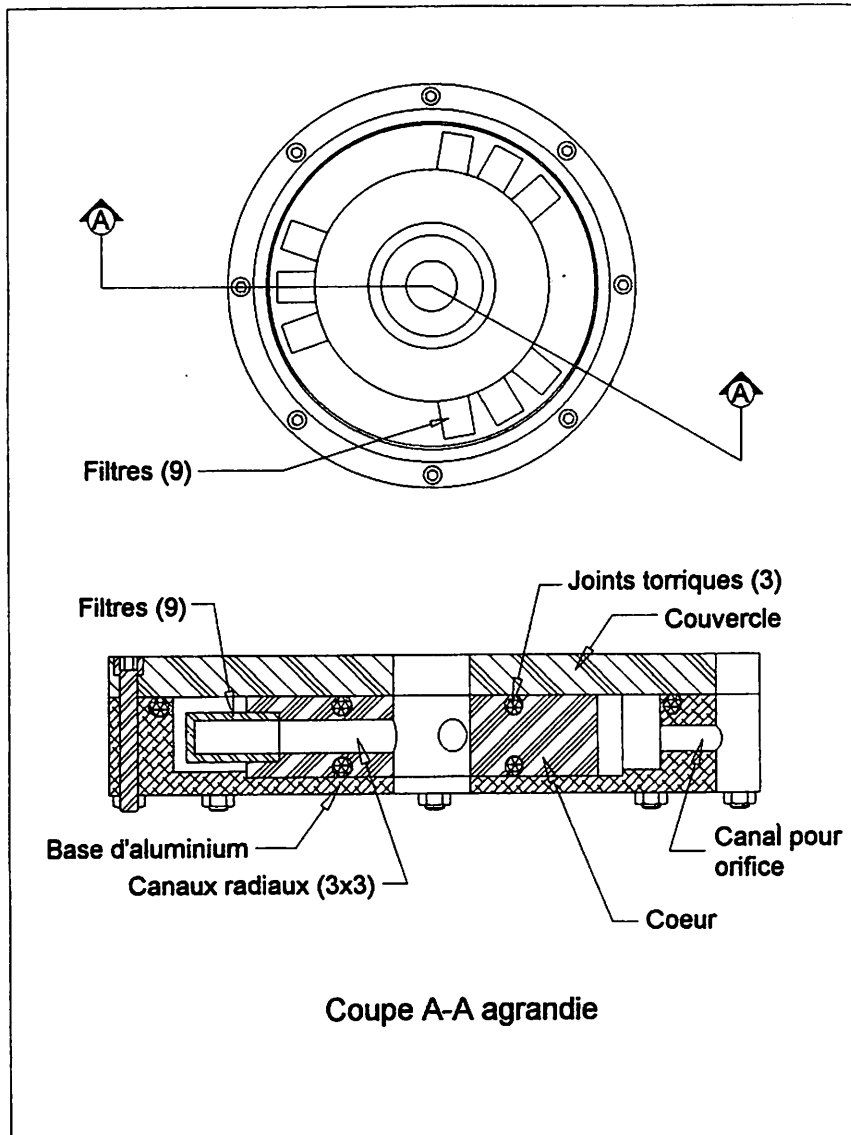


Fig. 2. Tête rotative portant l'orifice et les filtres.

par classes d'environ $10 \mu\text{m}$. Il est branché à un micro-ordinateur qui, à l'aide d'un logiciel, interprète les données brutes et permet de modifier certains paramètres d'opération comme la vitesse d'échantillonnage et le nombre de gouttes à échantillonner. Les mesures sont faites en temps réel et sans intrusion dans le flot de gouttelettes.

Pour la mesure de petites gouttelettes, ce système pose une difficulté. En effet, le système optique du PMS ne permet pas de garder au foyer les petites gouttelettes sur toute la hauteur du plan d'échantillonnage formé par la lumière laser. La profondeur de champ diminue avec le diamètre des gouttes lorsque celles-ci ont moins de $165 \mu\text{m}$ de diamètre et elle est de moins d'un millimètre pour des gouttes de $25 \mu\text{m}$. Le générateur de gouttes à l'étude projette les gouttelettes dans un plan bien défini. Pour éviter toute erreur de mesure associée à la profondeur de champ, ce plan était placé de façon à couper le plan de lumière perpendiculairement et au centre de la zone d'échantillonnage à chaque essai. Ce travail est facilité par le logiciel qui affiche à l'écran de l'ordinateur

l'image des gouttelettes en pseudo-couleurs, permettant d'évaluer la qualité de la mise au point en temps réel.

Méthode de mesure

Les essais ont été réalisés avec un seul orifice de $127 \mu\text{m}$ de diamètre. Les débits de liquide ont varié entre 5 et 11 mL/min par incréments de 1 mL/min, soit 7 débits différents. Les débits inférieurs à 5 mL/min sont peu intéressants à cause de la faible quantité de gouttelettes générées. Le débit maximum pour sa part est limité par le design mécanique. La vitesse de rotation maximale de 5000 tpm ne permet pas d'obtenir des ratios D_g/D_{or} intéressants pour les débits supérieurs à 11 mL/min. Pour les débits de 5 et de 6 mL/min, les tests sont faits à trois vitesses de rotation différentes. Pour les autres débits, quatre vitesses de rotation sont évaluées. La vitesse de rotation minimale est obtenue lorsque la chambre de liquide en aval des filtres est pleine et la vitesse maximale est atteinte lorsque le film de liquide est trop mince pour maintenir un débit uniforme à l'orifice. Ces deux limites ont été ajustées pour permettre de séparer cet intervalle en tranches de 500 tpm. À remarquer que plus le débit est grand, plus l'intervalle des vitesses de rotation est élevé.

Pour chacune de ces vitesses de rotation, le cristal est excité à différentes fréquences. Le choix des fréquences est déterminé par observations visuelles. La zone d'homogénéité d'une distribution est facilement observable à l'oeil nu à l'aide d'un stroboscope. La première étape est de déterminer la fréquence minimale où on retrouve la formation de goutte-

telettes jumelles, deux gouttelettes de grosseurs semblables formées à partir d'un seul cycle d'excitation mécanique. Pour sa part, la fréquence maximale est définie par l'arrivée de gouttelettes de grosseurs diverses qui forment un patron visuel désordonné. Cet intervalle est divisé en incréments de 2, 3 ou 4 kHz pour fournir de 8 à 15 fréquences différentes. La dernière fréquence échantillonnée se retrouve dans la région désordonnée pour marquer la limite de la plage où le phénomène de l'instabilité des fins jets de liquide domine. La première fréquence se retrouve parfois dans la zone précédant la zone d'homogénéité. Dans le cadre de ce travail, notre intérêt allait avant tout à l'établissement de la fréquence maximale utilisable puisque cela correspond au plus petit diamètre de goutte possible.

La précision des paramètres calculés à partir du spectre des diamètres de goutte augmente avec le nombre de gouttes échantillonnées. Le nombre minimal de gouttelettes a été estimé en évaluant l'effet de l'ajout à l'échantillon, d'une goutte dont le diamètre est de $302 \mu\text{m}$. Une goutte de cette

taille résulte d'une collision entre deux gouttelettes primaires produites à partir d'un jet stationnaire de 127 μm de diamètre excité à la fréquence théorique optimum. Avec le prototype à l'essai, aucune goutte ne peut avoir un diamètre supérieur à 302 μm étant donné que cette valeur extrême est plus grande que la moyenne, elle a plus d'effet sur une distribution constituée de petites gouttelettes. Comme Panneton (1987) l'explique, lorsqu'une onde axisymétrique croît sur un jet de liquide, le jet se sépare en alternance en gouttes primaires et en gouttes beaucoup plus petites appelées satellites. Dans les cas où l'effet de la viscosité est beaucoup plus grand que celui de la tension de surface, la formation de satellites est inhibée. Avec de l'eau, ce n'est généralement pas le cas. À l'aide d'essais préliminaires, il a été établi qu'il est peu probable que le diamètre des gouttelettes primaires atteigne un diamètre inférieur à celui de l'orifice et que le diamètre minimum des satellites est d'environ 30 μm . Ainsi, pour que l'estimer du nombre de gouttes requis soit conservateur, un échantillon de référence constituée de 50% en nombre de gouttes de 30 μm et de 50% de gouttes de 127 μm a été retenu. Pour une telle distribution, l'erreur commise par l'ajout d'une goutte de 302 μm sur le diamètre médian de la distribution en fréquence des diamètres (*DMN*) et sur le diamètre médian de la distribution en volume des diamètres (*DMV*) est de 0,14 et 0,5% respectivement avec un échantillon de 2000 gouttelettes. En fixant la taille des échantillons à 2000 gouttes, on s'assure que la précision sur le *DMV* et le *DMN* est d'au moins 1%.

Les mesures de grosseur de gouttes ont été prises à 2 positions différentes. Le PMS doit être placé près de l'orifice pour pouvoir échantillonner le groupe de satellites. Ces gouttelettes sont très petites et la distance qu'elles parcourent dans le plan horizontal est faible. Par contre, à cet endroit, les gouttelettes primaires, quoique distinctes, sont en oscillation. Elles n'ont pas encore une forme sphérique stable, ce qui fausse les mesures. On doit éloigner le PMS pour effectuer un second échantillonnage s'assurant ainsi de la sphéricité des gouttes primaires. Donc, le premier échantillon fournit le patron de distribution pour les satellites et la vraie proportion qui existe entre le nombre des primaires et celui des satellites. Du deuxième échantillon, on tire la distribution des gouttelettes primaires. Un programme informatique a été développé pour combiner la distribution des gouttelettes primaires du second échantillon avec la distribution des satellites du premier échantillon tout en conservant les proportions en nombre primaires-satellites de ce premier échantillon. La proportion primaires-satellites du second échantillon est erronée parce que les satellites ne se rendent pas tous au point d'échantillonnage. Aussi, le programme fournit les valeurs des paramètres tels que le *DMN*, *DMV*, le ratio *DMV/DMN*, l'étendue relative, *ER*, et les diamètres $D_{v,1}$ et $D_{v,9}$ des gouttelettes primaires, des satellites et de la distribution globale primaires-satellites. La définition des paramètres ci-haut est conforme à la norme ASAE S327.1 (ASAE 1994).

L'alimentation du générateur se fait à l'aide d'une pompe péristaltique. Le liquide utilisé est de l'eau du robinet. Un contrôle du débit de la pompe se fait avant et après chaque essai à l'aide d'une burette graduée et d'un chronomètre. La différence entre le débit à la fin et celui au début d'un essai

doit être inférieure à 1% pour que l'essai soit valide.

Le cristal piézo-électrique est excité avec un signal constitué d'ondes carrées ayant une amplitude de 60 volts en crête. La fréquence est mesurée par un fréquencemètre ayant une précision de ± 1 Hz.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les résultats seront d'abord présentés pour un débit intermédiaire de 8 mL/min. Les résultats seront ensuite généralisés pour la gamme complète de débit. Tel que mentionné précédemment, le spectre de gouttelettes résulte de la formation de gouttes primaires et de satellites. La Fig. 3 montre 2 distributions de fréquence du diamètre des gouttes qui illustrent bien le comportement du prototype à l'étude. À la fréquence de 25 kHz, la distribution est bi-modale. Le mode centré autour de 205 μm correspond à la formation de gouttes primaires et celui centré autour de 95 μm correspond aux satellites. Les satellites représentent une proportion de 33% du nombre total de gouttes indiquant que des satellites ne sont pas formés à chaque cycle d'excitation du jet de liquide. À la fréquence de 51 kHz (pratiquement le double de 25 kHz), la distribution comprend 3 modes. Celui centré autour de 35 μm correspond aux satellites qui représentent ici 50% de la population. Les satellites sont plus petits parce que, à une fréquence plus élevée (longueur d'onde plus courte), les ligaments reliant les gouttes primaires avant qu'elles ne se détachent sont plus courts et évoluent donc en plus petits satellites. Le mode centré à 165 μm résulte de la formation d'une goutte primaire par cycle d'excitation. Le dernier mode, centré à 205 μm , est associé à la formation d'une goutte résultant d'une colonne de liquide représentant deux longueurs d'onde. C'est pourquoi ce mode s'aligne presque parfaitement sur celui des gouttes primaires produites à une fréquence d'excitation de 25 kHz. Ce phénomène se produit parce que le jet est instable à des fréquences de 25 et 51 kHz. La longueur d'onde associée à 51 kHz est presque égale à la moitié de celle générée à 25 kHz. Par effet d'harmoniques, l'instabilité se manifeste aux deux longueurs d'ondes donnant des gouttes primaires de 165 et 205 μm .

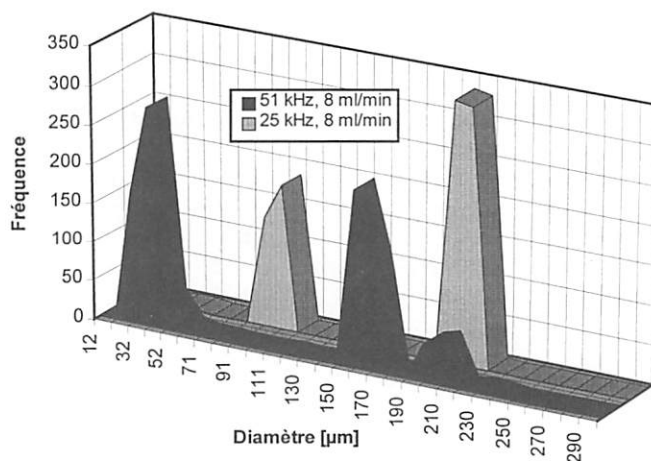


Fig. 3. Distributions de fréquence des diamètres. $Q = 8$ mL/min, 3100 tpm.

La Fig. 4 montre l'évolution du DMN des gouttes primaires en fonction de la fréquence pour les 4 vitesses de rotation utilisées et pour un débit de 8 mL/min. La courbe théorique est calculée à l'aide de l'éq. 1. D'une façon générale, toutes les courbes suivent bien la courbe théorique sauf aux plus basses fréquences. Aux basses fréquences, les satellites deviennent plus gros provoquant une diminution du diamètre des gouttes primaires. Aux fréquences intermédiaires, les courbes des données se situent légèrement sous la courbe théorique. Cette différence est encore attribuable à la présence de satellites de plus petites tailles. Aux fréquences plus élevées, les courbes des données ont tendance à se situer au-dessus de la courbe théorique. Tel qu'expliqué au paragraphe précédent, cette tendance s'explique par la formation de gouttelettes ayant un volume égal au volume du jet de liquide sur 2 longueurs d'onde. Il est remarquable que les courbes de données croisent la courbe théorique à une fréquence proche du double de la fréquence minimum à partir de laquelle le phénomène d'instabilité domine. Cette fréquence minimum correspond au maximum des courbes de données. Cette observation confirme l'explication donnée au paragraphe précédent concernant l'apparition d'un troisième mode dans la distribution de fréquence.

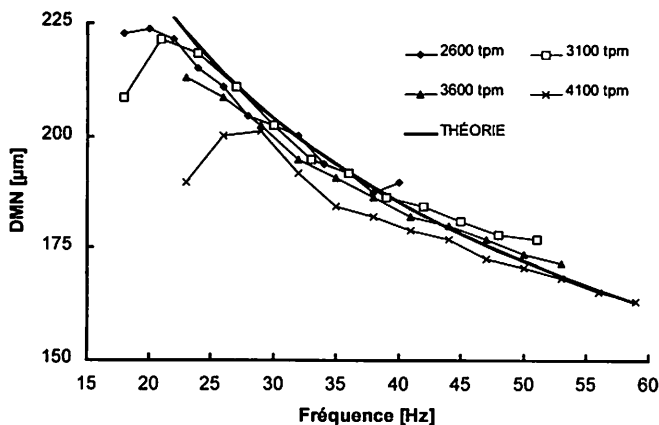


Fig. 4. DMN en fonction de la fréquence. Gouttes primaires. $Q = 8$ mL/min.

La Fig. 5 montre l'évolution du ratio DMV/DMN en fonction de la fréquence pour les gouttes primaires. Les conditions expérimentales sont les mêmes que celles se rapportant à la Fig. 4. À mesure que la fréquence augmente, le ratio chute rapidement. Cette chute indique la fréquence à partir de laquelle le phénomène d'instabilité domine. Le ratio DMV/DMN reste par la suite faible pour remonter graduellement à mesure que le troisième mode de la distribution des diamètres prend de l'amplitude. Pour déterminer des plages de fréquences où l'homogénéité du diamètre des gouttes primaires est acceptable, nous avons fixé le ratio DMV/DMN à une valeur maximum de 1,01. Les observations visuelles ont montré que pour un ratio DMV/DMN inférieur à 1,01, le patron de la chaîne de gouttes est toujours bien ordonné ce qui indique que le phénomène d'instabilité induit par la vibration du cristal domine. À la

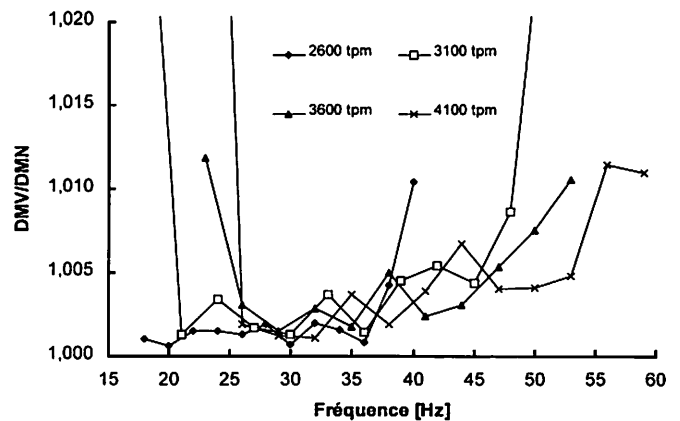


Fig. 5. DMV/DMN en fonction de la fréquence. Gouttes primaires. $Q = 8$ mL/min.

fréquence minimum de la plage correspond un diamètre maximum de goutte, DMN_{max} et à l'autre extrémité de la plage correspond le DMN_{min} .

L'évolution du diamètre des satellites avec l'augmentation de la fréquence est illustrée à la Fig. 6 pour les mêmes conditions que la Fig. 4. Le diamètre des satellites diminue avec la fréquence pour toutes les conditions. Cette observation est en accord avec celles que l'on peut effectuer sur la formation des satellites avec un jet stationnaire à l'exception qu'avec notre prototype, les satellites sont toujours présents. Les ratios DMV/DMN pour la population des satellites montrés à la Fig. 7 indiquent que l'étendue de la distribution des satellites est généralement faible. Sur cette figure, le pic observé à 28 kHz (3600 rpm) est bien réel. La formation des satellites résulte de phénomènes harmoniques complexes. À certaines fréquences précises, on peut observer des processus de formation de satellite particuliers qui donnent de telles données.

Pour un diamètre d'orifice fixe et pour un liquide donné, le ratio V_p/V_0 détermine le phénomène de l'instabilité du jet de liquide en fixant la cinématique du jet dans l'espace et

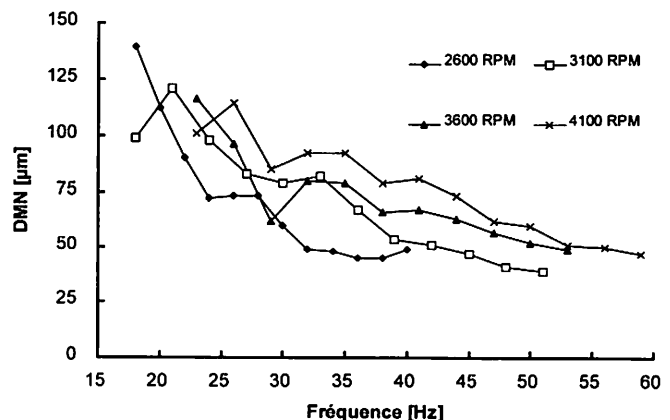


Fig. 6. DMN en fonction de la fréquence. Satellites. $Q = 8$ mL/min.

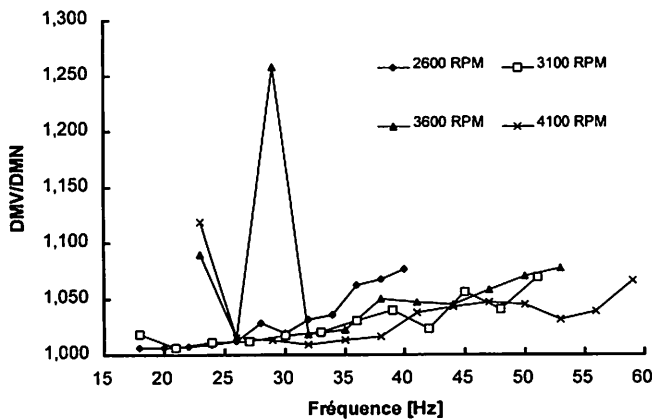


Fig. 7. *DMV/DMN* en fonction de la fréquence. Satellites. $Q = 8 \text{ mL/min}$.

l'intensité relative des forces aérodynamiques. Des régressions entre le DMN_{\min} , le DMN_{\max} et le ratio V_p/V_0 ont été calculées et sont présentées à la Fig. 8. Les symboles sur la figure montrent toutes les valeurs mesurées lors des expériences. Les DMN sont relatifs au D_0 qui est le diamètre théorique obtenu lorsqu'un jet de liquide stationnaire est excité à la fréquence optimum (voir Panneton 1987). Les ratios DMN/D_0 sont tous inférieurs à 1,0, ce qui indique que le prototype rotatif permet effectivement de produire des gouttes plus petites qu'avec un système ayant un orifice fixe dans l'espace. À mesure que le ratio V_p/V_0 augmente, les 2 courbes se rapprochent l'une de l'autre montrant que la gamme de DMN possibles diminue. La convergence de ces deux courbes était à prévoir. En effet, à mesure que le ratio V_p/V_0 augmente, les forces aérodynamiques prennent de plus en plus d'importance. À un certain point, celles-ci vont dominer pour contrôler la désintégration du jet de liquide, rendant l'excitation mécanique induite par le cristal piézo-électrique inopérante. Cette limite n'a pas été atteinte lors des expériences rapportées ici.

Les conditions sous lesquelles le volume de liquide

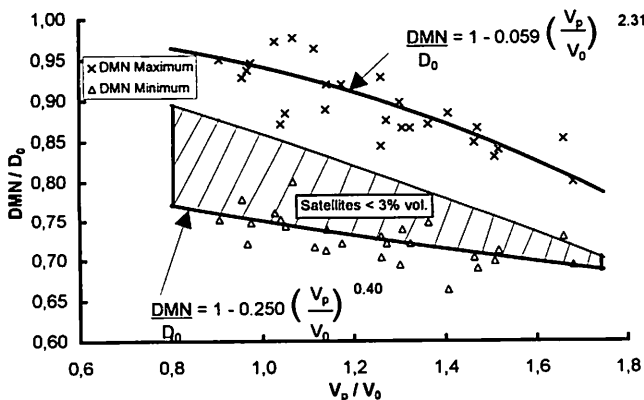


Fig. 8. Évolution du DMN/D_0 en fonction du ratio V_p/V_0 . Zone hachurée: moins de 3% vol. en satellites.

pulvérisé sous forme de satellite représente moins de 3% du volume total ont été identifiées. Sous cette condition, le calcul du diamètre des gouttes obtenu en prenant le diamètre d'une sphère dont le volume est égal au volume pulvérisé divisé par la fréquence d'excitation donne une précision de 1% en négligeant l'effet des satellites. La Fig. 8 montre en hachuré la plage correspondante. La limite inférieure de la plage se confond avec celle du DMN minimum et la limite supérieure est donnée par:

$$\frac{D_{\max}}{D_0} = 1 - 0.1526 \left(\frac{V_p}{V_0} \right)^{1.1421}; R^2 = 0.5869 \quad (1)$$

où D_{\max} est le DMN de la limite supérieure de la plage. La hauteur de la plage diminue avec une augmentation du ratio V_p/V_0 et est pratiquement nulle pour un ratio de 1,7.

Les résultats obtenus indiquent clairement que le prototype à l'étude n'est pas un générateur de gouttes de grosseur uniforme au sens strict. Toutefois, la séparation bien nette entre la population des satellites et celle des gouttes primaires permet, par des moyens mécaniques, de séparer le flot de satellites du flot de gouttes primaires. En effet, comme les satellites ne parcourent que quelques centimètres dans le plan perpendiculaire à l'axe de rotation avant de tomber en chute libre, il est facile de placer un écran récupérateur empêchant les satellites de s'échapper.

CONCLUSION

À l'aide du prototype à l'étude, nous avons démontré que:

L'instabilité d'un jet de liquide émis à partir d'un orifice monté sur la paroi d'un cylindre en rotation peut être excitée et contrôlée à l'aide d'un cristal piézo-électrique;

Le mouvement de rotation, par l'effet combiné de la cinématique du jet dans l'espace et des forces aérodynamiques, permet de produire des gouttes dont le diamètre n'est que de 1,26 fois le diamètre de l'orifice. Cette valeur est significativement plus petite que la valeur théorique de 1,89 pour un jet stationnaire;

L'augmentation du ratio de la vitesse périphérique du cylindre sur la vitesse radiale du liquide, V_p/V_0 , jusqu'à une valeur de 1,7 permet une diminution de la grosseur des gouttes;

La présence de satellites ne peut être évitée quand V_p/V_0 est supérieur à 0,9 mais il existe une plage de paramètres acceptable à l'intérieur de laquelle le volume des satellites représente moins de 3% du volume pulvérisé.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier M. Gilles St-Laurent, électronicien, pour son support technique constant tout au long du projet.

REFERENCES

- ASAE. 1994. ASAE Standard S3271. Terminology and definitions for agricultural chemical application. Dans *ASAE Standards 1990*, 140. St. Joseph, MI: ASAE.
- Bache D.H. 1985. Prediction and analysis of spray penetration into plant canopies. *Symposium on Application and Biology - BCPC Monogram 28*:183-190.

Bache D.H. et D.R. Johnstone. 1992. *Microclimate and Spray Dispersion*. Chichester, West Sussex, England: Ellis Horwood Limited.

Panneton B. 1987. Physical properties of liquids and droplet formation. *Proceedings of the Symposium on the Aerial Application of Pesticides in Forestry*. NRC no. 29197:21-35. Ottawa, ON, October 1987. National Research Council of Canada.

Panneton B., P.M. Roy et R. Thériault. 1991. A droplet generator producing narrow drop size spectra. *Transactions of the ASAE* 34:2355-2362.

Sharkey A.J. et D.W. Salt. 1987. Use of simulation to define an optimum deposit for control of a sedentary pest. *Aspects of Applied Biology* 14:267-280.