

OPTIMISER LA PULVERISATION

CONDITIONS D'APPLICATION OPTIMALES

L'efficacité d'un produit phytosanitaire est dépendante de facteurs extérieurs comme les conditions météorologiques, mais aussi du choix du matériel (buses), ou des adjuvants qu'il est nécessaire ou pas d'utiliser. Nous décrivons dans ce chapitre quelles sont les conditions favorables aux applications, comment choisir les buses, et comment adjuvanter sa bouillie.

▲ L'hygrométrie : critère le plus important de la pulvérisation



Elle agit sur la dilatation des cuticules, favorisant ainsi la pénétration des produits phytosanitaires et également sur la dessiccation des gouttelettes. Une faible hygrométrie va entraîner l'évaporation des gouttelettes les plus fines et donc limiter la pénétration foliaire des produits. A l'inverse, une hygrométrie saturée (brouillard) va entraîner une suspension du produit dans l'air et de ce fait une perte d'efficacité.

- L'hygrométrie optimale (pour les produits à absorption foliaire) se situe à **70 % et plus**. Plus elle est basse, plus elle est défavorable. Un pic d'hygrométrie est souvent constaté à la levée du jour.

▲ La rosée



Pas de problème pour traiter sur de la rosée, d'autant plus en bas volume. Il n'est pas nécessaire d'attendre que le feuillage soit sec pour traiter (sauf pour l'azote liquide).

- 0,1 mm de rosée = 1 000 l d'eau/ha

▲ Le vent



Le vent assèche les surfaces foliaires et crée des dérives par rapport à la zone ciblée, empêchant ainsi la pénétration des produits phytosanitaires.

L'arrêté du 12 septembre 2006, toujours en vigueur à l'heure de la rédaction de ce guide, interdit de traiter si la vitesse du vent est supérieur à 19 km/h.

- Traiter par vent calme. En général, la vitesse du vent est plus faible la nuit, en début de matinée ou en soirée après le coucher du soleil.

▲ La température



Elle est souvent déterminante sur l'efficacité ou la sélectivité du traitement. Eviter les amplitudes thermiques jour-nuit supérieures à 15° C ainsi que les interventions avec des températures $\geq 20^{\circ}$ C. Sauf pour quelques produits spécifiques (ex : KERB FLO), éviter les fortes gelées ($\leq - 2^{\circ}$ C) dans les 3 jours qui suivent le traitement. Cela pourrait provoquer des défauts de sélectivité.

- Les températures doivent être comprises **entre 5° et 20° C**.

▲ L'humidité du sol

Pour les produits racinaires, il est indispensable d'avoir une humidité du sol suffisante pour favoriser l'absorption racinaire. C'est le principal facteur de réussite du traitement.



⚡ Délai avant la pluie



Les pluies sont susceptibles de lessiver les produits appliqués. Ils sont plus ou moins sensibles au lessivage en fonction de leur formulation et de la vitesse d'absorption par les végétaux :

- les produits de contact (chlorotalonil...) sont plus sensibles au lessivage que les produits systémiques ;
- avec les produits racinaires, éviter les excès de pluviométrie après l'application pour réduire les risques de phytotoxicité et pour éviter les transferts de produits par écoulement en surface ou au niveau des réseaux de drainage.

➤ L'idéal est de ne pas avoir de pluie dans les **2 heures** suivant l'intervention phytosanitaire.

⚡ Stations météo connectées

Pour vous aider à intervenir dans les meilleures conditions, vous pouvez utiliser les données météorologiques issues du réseau de stations météo connectées, mis en place par la Chambre d'agriculture de Région Ile-de-France.

Pour cela, 2 possibilités, soit héberger une station à la ferme ou sur un site éloigné, soit vous abonner pour accéder au réseau de données.



Station météo Sencrop :

Données ultra locales : pluviométrie, hygrométrie, température, vent
Prévisions à J + 7

Personnalisation des seuils d'alerte (cumul de pluie, hygrométrie, température, vent...) avec possibilité de recevoir un SMS lorsque le seuil est atteint. Idéal pour déclencher une intervention dans les meilleures conditions.

Accès à toutes les stations du réseau Ile-de-France (près de 250 stations en 2018).

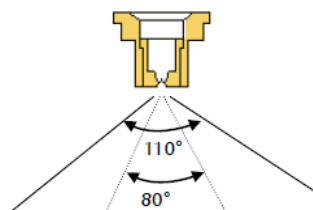
CHOIX DE LA BUSE

Cette étape est essentielle puisque c'est la buse qui va assurer le passage de la matière active vers la cible, en visant une bonne répartition et en limitant la dérive.

Une buse est caractérisée par : son angle, son calibre, sa pression d'utilisation, son spectre de gouttes et sa composition.

⚡ L'angle de la buse

En général, en grandes cultures, les buses ont un angle de 80° ou de 110°. La valeur de l'angle compose les 2 ou 3 premiers chiffres de la référence de la buse. Exemple : 8003 ou 11003.



Le réglage de la hauteur de rampe dépendra de l'angle de la buse pour obtenir dans tous les cas un triple recouvrement au niveau de la cible.

A 80°, la hauteur de rampe sera à 90 cm de la cible. A 110°, la hauteur de rampe sera à 50 cm de la cible.

Remarque : d'une façon générale, les buses à 80° sont moins sujettes au bouchage. Elles sont donc à privilégier pour les applications en bas volume (< 60 l/ha).

Si le pulvérisateur n'est pas équipé de dispositif automatique de contrôle de hauteur et de stabilité de la rampe, éviter les buses à 110° qui obligent à travailler avec une rampe très près du sol, difficile à stabiliser manuellement.

🚩 Le calibre de la buse

Le calibre définit le débit de la buse en l/minutes pour une pression donnée.

Il est codé en chiffre et en couleur de buse. Le calibre est représenté par les 2 ou 3 derniers chiffres de la référence de la buse. Exemple : 8002 ou 80025.

Du calibre de la buse dépendra le volume/ha auquel vous souhaitez traiter, en fonction de votre vitesse d'avancement et du nombre de buses par mètre.

Pour le calculer :

Débit (en l/min) = volume/ha (en l/ha) x vitesse (en km/h) x écartement buses (en cm) / 60 000

Par exemple, je souhaite traiter à 80 l/ha à 12 km/h avec des buses espacées de 50 cm, le débit de mes buses sera de 0,8 l/min.

Je reporte ensuite cette valeur de débit dans le tableau suivant et cela me donne plusieurs choix de calibre et de pression pour obtenir ce débit.

Débit des buses en l/min en fonction de la pression et du calibre

Pression (bar)	Calibre des buses								
	0.1	0.15	0.2	0,25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8
1	0,23	0,34	0,46	0,57	0,68	0,91	1,14	1,37	1,82
1,5	0,28	0,42	0,56	0,70	0,84	1,12	1,40	1,67	2,23
2	0,33	0,48	0,64	0,81	0,97	1,29	1,61	1,93	2,58
2,5	0,36	0,54	0,72	0,90	1,08	1,44	1,80	2,16	2,88
3	0,39	0,59	0,79	0,99	1,18	1,58	1,97	2,37	3,16
3,5	0,43	0,64	0,85	1,08	1,28	1,70	2,13	2,56	3,41
4	0,46	0,68	0,91	1,14	1,37	1,82	2,28	2,73	3,65

Pour notre exemple, nous avons 3 possibilités qui se rapprochent de notre objectif de débit :

- une buse jaune - calibre 0,2 que j'utiliserai à 3 bars.
- une buse lilas - calibre 0,25 que j'utiliserai à 2 bars.
- une buse bleue - calibre 0,3 que j'utiliserai à 1,5 bar.

Choisir ensuite un modèle de buse dont la plage de travail préconisée est centrée sur la pression. Ici pour notre cas : 1,5, 2 ou 3 bars.

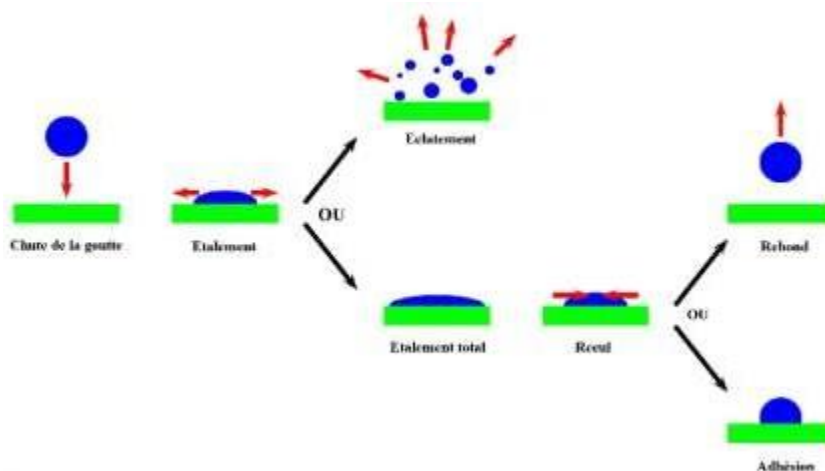
En principe, la pression optimale de pulvérisation est proche de 2 bars. Pour notre exemple, on optera pour le calibre 0,25.

🚩 La pression de pulvérisation

Elle est définie par le fabricant de la buse. Chaque buse a sa propre plage de pression de pulvérisation qui lui permet une bonne répartition de la bouillie et un spectre homogène de gouttelettes.

En faisant varier la pression, on agit sur la taille et le nombre de gouttes.

En baissant la pression, les gouttes seront plus grosses, moins sensibles à la dérive mais le nombre d'impacts sur la cible sera réduit, voire insuffisant sur des cibles de petite taille. De plus, une grosse goutte peut avoir un mauvais comportement au moment de l'impact sur la cible en rebondissant ou en s'éclatant, comme l'illustre la figure ci-dessous.



Comportement d'une goutte lors de l'impact selon Mercer and Sweatman, 2006

Enfin, une pression trop basse ne permet plus de former l'angle de pulvérisation entraînant un mauvais recouvrement entre buses.

Inversement, en augmentant la pression, on diminue la taille des gouttes et on augmente leur nombre. Plus les gouttes sont fines et plus elles vont atteindre des cibles difficiles d'accès comme l'arrière d'une feuille, d'un épi ou une végétation dense.

Une pression trop élevée entraînera beaucoup de dérive, voire l'évaporation des gouttes les plus fines. Pour que le produit contenu dans les gouttes ait le temps de pénétrer dans la plante, il faut que la goutte reste formée sur la feuille pendant 20 à 30 minutes après l'application.

Il faut donc porter beaucoup d'attention à la taille des gouttes, c'est ce qui est mesuré en caractérisant le spectre des gouttes.

🔺 Le spectre des gouttes

Le spectre, c'est la mesure du nombre et de la taille des gouttes issues de la pulvérisation.

La taille optimale des gouttelettes est comprise entre 250 et 350 µm. Une bonne buse devra donc générer le maximum de gouttes dans cette plage de diamètre.



Quelques ordres de grandeur :

Une goutte de rayon (r) = 500 µm contient autant de volume que 8 gouttes de rayon (r) = 250 µm (Rappel du volume de la sphère $V = 4/3 \times \pi \times r^3$).

Ces 8 gouttes vont permettre une surface de contact 2 fois plus importante que la goutte de 500 µm.

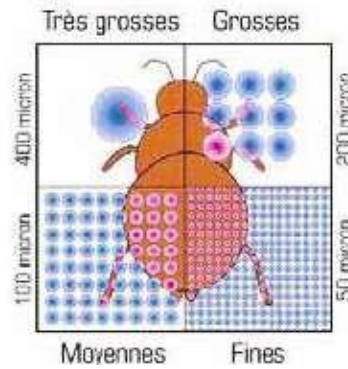


Illustration de la surface couverte en fonction du nombre et de la taille des gouttes, à volume de bouillie constant.

Pour vous aider dans le choix des buses, on retrouve plusieurs indicateurs selon les tests réalisés par les fabricants :

- Le % de gouttes fines sensibles à la dérive (inférieures à 100 µm) obtenues dans la plage de pression préconisée.
- Le VMD : valeur du diamètre des gouttes qui sépare le volume épandu en 2 parties égales.
- Le NMD : valeur du diamètre des gouttes qui sépare le nombre de gouttes épandues en 2 parties égales.
- Les valeurs du VMD et du NMD doivent être proches de 300 µm.
- Le rapport entre le VMD et le NMD doit être proche de 1.

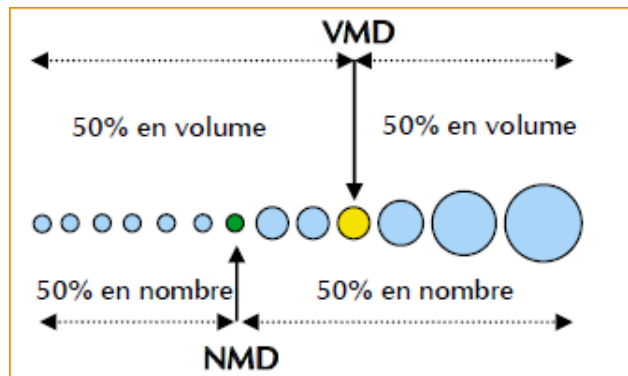


Illustration du VMD et NMD

Le 2^{ème} élément caractérisant une bonne qualité de pulvérisation est le nombre d'impacts au cm².

Attention, ce nombre d'impacts sera différent selon le traitement que l'on souhaite réaliser. Pour mesurer cette répartition sur la cible, il faut utiliser des papiers marqueurs comme les papiers hydrosensibles.

D'une façon générale, on peut retenir que le nombre d'impacts optimum pour les applications suivantes sont de :

Produits racinaires : 20 à 30 impacts/cm²

Produits systémiques : 30 à 50 impacts/cm²

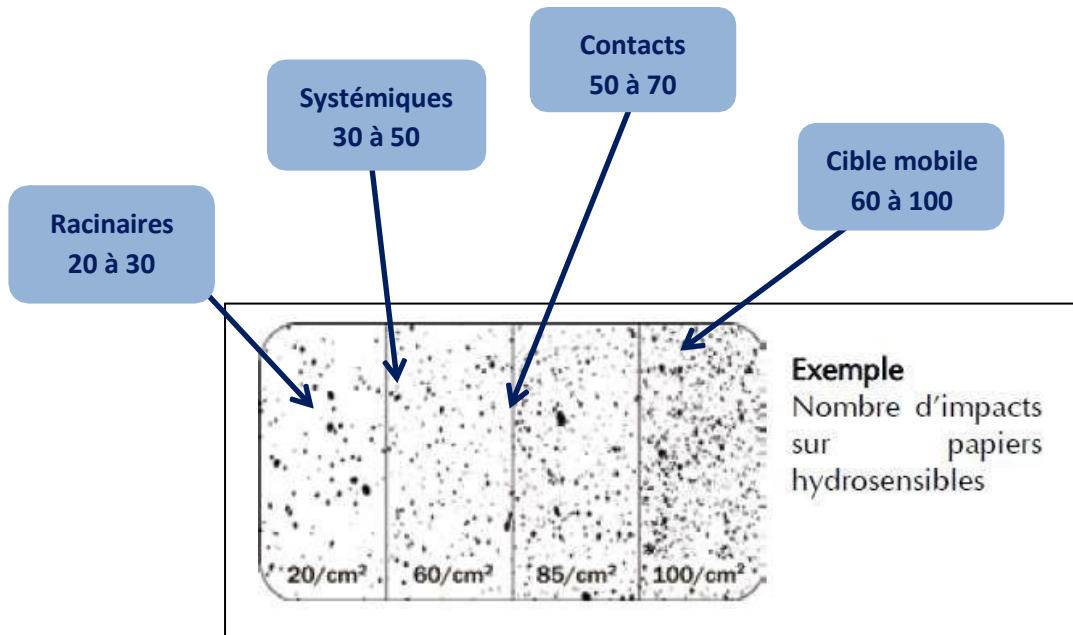
Produits de contact : 50 à 70 impacts/cm²

Cible mobile : 60 à 100 impacts/cm²

(Cas particulier des insecticides systémiques : 20 à 30 impacts/cm² seulement).



Représentation du nombre d'impacts au cm² :



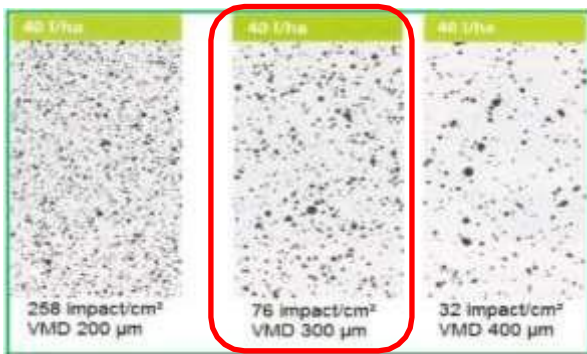
A quels volumes de bouillie correspondent ces préconisations ?

Dans le tableau ci-dessous, vous retrouvez le volume de bouillie (en l/ha) correspondant au nombre d'impacts/cm² et à la taille des gouttes.

Nombre de gouttes / cm ²	Taille des gouttes en µm			
	200	250	350	450
20	8,3	16,3	44,9	101
30	12,5	24,5	67,3	151,5
40	18,7	32,7	89,8	202
50	20,9	40,9	112,2	252,5
60	25,1	48,1	134,7	303
70	29,3	53,7	157,2	353,5
80	37,4	65,4	179,6	404
100	41,8	81,8	224,4	505

Le tableau montre que l'on peut réaliser l'ensemble des interventions (racinaires, systémiques, contact) avec des volumes compris entre 70 l/ha à 130 l/ha pour une taille de goutte de 350 µm.

Idem, en bas volume, on est capable de réaliser l'ensemble des interventions (racinaires, systémiques, contact), avec des volumes compris entre 25 et 50 l/ha mais avec une goutte plus petite (250 µm). Dans ce cas, attention, la goutte étant plus petite, il convient d'être encore plus vigilant quant aux conditions d'application pour que la goutte ne dérive pas ou ne sèche pas trop vite sur la cible. Pour cela, on choisira les adjuvants appropriés aux conditions de traitements (voir chapitre adjuvants).



Ci-contre un exemple de pulvérisation obtenu avec un volume de 40 l/ha et une buse ayant un VMD de 300 µm. Nous obtenons 76 impacts au cm², idéal pour des applications de produits de contact.

(Source : INRA)

En résumé, le choix d'une buse doit se raisonner selon la méthodologie suivante :

- à quel volume de bouillie dois-je traiter ? Ce choix dépend avant tout de la contenance du pulvérisateur et du besoin d'autonomie pour couvrir le maximum d'ha en un minimum de temps et éviter les retours à la ferme.

Par exemple, ma culture principale représente 120 ha. Mon appareil à une contenance de 3000 l.

A 25 l/ha, 1 remplissage suffira ; à 50 l/ha, 2 remplissages ; à 75 l/ha, 3 remplissages ; à 100 l/ha, 4 remplissages.

Dans notre cas, on optera pour 50 ou 75 l/ha pour limiter le nombre de retours à la ferme pour remplir.

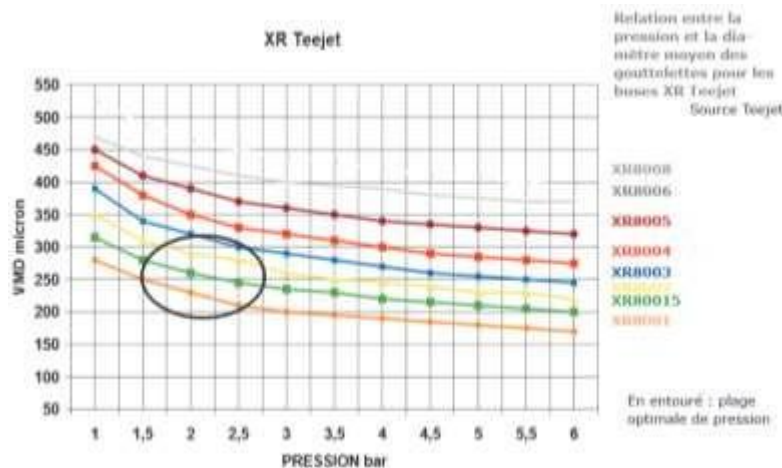
- Une fois ce volume/ha défini, on fixe sa vitesse de travail et on calcule le débit dont on a besoin. (voir paragraphe calibre de buse).

Si je traite à 50 l/ha, à 12 km/h, mon débit de buse sera de : 0,5 l/min. Je choisis une buse orange (calibre 0,15) à la pression de 2 bars.

Si je traite à 75 l/ha, à 12 km/h, mon débit de buse sera de 0,75 l/min. Je choisis une buse lilas (calibre 0,25) à la pression de 1,8 bar.

- Je recherche enfin la buse qui a le meilleur VMD dans une plage de pression proche de celle dont j'ai besoin.

Par exemple, sur le graphique ci-dessous, pour des buses de marque Teejet, les modèle XR offrent de bons VMD (250 à 350 µm) à la pression de 2 bars.



La composition de la buse

Il existe 3 matériaux : la résine, l'innox ou la céramique.

Les buses en résine sont les moins coûteuses mais elles s'usent très vite et surtout de façon irrégulière entre elles.

Les buses en inox sont dans la gamme de prix intermédiaires. Elle s'usent moins vite que les buses en résine et surtout l'usure reste régulière entre elles.

Les buses en céramique sont les plus chères et les plus résistantes mais elles restent très régulières entre elles en terme d'usure.

Préférer les buses usinées qui offrent une meilleure précision que les buses moulées.

L'usure des buses est le principal facteur de dysfonctionnement rencontré lors des contrôles. Des buses en mauvais état peuvent entraîner une variation de la quantité pulvérisée de 50 %.

Il faut compter une durée de vie comprise entre 50 et 80 ha par buse, selon la qualité de l'eau (forage) ou les adjuvants (sels) utilisés.

ORDRE D'INCORPORATION DES PRODUITS

L'incorporation des produits dans la cuve du pulvérisateur dépend de leur formulation. Une règle simple : incorporer les produits les moins solubles dans l'eau vers les produits les plus solubles.

Il faut commencer par remplir la cuve aux 2/3 d'eau du volume souhaité et mettre l'agitation en route, puis introduire les produits dans l'ordre suivant :

	Formulation	Exemple
1	Les produits ayant une action sur la qualité de l'eau	
	Acidifiant, correcteur de dureté, sulfate d'ammonium...	
2	Les formulations solides	
	1. les faibles doses de granulés < 100 g (WG)	ALLIE, SAFARI, GRATIL...
	2. les sacs hydrosolubles (WPS)	EMBLEM, VENZAR...
	3. les dispensables (WG)	ATLANTIS WG, GOLTIX...
	4. les poudres mouillables (WP)	LEGURAME PM...
3	Les formulations liquides	
	1. les suspensions concentrées (SC)	AMISTAR, OPUS...
	2. les suspo-émulsions (SE)	CAMIX, OPERA...
	3. les émulsions aqueuses (EW)	HORIZON EW, MAVRIK FLO...
	4. les suspensions huileuses (OD)	KALENKOVA, AUZON DUO...
	5. les concentrés émulsionnables (EC)	CYTHRINE L, MODDUS...
4	6. les liquides solubles (SL)	ETHEVERSE, ROUND UP...
	Les adjuvants	
	1. les tensio-actifs ou mouillants	HELIOSOL...
	2. les huiles	VEGELUX...

Enfin, compléter le dernier tiers d'eau pour atteindre le volume souhaité.