



Optimiser la pulvérisation

mai 2012

L'hypothèse d'apparition de résistance est souvent mise en avant lors d'échecs de traitement. Pourtant, les irrégularités d'efficacité proviennent bien souvent de défauts dans les paramètres de pulvérisation. Pour vous permettre d'optimiser votre pulvérisation, nous vous proposons de passer en revue les points essentiels.

Conditions d'application

Même avec un pulvérisateur performant et un adjuvant adapté, si les conditions d'application **le jour du traitement et les jours suivants** ne sont pas satisfaisantes, la qualité de pulvérisation ne permettra pas une efficacité maximale.

Les paramètres les plus importants à prendre en compte sont :

↳ Hygrométrie

Ce critère est essentiel notamment pour les produits phytosanitaires à action systémique. Une forte hygrométrie permettra d'assurer une hydratation suffisante de la cuticule des plantes pour permettre une bonne pénétration du produit et limiter le dessèchement de la goutte.

Préférez les applications tôt le matin ou tard le soir. La présence de rosée est souvent favorable aux applications.

Attention :

- il est préférable d'éviter les rosées ruisselantes.
- la plupart des produits phytosanitaires ont, des exigences bien définies en matière d'hygrométrie : reportez-vous aux étiquettes !

Plus vous utiliserez des volumes faibles par hectare, plus vous devrez être vigilant sur l'hygrométrie lors du traitement : **en dessous de 80 l/ha, il faut rechercher une hygrométrie proche de 80 % !**

↳ Température

Elle a une influence au niveau de la plante et du produit phytosanitaire utilisé.

au niveau de la plante

Lorsque la température est élevée, la circulation de la sève est accélérée par la transpiration. Lorsqu'elle devient trop élevée les plantes limitent leur transpiration en fermant leurs stomates pour se préserver. La pénétration et la circulation de la matière active dans les vaisseaux conducteurs sont alors réduites. Cela peut entraîner une accumulation de produits phytosanitaires dans la plante et causer des symptômes de phytotoxicité ou brûlures.

Attention :

- **Évitez les interventions aux heures chaudes ($T^{\circ}C > 25^{\circ}C$) de la journée !**
- Les **amplitudes thermiques sont également néfastes à l'efficacité** des produits phytosanitaires mais aussi à leur sélectivité. Des herbicides racinaires comme l'Isoproturon sont absorbés par les racines de la culture et détoxifiés dans les jours qui suivent. Mais lorsque les amplitudes thermiques entre le jour et la nuit sont supérieures à $15^{\circ}C$, cette détoxification n'est pas réalisée, ce qui peut entraîner une phytotoxicité traduite par une décoloration et un tassement de la végétation.

Ce même phénomène de tassement est également visible lors d'applications de Sulfonylurées à action anti-graminées (type Atlantis, Archipel, Octogon) suivies de périodes de gel dans les 5 jours suivants.

au niveau du produit phytosanitaire

Beaucoup de substances actives ont des plages optimales de températures. Il convient de les connaître et de bien les respecter pour bénéficier d'une efficacité maximale.

Par exemple, les herbicides à base d'hormones doivent s'utiliser entre 12 et $25^{\circ}C$. De même, les herbicides à base de Diflufenicanil s'utilisent entre 5 et $12^{\circ}C$.

au niveau de la qualité de pulvérisation

Plus la température est élevée, plus la vitesse de dessiccation des gouttes est importante. Il y aura donc moins de produit qui atteindra la plante.

↳ Humidité du sol

Ce critère est important pour les produits à action racinaire (urées substituées mais également beaucoup de Sulfonylurées !).

En sol sec, l'absorption du produit sera pénalisée et l'efficacité limitée. Mieux vaut alors décaler l'application pour intervenir sur un sol ré-humecté.



Appliqués en sol sec, certains herbicides (exemple : Harness Microtech) ont la capacité de se réactiver si la ré-humectation du sol survient au maximum 3 semaines après l'application.

Attention : dans ce cas, les levées antérieures d'adventices ne seront pas contrôlées, le produit ne prenant effet qu'au moment de la ré-humectation.

D'autres herbicides racinaires (notamment ceux utilisés sur colza) présentent un effet film, qui permet de contrôler les levées échelonnées. Dans ce cas, veiller à ne pas travailler le sol après l'application du produit.

↳ Caractéristiques du sol

Les taux d'argile et de matières organiques influencent également l'efficacité des produits phytosanitaires. Lorsque ces taux sont élevés, les matières actives sont bloquées par le sol et moins efficaces.

Par exemple, il est déconseillé d'utiliser des herbicides racinaires à base d'urées substituées lorsque la teneur en argile du sol est supérieure à 20 %. De même, l'efficacité du Kerb flo est réduite lorsque le taux de matière organique est supérieur à 4%.

↳ Vitesse du vent

Il est conseillé d'éviter de traiter avec un vent trop fort, pour permettre de toucher au mieux la cible et limiter les risques de dérive.

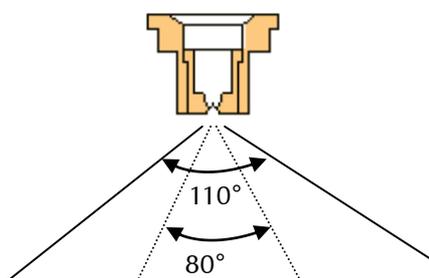
Degré Beaufort	Terme descriptif	Km/h	Signes visibles	Degré Beaufort
0	calme	moins de 1	On ne sent pas le vent, la fumée s'élève verticalement.	Bonnes conditions de traitement (prendre des précautions par temps chaud: risque accru de volatilisation des produits).
1	très légère brise	1 à 5	On sent très peu le vent; sa direction est révélée par la fumée qu'il entraîne, mais non par les girouettes.	Bonnes conditions de traitement.
2	légère brise	6 à 11	Le vent est perçu au visage; les feuilles frémissent, les girouettes tournent.	Bonnes conditions de traitement.
3	petite brise	12 à 19	Les drapeaux légers se déploient; les feuilles et les rameaux sont sans cesse agités.	Augmentation du risque de dérive des embruns de pulvérisation, prendre des précautions en particulier avec les herbicides en cas de présence de cultures avoisinantes sensibles. Il est recommandé, si on ne peut pas différer le traitement, d'utiliser des moyens permettant de limiter la dérive.
4 à 12	forte brise à ouragan	20 et plus	Le vent soulève la poussière, les feuilles et les morceaux de papier. Il agite les branches, les cheveux sont ébouriffés, les vêtements claquent.	Ne pas traiter en pulvérisation ou poudrage.

Choix de la buse

La buse est l'organe de pulvérisation le plus important. Son rôle est d'assurer la meilleure couverture possible de la cible (végétal ou insecte) tout en limitant la dérive.

Une buse se caractérise par son angle, son débit / calibre, sa pression d'utilisation, sa composition.

↳ **Angle de la buse** : En grandes cultures, les angles de buses les plus répandus sont **80°** et **110°**.

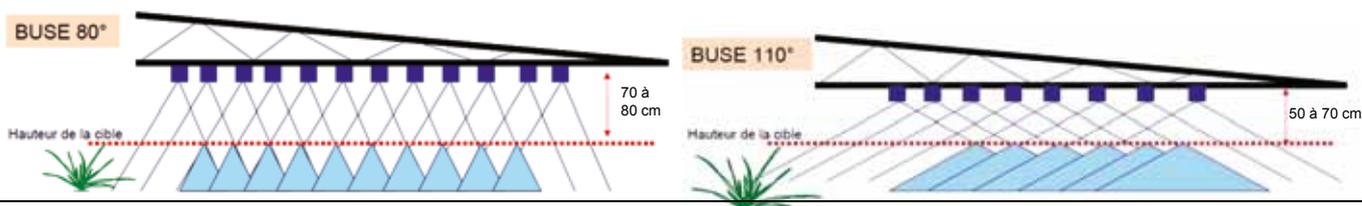


Les buses 80° par leur constitution sont moins sensibles aux risques de bouchage que les buses 110°. Elles sont à privilégier pour les applications à bas volume (< à 80 l/ha).

Cette réduction d'angle implique de positionner la rampe à une hauteur plus élevée (70 à 90 cm au-dessus de la cible contre 60 à 70 cm pour une buse 110°). Ceci n'est pas contradictoire avec les pratiques des agriculteurs pratiquant le bas volume en pulvérisant à des vitesses élevées.

Concernant la dérive, il est plus difficile de conclure. Les buses 80° offrent l'avantage de générer un spectre de gouttelettes plus grossier que les buses 110° mais exigent une hauteur de rampe plus importante.

Pour permettre un bon recouvrement des jets et garantir une bonne qualité de pulvérisation, il est donc recommandé de bien choisir la hauteur des rampes. Celle-ci dépend de l'angle des buses.



↳ Débit

Le débit de la buse dépend de :

- ❶ la quantité de bouillie à épandre (l/ha)
- ❷ la vitesse d'avancement (km/h)
- ❸ l'écartement entre les buses (cm)

Q
V
L

Il est calculé selon la formule suivante : $\text{Débit (l/min)} = (Q \times V \times L) / 60\,000$

Exemple : pour traiter à 12 km/h avec un volume de 80 l/ha et avec un écartement de 50 cm entre les buses, quel débit de buse faut-il ?

Réponse : Il faut un débit de 0,8 l/min, soit $(80 \times 12 \times 50) / 60\,000$.

Couleur	Calibre	Débit à 3 bars (l/min)	Volume/ha à 12 km/h (l/ha)
ROSE	0075	0,3	30
ORANGE	01	0,4	40
VERT	015	0,6	60
JAUNE	02	0,8	80
LILAS	025	1	100
BLEU	03	1,2	120
ROUGE	04	1,6	160
MARRON	05	2	200
GRIS	06	2,4	240
BLANC	08	3,2	320
BLEU CLAIR	10	4	400

Relation débit / calibre

La norme ISO 10625 établit, selon un code couleur, le débit nominal de la buse en litre par minute à une pression de 3 bars.

Dans l'exemple, cela correspond à un calibre 02, soit une buse de couleur jaune.

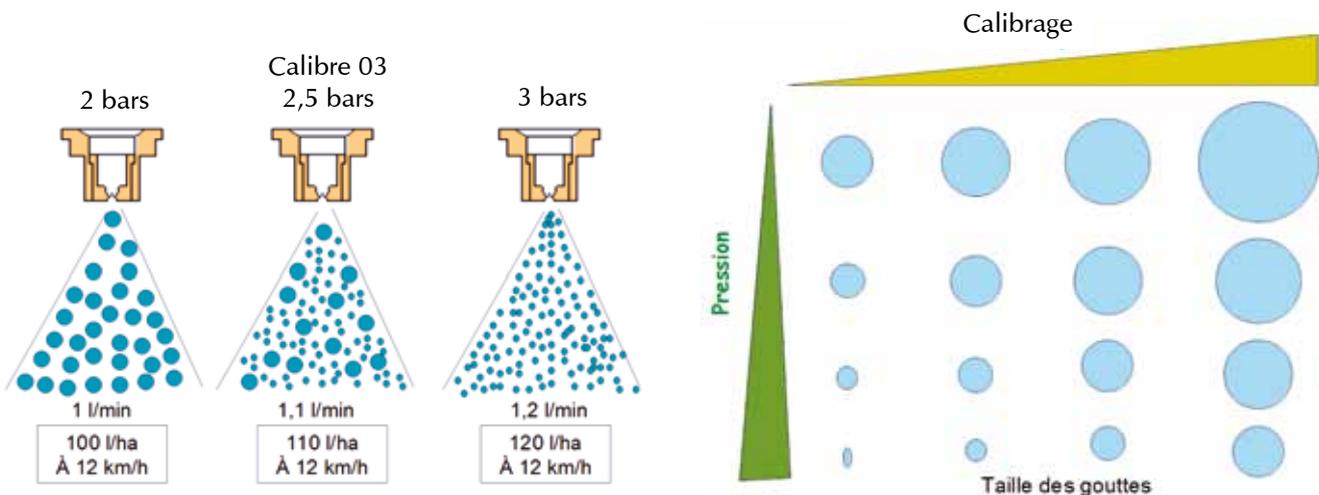
↳ Pression d'utilisation

La pression d'utilisation dépend du modèle de buse utilisé.

Chaque buse possède une gamme de pression d'utilisation, garantie du bon fonctionnement souhaité par le fabricant, notamment avec l'angle de pulvérisation. L'angle de pulvérisation conditionne la hauteur de rampe et la répartition homogène du produit, mais aussi le spectre de gouttelettes choisi. La taille et le nombre de gouttelettes varient avec la pression. Une pression trop élevée engendre une forte proportion de fines gouttes sensibles à la dérive.

Attention : pour une même buse, le volume par hectare augmente avec la pression.

Bien vérifier que la pression affichée dans le tracteur est la même que celle en sortie de buse.



Effet de la pression sur le volume d'eau

Relation entre pression et calibrage



Type de buse	Principe	Pression d'utilisation	Prix indicatif (€/ha)	Limite de vent (km/h)
<p>Buse à fente classique</p>	<p>Elle possède un orifice en forme de fente et produit un jet plat appelé jet pinceau.</p> <p>Elle est utilisée pour la plupart des traitements phytosanitaires.</p> <p><i>Exemple : NOZAL RFX et AFX, TP Teejet, APE Albuz</i></p>	<p>2 à 3 bars</p> <p>mini. 1,7 bars</p>	<p>3 €/ha</p>	<p>6 – 7 km/h</p>
<p>Buse basse pression</p>	<p>L'intérêt majeur de ces buses est de travailler à de faibles pressions tout en gardant l'angle du jet constant dès un niveau de pression de 1 à 1,2 bars.</p> <p>Le fait de travailler à de faibles pressions permet de limiter la formation de fines gouttelettes et par conséquent de limiter la dérive.</p> <p><i>Exemple : XR Teejet, AXI Albuz, ALX ou nRLX Nozal</i></p>	<p>1,5 à 2,5 bars</p> <p>mini. 1 bar</p>	<p>4 à 7 €/ha</p>	<p>10 km/h</p>
<p>Buse à pastille de calibrage</p>	<p>Une pastille calibrée placée en amont de la buse délimite une chambre de décompression.</p> <p>La chute de pression qui intervient à l'intérieur de la chambre en aval permet d'obtenir des gouttelettes de taille supérieure à une buse à fente classique de même calibre.</p> <p><i>Exemple : DG Teejet, ADE ou ADI Albuz, LD Hardi</i></p>	<p>2 à 3 bars</p> <p>mini. 2 bars</p>	<p>7 €/ha</p>	<p>10 km/h</p>
<p>Buse miroir</p>	<p>L'orifice de calibrage débouche sur une chambre de décompression, ce qui permet d'obtenir des gouttes assez grosses.</p> <p>Hauteur de rampe recommandée : 40 cm.</p> <p><i>Exemple : TT Teejet</i></p>	<p>1,5 à 3 bars</p> <p>mini. 1,5 bars</p>	<p>10 €/ha</p>	<p>10 km/h</p>
<p>Buse à injection d'air</p>	<p>Le principe consiste à charger les gouttes d'eau de bulles d'air afin d'augmenter leur taille.</p> <p>L'air est aspiré par simple effet venturi, par l'intermédiaire d'un orifice d'aspiration.</p> <p><i>Exemple : AI Teejet, AVI Albuz, ARX ou RRX Nozal</i></p> <p>Des buses à injection d'air basse pression existent également. L'effet venturi est obtenu pour des pressions plus faibles (1 à 2 bars). Elles sont plus polyvalentes mais non homologuées pour les ZNT.</p> <p><i>Exemple : Hardi minidrift</i></p>	<p>3 à 6 bars</p> <p>mini. 2 à 3 bars</p>	<p>8 à 11 €/ha</p>	<p>15 km/h</p>

↳ **Composition**

Différents types de matériaux sont disponibles : la résine, l'inox, la céramique.

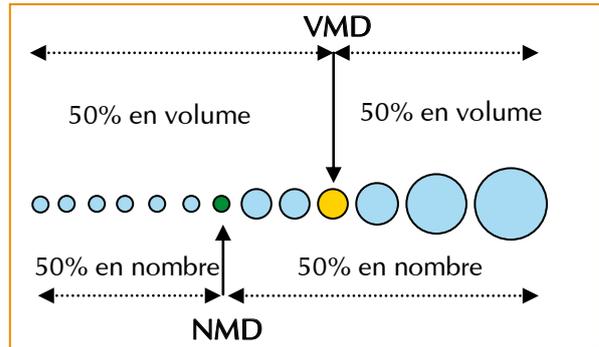
Taille des gouttes

Le VMD (Diamètre Volumétrique Médian) et le NMD (Diamètre Numérique Médian) caractérisent une buse.

- le VMD partage le volume en 2 classes égales
- le NMD partage le nombre de gouttes en 2 classes égales.

Pour obtenir un spectre de goutte homogène, il faut rechercher un rapport VMD/NMD le plus proche possible de 1.

Exemples : TECNOMA Girojet : 1,2 à 3 / Buse à fente classique : 2 à 8 / Buse miroir : 4 à 12



Le bon choix entre le calibre de la buse, la vitesse d'avancement et la pression permet également d'obtenir une taille de goutte permettant une bonne qualité de pulvérisation.

La taille optimale des gouttes est comprise entre 250 et 350 µm.



Attention : la formulation des produits a également une influence sur la taille des gouttes.

Certaines formulations diminuent la taille des gouttes.

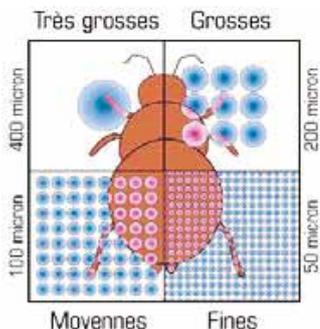
Formulation	WG	SC	SL	EW	EO	EC
<i>Exemple</i>	<i>Archipel</i>	<i>Opus</i>	<i>Roundup</i>	<i>Horizon EW</i>		<i>Celio</i>
Taille des gouttes	Tendance à faire des gouttes fines			Gouttes fines à moyennes		Grosses gouttes

Nombre d'impacts

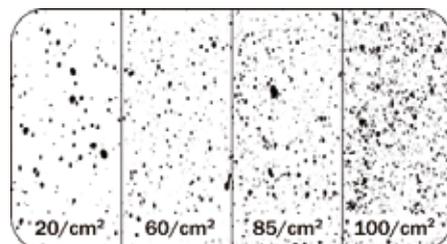
Le nombre optimal d'impacts en fonction de la cible choisie est repris dans le tableau ci-dessous

		Nombre d'impacts à rechercher / cm	
HERBICIDE	prélevée	20 - 30	
	post levée	SYSTEMIQUE	30 - 40
		CONTACT	50 - 70
FONGICIDE	systemique	30 - 40	
	contact	60 - 70	
INSECTICIDE	systemique	20 - 30	
	contact	30 - 40	
	ingestion	30 - 40	

(d'après Ducange, 1990)



L'efficacité du traitement est liée à la qualité de répartition de la bouillie. Elle dépend du nombre d'impacts, de la taille des gouttes.



Exemple
Nombre d'impacts sur papiers hydrosensibles

↳ **Trucs & astuces** ↳

Pensez à tester votre qualité de pulvérisation grâce à des papiers hydrosensibles !



Qualité de l'eau

L'eau utilisée pour préparer la bouillie de pulvérisation peut avoir plusieurs origines : eau de pluie, eau issue du réseau public, prélèvement dans une mare, ... Cette diversité lui confère des propriétés spécifiques qui peuvent altérer l'efficacité des produits phytosanitaires et doit la faire passer au premier plan !

L'eau se caractérise par :

→ **pH** (potentiel hydrogène)

Les produits phytosanitaires possèdent tous des plages optimales de pH. Par exemple, le glyphosate, les régulateurs à base d'Ethéphon ou les pyrèthres sont plus stables à pH < 5. Les sulfonylurées (Nicanor, Archipel, ...) sont plus stables à pH de 7. D'autres produits sont moins sensibles : le Challenge 600 est stable pour une plage de pH allant de 3 à 9.

→ **dureté**, qui définit par la quantité en ions minéraux chargés positivement tels que le calcium ou le magnésium. Sa mesure se fait en degré français (°f). Une eau est dite douce à moins de 15°f et une eau est dite dure à plus de 35°f.

Les ions minéraux contenus dans une eau dure neutralisent l'efficacité des matières actives utilisées. Le Glyphosate, les Sulfonylurées (mésosulfuron), les Dimes et les Pyrèthrinoides sont les plus sensibles.

Plusieurs solutions sont possibles pour corriger ou atténuer la dureté de l'eau :

- baisser les volumes utilisés car il y aura moins d'ions Ca^{2+} ou Mg^{2+} par rapport à la quantité de matière active.
- utiliser des adjuvants correcteurs de dureté (exemple : Actimum, Activa, Symbiose, ...)

Exemple : 1 % de sulfate d'ammonium pour 100 litres d'eau permet de neutraliser l'ensemble des eaux dures.

→ **conductivité électrique** qui traduit la minéralisation totale. Sa valeur varie en fonction de la température. Elle est donnée à 20°C.

En pulvérisation, une eau avec une bonne conductivité permet aux produits systémiques de mieux pénétrer dans la plante (échanges possibles avec la feuille) (source : ANITTA).

Exemple : Une eau d'excellente conductivité présente 400 à 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ soit 200 à 250 mg/l de minéraux dissous. Au-delà de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ soit 750 mg/l de minéraux dissous, l'utilisation de l'eau est déconseillée.

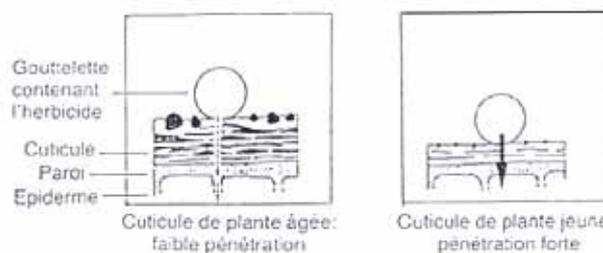
Intervenir au bon stade avec la bonne dose

La dose, fonction du ravageur, de son stade et des conditions d'application

Les herbicides

La quantité de cires présente dans la paroi des feuilles augmente avec l'âge des plantes. Les cotylédons et la première feuille sont peu pourvus de cires, ce qui les rend plus perméables aux produits phytosanitaires.

Par conséquent, plus vous interviendrez en bonnes conditions sur des stades jeunes, plus la dose utilisée pourra être abaissée car plus efficace.



Attention : Exceptions du gaillet et du tournesol (repousses) qui sont très peu perméables au stade « cotylédons » et qu'il vaut mieux traiter au stade « 1 feuille ».

Exemple du CELIO : dose conseillée sur vulpin en fonction du stade

	Stade 1 – 3 F	Stade tallage	Stade redressement
Dose de CELIO	0,2 l/ha + huile 1 l	0,3 l/ha + huile 1 l	0,4 l/ha + huile 1 l

(Source : Arvalis)

Autres interventions

Il est important de tenir compte de l'efficacité curative ou préventive des matières actives choisies afin de ne pas les positionner en dehors de leur plage optimale.

Beaucoup de fongicides possèdent une action préventive dominante et une faible action curative. Une application même à forte dose sur une infestation installée en septoriose ou rouille brune ne suffira pas pour permettre une efficacité maximale.

Dans le cas des insecticides, certaines matières actives s'emploient en début d'infestation (ex : Teppeki sur pucerons des épis) et d'autres peuvent être utilisées sur populations installées (ex : Pirimor G sur pucerons).

Baisser les volumes d'eau

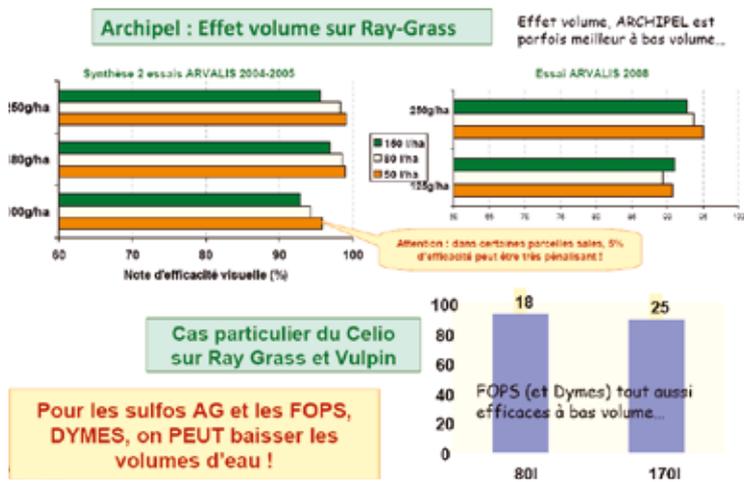
La diminution des volumes d'eau présente plusieurs avantages :

- ➔ **augmentation des débits de chantiers**, permettant de traiter davantage d'hectares en bonnes conditions. Cette technique nécessite d'être très vigilant sur les conditions d'application et d'adapter les buses et le système de filtration. Les vitesses d'avancement sont comprises entre 12 et 18 km/h.
- ➔ **réduction des éléments minéraux dans l'eau de pulvérisation**, ce qui limite leur effet sur le pH et la dureté (donc l'impact sur les produits phytosanitaires).
- ➔ **Concentration de la bouillie** en matières actives, adjuvants et co-formulant, augmentant l'efficacité des produits utilisés (notamment les produits systémiques qui pénètrent mieux dans la plante).

Cette technique est surtout efficace pour les matières actives foliaires systémiques.

Attention : Le glyphosate et les anti-graminées foliaires (FOP, DIMES, Sulfonylurées antigaminées) sont les plus sensibles à la baisse du volume d'eau.

Influence du volume / ha : de réelles possibilités de travailler avec des volumes plus faibles avec les systémiques



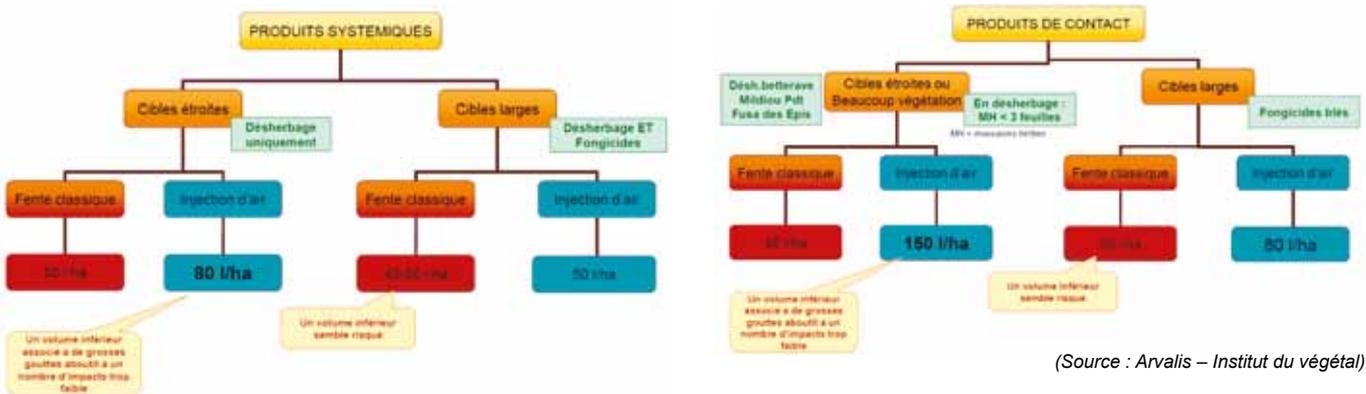
Pour les sulfos AG et les FOPS, DYMES, on PEUT baisser les volumes d'eau !

(Source : Arvalis – Institut du végétal)

Les diverses expérimentations réalisées montrent une **bonne efficacité des volumes jusqu'à 50 - 60 l/ha**. En dessous (30 – 40 l/ha), il est plus difficile de conclure, ce qui confirme que cette technique demande beaucoup d'attention quant au choix des conditions d'application, des buses et des adjuvants utilisés.

En bonnes conditions et sur certains produits, les bas volumes peuvent être associés à des réductions de doses pouvant aller jusqu'à 20 ou 30 %. Des essais en cours et à venir en région Bourgogne tentent de vérifier si des réductions plus fortes sont possibles.

Le volume minimal dépend donc du produit utilisé (contact ou systémique) et de la buse choisie. Les graphiques ci-dessous ont pour objectif de vous aider à mieux comprendre la relation entre les 3. Ils sont donnés à titre indicatif et sont bien sûr à adapter selon votre contexte.

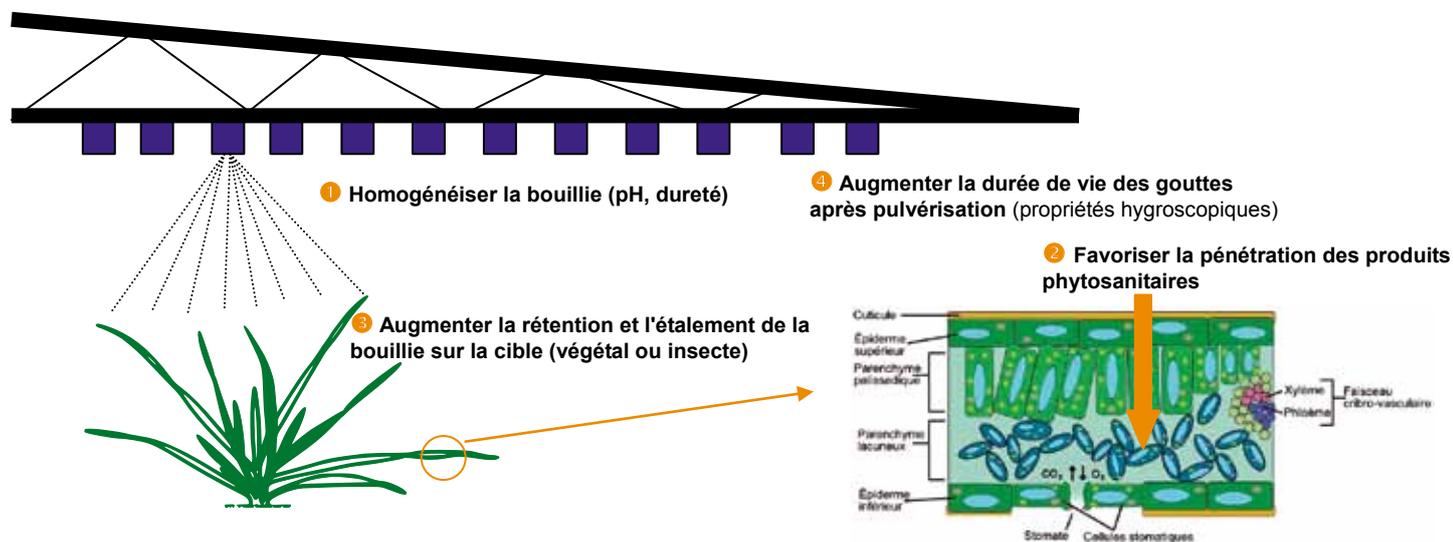


(Source : Arvalis – Institut du végétal)



Utilisation des adjuvants

L'utilisation des adjuvants permet d'améliorer la qualité de pulvérisation en conférant certaines propriétés à la bouillie.



Le choix de l'adjuvant ou de l'association d'adjuvants est complexe car elle est dépendante du produit utilisé et des effets attendus.

Ordre d'introduction dans la cuve

Les formulations des produits phytosanitaires sont parfois incompatibles physiquement et/ou nécessitent des ordres d'introduction spécifiques dans la cuve.

Dans une cuve sous agitation, remplie au 2/3 d'eau, il est préférable d'introduire les produits dans l'ordre suivant :

Ordre	Formulation	Exemple
1	Produits ayant une action sur la qualité de l'eau correcteur de dureté, acidifiant, homogénéisation de la bouillie	<i>Sulfate d'ammonium, X-Change, Symbiose</i>
2	Formulations solides 1- les faibles doses < à 100 g de granulés (WG) 2- les sacs hydro-solubles (WPS) 3- les dispersibles (WG) 4- les poudres mouillables (WP)	<i>Allié, Primus Emblem Archipel, Unix Mancozèbe</i>
3	Formulations liquides 1- les suspensions concentrées (SC) 2- les suspo-émulsions 3- les émulsions aqueuses (EW) 4- les suspensions huileuses (OD) 5- les concentrés émulsionnables (EC) 6- les liquides solubles (SL)	<i>Opus Opéra Horizon EW, Mavrik flo Alister, Kalenkoa Sherpa 10, Celio Caramba Star, Cycocel</i>
4	Les adjuvants 1- les tensio-actifs ou mouillants 2- les huiles minérales ou végétales	<i>Heliosol, Li700 Actirob B, Vegélux</i>

A retenir : Les conditions à réunir pour réussir son traitement ...

Vitesse du vent
Maximum 19km/h

Baisse de volume
⚠️
➔ Etre attentif aux conditions de passage
➔ Bien régler son matériel (buses, filtre, ...) et sa préparation (adjuvants, ...)

Le jour du traitement et les 5 jours suivants ...
Hygrométrie
Minimum 60%
Eviter les rosées ruisselantes

Température
Maximum 25°C
Eviter les amplitudes thermiques > 15°C

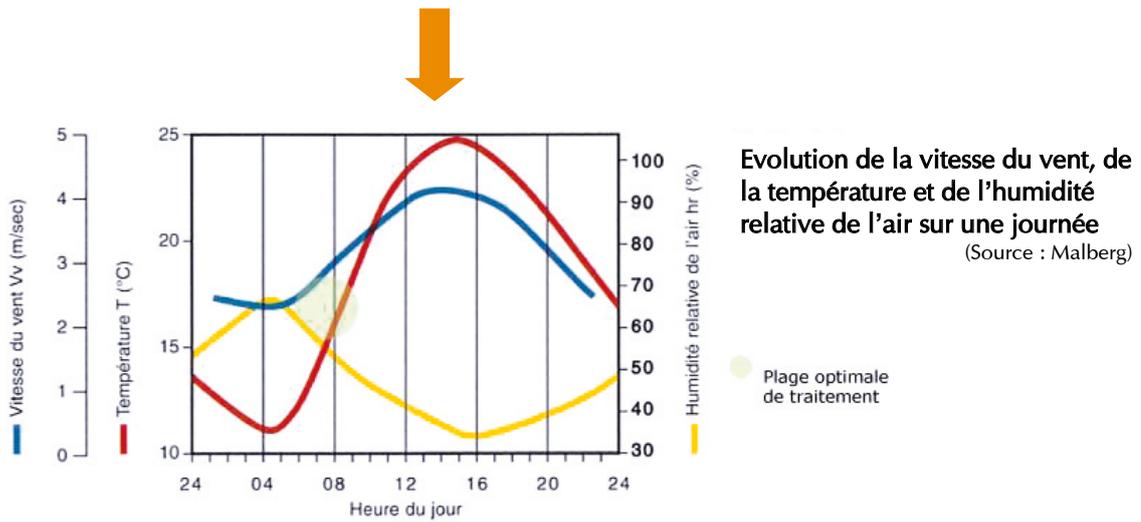
Sol ré-humecté si application d'herbicide à action racinaire

Hauteur des rampes
adaptée à la buse

Buses
adaptées au volume choisi et à la vitesse

Adjuvant
avec fonctionnalité adaptée

Dose appliquée
adaptée à la cible, à son stade et aux conditions d'application



& n'oubliez pas les indispensables ...



Les équipements de protection individuels (EPI) permettent de limiter les risques de toxicité par les produits phytosanitaires pour la santé de l'homme.

La présence d'une station météo ou d'un anémomètre sur l'exploitation ou dans le tracteur permet d'intervenir dans les meilleures conditions.



Choix des adjuvants

↳ Définition

Les adjuvants facilitent l'amélioration des performances des produits phytosanitaires (rétention et/ou étalement) et peuvent diminuer les effets néfastes comme le ruissellement ou la dérive. Ce ne sont pas des pesticides et n'ont pas d'action comme les produits phytosanitaires.

Ils ne remplacent pas les interventions en bonnes conditions ($T^{\circ}C < 25^{\circ}C$ et hygrométrie $> 60\%$) mais leur sont complémentaires. Ils ne peuvent pas non plus suffire à diminuer les doses de produits utilisés.

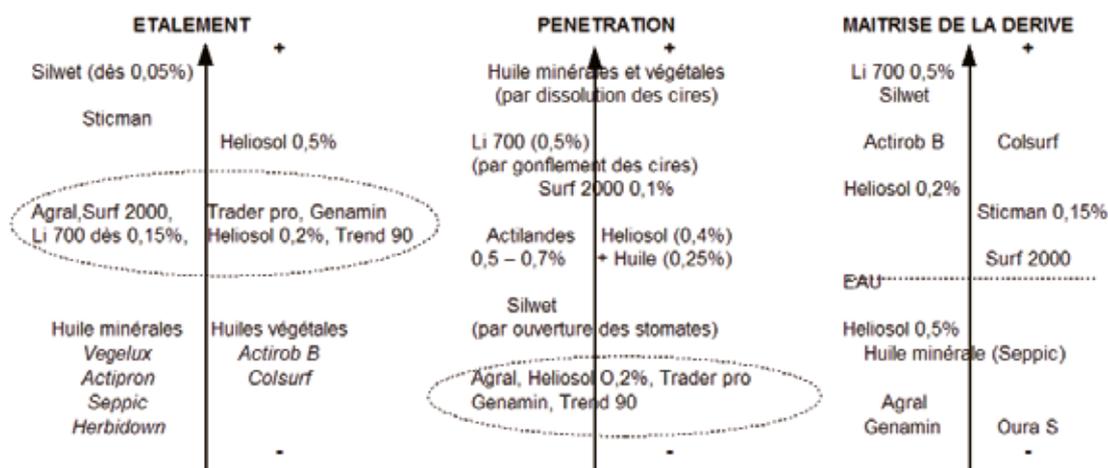
↳ Rôle des adjuvants

Les adjuvants confèrent à la bouillie différentes propriétés :

Fonction	Définition des adjuvants
Étalement	<p>↳ permettent la rétention et l'étalement des gouttelettes de la bouillie en diminuant les tensions superficielles à la surface de celles-ci.</p> <p><i>Ex : Li 700, Herbidown, Sticman, Silwet L-77, Heliosol, Genamin, Agral, Surf 2000</i></p>
Pénétrant	<p>↳ favorisent la pénétration du produit en agissant sur la cuticule de la feuille par fusion ou gonflement des cristaux de cire.</p> <p><i>Ex : Silwet L-77, Velezia, Li700, Herbidown, Vegelix, Actirob B</i></p>
Rétention	<p>↳ favorisent le maintien des gouttelettes de la bouillie sur la feuille au moment de l'impact, grâce à une réduction du rebond et en fonction de la mouillabilité de la surface du végétal.</p> <p>La couche externe de la cuticule peut être recouverte de cires cristallines ou de poils qui limitent la rétention et l'étalement des gouttes.</p> <p><i>Ex : Sticman, Silwet L-77</i></p>
Adhésivité	<p>↳ favorisent le maintien de la bouillie après l'impact. Apporte une meilleure résistance au lessivage voire à l'évaporation.</p> <p><i>Ex : Sticman, Biofix</i></p>
Limitation de la dérive	<p>↳ les gouttelettes les plus fines ($< 100 \mu m$) se dispersant dans l'atmosphère. les adjuvants anti-dérive homogénéisent la taille des gouttelettes en limitant les plus petites.</p> <p><i>Ex : Li 700, Silwet L-77</i></p>
Humectant	<p>↳ permettent de maintenir l'hygrométrie à la surface de la feuille : évite la cristallisation de la matière active et l'évaporation de la bouillie.</p> <p><i>Ex : sulfate d'ammonium</i></p>
Anti-mousse	<p>↳ empêchent la formation de mousse dans la cuve lors de la préparation de la bouillie.</p>
Homogénéisation de la bouillie	<p>↳ permettent de neutraliser les eaux dures, de tamponner le pH et/ou stabiliser la bouillie (présence de tensio-actifs).</p> <p><i>Ex : X-Change, (sulfate d'ammonium), Symbiose</i></p>
Acidifiant	<p>↳ Certaines matières actives sont rapidement dégradées dans un milieu basique ($pH > 7$) ce qui diminue leur efficacité. Les acidifiants permettent de maintenir le pH entre 5 et 7.</p> <p><i>Ex : X-Change, Li 700</i></p>



↳ Fonctions des adjuvants



(Source: SC²)

Les différents adjuvants

PRODUIT	COMPOSITION	HOMOLOGATIONS				Coût (€)	Commentaires
		Herbicides	Insecticides	Fongicides	Régulateurs		
HUILES (= Pénétration)							
Végétale	ACTIROB B <i>Colsurf Mix In</i>	286 g/l dérivés d'acide gras végétaux + 430 g/l d'huile de pin	2 l/ha	2,5 l/ha (pyrale)		3,8 €/l	— Bonne efficacité avec les anti-graminées foliaires mais agressif si amplitudes thermiques après application
	ACTILANDE TM <i>Mediator pro</i>	842 g/l d'huile de colza esterifiée	1 l/ha				
Huile minérale	SCHERING	Huile minérale paraffinique					— Dose pratique : 1% du volume d'eau
	VEGELUX	684 g/l	3 l/ha				
	VELEZIA	946 g/l	5 l/ha				
	HERBIDOWN	790 g/l	1 l/ha				
		725 g/l	3 l/ha				
MOUILLANTS (= Rétention et étalement)							
HELIOSOL <i>Calanque</i>	665 g/l Alcools terpéniques	0,50%	0,20%	0,20%	0,50%	14 €/l	— Polyvalent
SILWET L77 <i>Pulvi-X</i>	830 g/l heptamethyltrisiloxane modifié	0,10%	0,10%			47 €/l	— Possible à 0,01% — Limite la dérive — Etalant puissant
LI 700 <i>Elton / Elvis Transit / Amourette</i>	355 g/l Lecithine de soja	0,50%			0,50%	9,4 €/l	— Acidifiant — Limite la dérive
STICMAN	450 g/l Latex synthétique		0,14%	0,14%		40 €/l	— Adhésif
SURF 2000 <i>Arma / Armoblen Super Nova / Spartan</i>	Polysorbate 50% + Polymere d'amines gras 50%	0,10%		0,15%	0,10%	29 €/l	— Polyvalent
TRADER PRO <i>Avess</i>	104 g/l Sulfate de magnésium				0,10%		— Mouillant non ionique
GENAMIN T200 BM <i>Maxima</i>	732 g/l Polyoxyethylene amine	0,50%					—
TREND 90	900 g/l Alcool isodecylrique	0,10%					—
AGRAL MAXX <i>Estravon</i>	250 g/l Octylphenol octaglycol ether	0,05%		0,05%	0,05%	20 €/l	— Mouillant non ionique
EMULSOL	285 g/l Ester de polyethylene glycol d'alkylphenol		0,05%	0,05%		14 €/l	— Pénétrant
HURRICANE	860 g/l Ester sulfurique et acides gras sulfones	0,05%	0,05%	0,05%		29 €/l	— Adhésif — Etalant et anti-rebond
GLIFOR <i>Regain</i>	800 g/l d'amine grasse de suif éthoxylé	0,50%				5,2 €/l	— Pénétrant

Ce tableau reprend les spécialités les plus utilisées. Pour plus de détails, www.e-phy.agriculture.gouv.fr.

PRODUIT	COMPOSITION	HOMOLOGATIONS				Coût (€/ha)	Commentaires
		Herbicides	Insecticides	Fongicides	Régulateurs		
MOUILLANTS AVEC EFFETS SUR LA QUALITE DE L'EAU							
ACTIVA <i>Stimul Actimum Jonxion</i>	460 g/l de sulfate d'ammonium	2,2 l/ha		2,2 l/ha			<ul style="list-style-type: none"> — Propriété hygroscopique — Neutralise la dureté — - Acidifiant
BIOFIX	860 g/l d'Esters sulfuriques d'alcools gras, d'esters d'acides gras sulfonés et d'abiétate de diéthylèneglycole	0,05%	0,05%	0,05%			<ul style="list-style-type: none"> — Pouvoir adhésif — Fluidifie la bouillie — Utilisable pour les traitements de semences — A mettre en dernier dans la cuve
PHYTECO	108 g/l Triethanolamine + 21,6 g/l Polymère complexe d'éthylène et de propylène	0,30%					<ul style="list-style-type: none"> — Homogénéisation de la bouillie — Non huileux donc pas d'effet loupe
SYMBIOSE	N total 5,2% 12,7% P ₂ O ₅ Alkylpolyglucosides	0,15 à 0,3%	0,15 à 0,3%	0,15 à 0,3%	0,15 à 0,3%		<ul style="list-style-type: none"> — Engrais foliaire — Régule le pH — Dose pratique 0,15%
X-CHANGE	Sulfate d'ammonium + propionate d'ammonium	0,15 à 0,25%	0,15 à 0,25%	0,15 à 0,25%	0,15 à 0,25%	12,1 €/l	<ul style="list-style-type: none"> — Neutralise la dureté de l'eau — Stabilise la bouillie — cidifie (pH < 5) — A mettre en premier dans la cuve (3 min avant)

Utiliser les adjuvants à bon escient

Le conseil d'utilisation d'adjuvants n'est pas chose aisée dans la mesure où les références disponibles sont très diverses et difficilement vérifiables / reproductibles car elles **dépendent surtout des conditions d'application**.

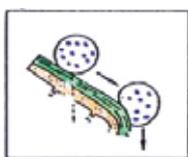
HERBICIDES

Pour mieux comprendre l'intérêt des adjuvants avec les herbicides, il est nécessaire d'expliquer deux notions importantes : la mouillabilité et la perméabilité des cuticules vis à vis des matières actives.

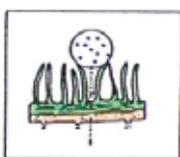
► **La mouillabilité** : Il s'agit de la capacité des plantes à retenir les gouttes issues de la pulvérisation.

Ceci s'explique par les propriétés des surfaces foliaires :

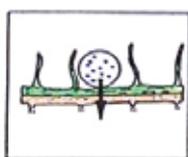
- ➔ **la morphologie des cires épicuticulaires** : les plantes mouillables se composent essentiellement de cires amorphes (angle de contact < 90°), alors que les plantes peu mouillables se composent de cires cristallines (angle de contact > 130°),
- ➔ **la présence de nervures** qui augmente la rétention des matières actives
- ➔ **le port de la plante** : les dicotylédones présentent des feuilles horizontales, ce qui les expose davantage aux pulvérisations alors que les graminées avant montaison présentent des feuilles dressées et fines ce qui réduit leur exposition aux pulvérisations (la tendance s'inverse après montaison).
- ➔ **la pilosité** : une forte pilosité (cas du brome) ou à l'inverse une feuille glabre (cas du vulpin) réduisent la pénétration des matières actives.



Feuille glabre :
tendance au lessivage



Forte pilosité :
faible pénétration



Faible pilosité :
pénétration favorisée

Les adjuvants auront donc un intérêt sur les plantes peu mouillables ou à forte pilosité.

► **La perméabilité** vis-à-vis des matières actives est issue de la diversité morphologique, structurale et chimique des cuticules. Par exemple, la cuticule de la stellaire est mouillable mais très peu perméable à l'loxynil.



Propriétés des surfaces foliaires de quelques espèces (Welker, 1979)

Espèces		Pilosité	Cires cristallines	Angle de contact	Mouillabilité
Graminées	Blé	Abondante	Oui	132°	faible
	Chiendent	Abondante (face supérieure)	Oui	134°	faible
	Folle avoine	Glabre	Oui	134°	faible
	Vulpin	Glabre	Oui	136°	faible
Dicotylédones	Gaillet	Abondante	Non	< 30°	élevée
	Matricaire	Glabre	Non	88°	moyenne
	Moutarde	Abondante	Non	99°	moyenne
	Pensée	Glabre	Non	98°	élevée / moyenne
	Stellaire	Glabre	Non	104°	élevée
	Véronique	Abondante	Non	90°	élevée

ANTIGRAMINEES

Racinaires <i>Isoproturon, chlortoluron Trooper / Fosburi Prowl 400</i>	Foliaires <i>Fop (Celio, Baghéra) Dimes (Stratos Ultra) Dens (Axial Pratic)</i>	Racinaires et foliaires <i>Archipel, Atlantis WG, Lexus Octogon / Droid</i>
<p>Peu d'intérêt des adjuvants.</p> <p>Possibilité d'utiliser des adjuvants permettant de limiter la dérive lors de la pulvérisation (type Silwet L77).</p> <p>Eviter les associations avec des anti-graminées foliaires et l'huile car cela favorise une absorption foliaire (au lieu d'une absorption racinaire) ce qui réduit la détoxification de la matière active dans la plante. Ex : limiter l'isoproturon à 750 g si mélange avec Celio + huile 1l.</p>	<p>L'utilisation d'un adjuvant permet de régulariser l'efficacité sur graminées peu mouillables (type vulpin).</p> <p>Huile : Possibilité d'utiliser de l'huile soit minérale, soit végétale. Ex : Celio 0,2 l + Huile 1l</p> <p>Mélange d'adjuvants : Les mélanges d'adjuvants type mouillant + sulfate d'ammonium ou huile + mouillant + sulfate d'ammonium paraissent aussi très intéressants. Ils associent rétention, pénétration et propriétés hygroscopiques. Ex : Atlantis 300 g + Surf 2000 0,1 % + Actimum 1 l</p> <p>Grâce à leur formulation et leur mode d'action, les mouillants sont plus sélectifs que les huiles, ce qui limite les effets de tassement souvent visibles en sortie d'hiver (amplitudes thermiques).</p> <p>Cas particulier : Sur brome, la pénétration du produit à travers la forte pilosité nécessite le recours à des mouillants spécifiques type Glifor ou Genamin T200 BM. Ex : Attribut 60 g + Génamin T200 BM 0,5 %</p>	

Propositions de mouillants selon l'herbicide

HELIOSOL CALANQUE MEDIATOR	L1700 ELTON ELVIS	SURF 2000 ARMA	SILWET L77	STICMAN	GENAMIN	Sulfate d' ammonium
CELIO BAGHERA ENERGY PUMA ILLOXAN CE	CELIO PUMA	ARCHIPEL ATLANTIS WG (sur vulpin)	MONITOR ATTRIBUT ARCHIPEL ATLANTIS WG (sur vulpin)	Peu adapté aux herbicides	MONITOR ATTRIBUT ARCHIPEL ATLANTIS WG (sur brome, ray- grass et vulpin)	ARCHIPEL ATLANTIS WG (régularise l'efficacité)

HELIOSOL CALANQUE MEDIATOR	LI700 ELTON ELVIS	SURF 2000 ARMA	SILWET L77	STICMAN	GENAMIN	Sulfate d' ammonium
ANTI-DICOTYLEDONES						
Racinaires <i>Butisan S</i>	Contacts <i>Foxpro D+ (Bifenox)</i> <i>Allié Express (Carfentrazone)</i>		Racinaires et foliaires <i>Allié Max / Star Sx</i> <i>Quattro II / Arbalete</i>		Foliaires <i>Bofix / Ariane</i> <i>Starane Gold</i>	
– Peu d'intérêt car absorption racinaire. – Adjuvant anti-dérive possible	– Ne surtout pas utiliser d'huile – Mouillant possible (Silwet L 77) avec des effets aléatoires sur l'efficacité		– Formulation suffisamment adjuvantée pour ne pas nécessiter de complément		– Peu d'intérêt des adjuvants Préférer les applications avec de la température.	

Cas particulier : Le Lontrel 100 nécessite l'utilisation d'huile pour permettre une bonne pénétration dans les adventices.

INSECTICIDES

Peu d'effet des adjuvants (lutte contre les pucerons des céréales par exemple).

Cas particulier : Il est possible d'améliorer la couverture de la plante dans les traitements à bas volume (< 100 l/ha) en utilisant des mouillants type Heliosol, Silwet L77 ou Sticman notamment pour les interventions sur de fortes biomasses (lutte contre les méligèthes sur colza ou les pucerons à la floraison des pois).

REGULATEURS

Les adjuvants ont surtout un intérêt en conditions difficiles (manque d'hygrométrie, faible réceptivité de la plante). Leur effet est visible dans un cas sur 2.

L'acidification de la bouillie permet également de régulariser leur efficacité (exemple du LI 700).

Ex : Cycocel C5 2 l + Li 700 0,5 %.

Attention : Eviter les mélanges Herbicides + Régulateur + Huile qui se montrent très agressifs.

FONGICIDES

Peu de références sont disponibles. Néanmoins, nous pouvons faire une distinction en fonction du mode d'action.

CONTACTS <i>Chlorothalonil</i>	SYSTEMIQUES <i>Triazoles, SDHI</i>
<p>Même si certaines formulations sont bien adjuvantées, il existe un intérêt des adjuvants pour permettre une meilleure rétention du produit sur la feuille, un meilleur étalement et une moindre sensibilité au lessivage.</p> <p>Ex : Visclor 500 L 1,5 l + Sticman 0,1% sur pois ou blé tendre d'hiver.</p> <p>Des essais, à confirmer, montrent également un bon comportement du Pictor Pro en mélange avec le Sticman dans la lutte contre le Sclérotinia.</p>	<p>Les nouveautés (type Osiris Win ou Bell Star) sont suffisamment adjuvantées pour ne pas nécessiter l'ajout d'adjuvants.</p> <p>Toutefois, pour des applications en bas volume, des mélanges avec un mouillant et du sulfate d'ammonium permettent de limiter la dérive et de conserver un peu d'hygrométrie autour de la goutte, notamment pour les formulations SL (Caramba Star).</p> <p>Ex : Caramba Star + Silwet L 77 0,1% + Actimum 11</p> <p>Ne surtout pas mélanger avec de l'huile.</p>



Bientôt des références disponibles ... sur la pulvérisation « bas volume »

Un programme d'expérimentation régional sur la pulvérisation bas volume démarre pour la campagne 2012-2013, dans le cadre de l'action « Systèmes de culture innovants, Ecophyto 2018, 0 herbicide ? » conduite en partenariat entre Arvalis – Institut du végétal, Chambres d'Agriculture de Bourgogne, Dijon Céréales, 110 Bourgogne, ...

Ses objectifs sont d'évaluer la pertinence de la technique de pulvérisation bas volume, en particulier de :

- Tester l'efficacité de la pulvérisation bas volume et ultra bas volume sur les mauvaises herbes en fonction des herbicides utilisés
- Evaluer l'impact de la technique de pulvérisation bas volume sur l'émergence des résistances des mauvaises herbes aux produits phytosanitaires

Ceci sera réalisé selon un protocole partagé entre les différents partenaires du programme, animé et coordonné par Arvalis – Institut du végétal en lien avec la Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne.



Action réalisée dans le cadre du programme régional de recherche de références – expérimentation – développement « **Communiquer sur les techniques et systèmes économes en phytosanitaires en Bourgogne - valorisation des références** » avec le soutien financier de



Avec la contribution financière de compte d'affectation spéciale « Développement agricole et rural »



Contacts :

Chambre d'Agriculture de Côte d'Or – Tél. 03 80 28 81 20

Chambre d'Agriculture de Saône et Loire – Tél. 03 85 29 56 12

Chambre d'Agriculture de Bourgogne – Tél. 03 80 48 43 00

Chambre d'Agriculture de la Nièvre – Tél. 03 86 93 40 60

Chambre d'Agriculture de l'Yonne – Tél. 03 86 94 22 22

Crédits photographiques : Chambre d'Agriculture de Bourgogne – Marie-Sophie Petit, Photos©Jérôme CHABANNE ; Chambre d'Agriculture de l'Yonne – Richard WYLLEMAN.