

La pulvérisation

1- Le nombre d'impacts à rechercher

Il va dépendre du mode d'action du produit phytosanitaire utilisé : produit racinaire, produit de contact, produit translaminaire, produit systémique.

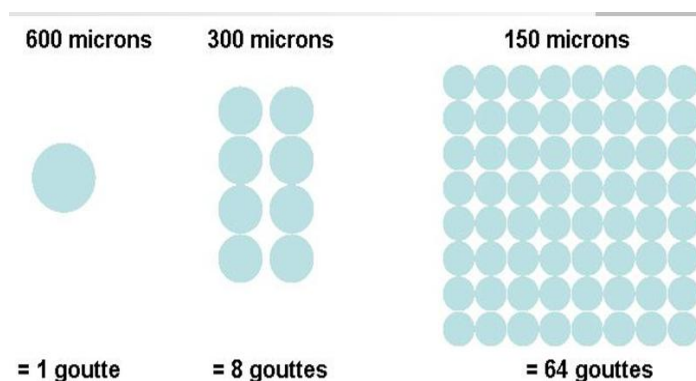
Type de produit	Impact/cm ²
Désherbant post-levée systémique	20 à 30
Insecticide systémique	20 à 30
Désherbant prélevée systémique	30 à 40
Insecticide de contact ou par ingestion	30 à 40
Herbicide systémique ou pénétrant	40 à 50
Fongicide systémique	40 à 50
Désherbant prélevée de contact	50 à 70
Désherbant post-levée de contact	50 à 70
Fongicide de contact	50 à 70
Herbicide de contact	50 à 70

Il est bien évidemment impossible de modifier le réglage de son matériel en permanence, un compromis doit être trouvé : 50 à 60 impacts/cm² permet d'effectuer l'ensemble des traitements dans de bonnes conditions.

2- La taille des gouttes à rechercher

La taille des gouttes est le point le plus important à surveiller. Une norme internationale que l'on retrouve sur les abaques des constructeurs de buses permet de savoir ce que l'on fait en fonction de la pression de travail et de l'angle de la buse utilisée.

Classe	Taille des gouttes en micron	
TF : très fines	< 150	Risque de volatilisation et de dérive
F : fines	200 à 300	Taille de gouttes à rechercher
M : moyennes	300 à 400	
G : grosses	400 à 500	Buses anti-dérives
TG : très grosses	> 500	Risque de ruissellement

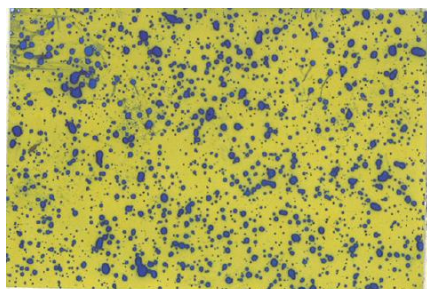


Il ne faut jamais oublier que plus les gouttes sont grosses, plus le volume/ha appliqué est important.

Le même volume de bouillie correspond à une goutte de 600 μ ou à 8 gouttes de 300 μ ou 64 gouttes de 150 μ .

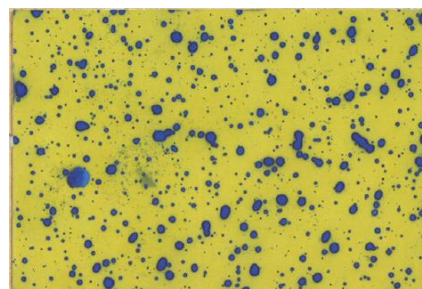
Le seul moyen d'estimer la taille des gouttes et donc la qualité de la pulvérisation est d'utiliser du papier hydrosensible qui va permettre d'apprécier la taille des gouttes et leur homogénéité, comme présenté dans les deux photographies (Touquin le 15/11/2012) ci-dessous :

Buses dérive limitée ALBUZ orange 110 01
2 bars



Nombre d'impacts estimé > 120/cm²

Buses anti dérives NOZAL ADX jaune 120 02
2 bars



Nombre d'impacts estimé : 60 à 80/cm²

3- Le volume d'eau

La relation entre nombre d'impacts/cm² et taille des gouttes va donc déterminer le volume appliqué comme le montre le tableau ci-dessous :

Taille des gouttes en μ	Nombres d'impacts/cm ²					
	20	30	40	50	60	70
< 150	Risque d'évaporation et de dérive					
150	3,5 l/ha	5 l/ha	7 l/ha	9 l/ha	11 l/ha	12 l/ha
250	16 l/ha	24 l/ha	33 l/ha	41 l/ha	48 l/ha	54 l/ha
350	45 l/ha	67 l/ha	90 l/ha	112 l/ha	135 l/ha	157 l/ha
450	101 l/ha	151 l/ha	202 l/ha	252 l/ha	303 l/ha	353 l/ha
550	Buses anti-dérives à injection d'air					
>650	Risque de ruissellement					

4- La vitesse d'avancement

Une vitesse élevée est possible. Cet avancement rapide va permettre de diminuer le volume/ha.

Mais une vitesse d'avancement rapide va limiter la pénétration de la bouillie dans une végétation dense.

Il est nécessaire de choisir sa vitesse d'avancement en fonction du volume d'eau/ha désiré, de la pression aux buses et par conséquent du type de buse utilisé.

5- Le choix des buses

Les buses présentes sur le marché sont nombreuses.

L'objectif est d'utiliser une buse qui fasse des gouttes de l'ordre de 250 à 350 μ à une pression la plus basse possible.

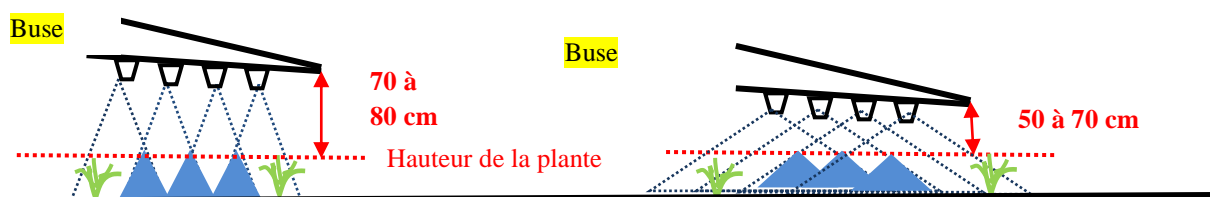
Réglementairement, l'utilisation de buses homologuées pour réduire les ZNT est indispensable. Exemple de buses proposées par les constructeurs pour répondre à ces objectifs :

Constructeur	Buse basse pression	Buse anti-dérive
Teejet	XR	AL
Nozal	ALX ou RLX	ARX ou RRX
Albuz	AXI	AVI

Une classification ISO10625 permet, via un code colorimétrique, de définir le volume délivré à une pression de 3 bars pendant 1 minute. Ces données sont mesurées avec de l'eau.

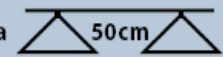
Angle	80 ou 110	80 ou 110	80 ou 110	80 ou 110	80 ou 110	80 ou 110	80 ou 110	80 ou 110	80 ou 110
ISO	01	015	02	025	03	04	05	06	08
Couleur	orange	vert	jaune	lilas	bleu	rouge	marron	gris	blanc
Débit l/mn à 3 bars	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.6	2.0	2.4	3.2
Volume l/ha à 12km/h	40	60	80	100	120	160	200	240	320

A pression égale, les buses 80 produisent moins de gouttes fines que les buses 110, mais ces dernières permettent de travailler avec une rampe qui sera 50 % plus proche de la cible pour obtenir un triple recouvrement (voir dessin ci-dessous).



Dans l'abaque présentée ci-dessous, la différence de taille de gouttes produites par une buse de 80° ou de 110° est identifiée dans le cercle rouge. On constate qu'avec des buses jaunes de type DG, il est fait des grosses gouttes avec des buses de 80° et des moyennes si on utilise des 110°.

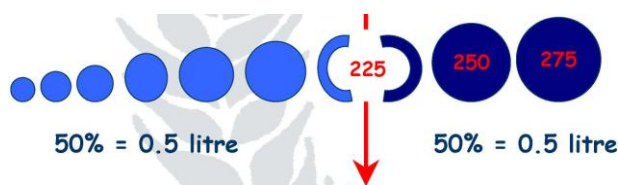
Le chiffre identifié dans le cercle noir, indique le maillage du filtre recommandé par le constructeur en fonction du type de buse utilisé.

Type de buse	Pression (bar)	TAILLE DES GOUTT-ELETTES		DÉBIT D'UNE BUSE EN l/min	l/ha 									
		80°	110°		4 km/h	5 km/h	6 km/h	7 km/h	8 km/h	10 km/h	12 km/h	16 km/h	18 km/h	20 km/h
DG80015† DG110015 (100)	2,0	M	M	0,48	144	115	96,0	82,3	72,0	57,6	48,0	36,0	32,0	28,
	2,5	M	F	0,54	162	130	108	92,6	81,0	64,8	54,0	40,5	36,0	32,
	3,0	M	F	0,59	177	142	118	101	88,5	70,8	59,0	44,3	39,3	35,
	4,0	M	F	0,68	204	163	136	117	102	81,6	68,0	51,0	45,3	40,
DG8002† DG11002 (50)	2,0	C	M	0,65	195	156	130	111	97,5	78,0	65,0	48,8	43,3	39,
	2,5	M	M	0,72	216	173	144	123	108	86,4	72,0	54,0	48,0	43,
	3,0	M	M	0,79	237	190	158	135	119	94,8	79,0	59,3	52,7	47,
	4,0	M	M	0,91	273	218	182	156	137	109	91,0	68,3	60,7	54,
	5,0	M	M	1,02	306	245	204	175	153	122	102	76,5	68,0	61,

$$\frac{\text{Volume de bouillie à épandre/ha} \times \text{Vitesse d'avancement en km/h} \times \text{Ecartement entre buse en cm}}{60\,000} = \text{Débit}$$

Chambre d'agriculture de Seine-et-Marne – Pôle Agronomie et Environnement
Tel : 01 64 79 31 19 ; E-mail : agriculture77_eau@seine-et-marne.chambagri.fr

Cette formule permet de déterminer le débit à la buse en litre/minute à 3 bars qu'il faut choisir.



La taille de gouttes indiquée dans l'abaque ci-dessus correspond au VMD de la bouillie, c'est-à-dire au diamètre médian du volume ; dans l'exemple ci-dessous 50 % du volume de la bouillie est constitué de gouttes d'un diamètre inférieur à 225 µ et 50 % du volume est constitué de gouttes d'un diamètre supérieur à 225 µ.

6- Les filtres

Le choix du maillage des filtres va permettre de limiter, voire de supprimer, tout risque de bouchage de buse.

Le choix du maillage du filtre et celui du calibre de la buse sont intimement liés. Sur l'exemple d'abaque présenté dans le chapitre « la taille des gouttes à rechercher », le maillage du filtre recommandé est de 50 (identifié dans le cercle noir).

Comme pour les buses, un code colorimétrique est associé au maillage du filtre.

	Nombre de mailles au cm ²			
	30	50	80	100
En mm	0,58	0,30	0,18	0,15
Code couleur	vert	bleu	rouge	jaune

Maillage conseillé dans l'exemple d'abaque présenté ci-dessus

7- La qualité de l'eau

L'eau est le support principal pour le transport des produits phytosanitaires vers la cible (culture, adventices, ravageur).

L'eau va influencer la pulvérisation via un certain nombre de ses paramètres. Les principaux sont :

- la dureté
- le pH
- la température
- la conductivité

La dureté ou titre hydrotimétrique permet de mesurer la quantité de calcium et de magnésium dissous par litre d'eau. Cette information se trouve sur les factures d'eau comme présenté ci-dessous. Cette information est disponible auprès de votre mairie.

Lorsque l'eau est prélevée dans un puits ou une autre origine naturelle, la dureté peut être mesurée en se procurant des kits de test que vous trouverez dans les rayons adoucisseurs ou piscines des magasins de bricolage.

DURETE

Teneur en calcium et en magnésium dans l'eau. Il n'y a pas de valeur limite réglementaire de dureté.

EAU CALCAIRE

Moyenne : 30,3 °F Maximum : 31 °F

Une eau calcaire n'a aucune incidence sur la santé

Dans cet exemple, cette eau contient environ 124 mg de calcium dissous par litre d'eau : 1 Th(°F) correspond à 4 mg de calcium ou 2,4 mg de magnésium dissous par litre d'eau.

Ce calcium va avoir plusieurs effets :

- détruire certaines matières actives, détruire ou neutraliser les matières actives chargées négativement (ex : glyphosate)
- déstabiliser certains mélanges
- limiter l'efficacité des tensio-actifs
- limiter la vitesse de pénétration de la matière active dans la plante

Pour réduire l'impact de la dureté, il faut utiliser du sulfate d'ammoniaque ou sulfate d'ammonium en respectant la valeur suivante : 0,1 % de sulfate d'ammonium (liquide) ou sulfate d'ammoniaque (solide) supprime 25 Th (°F) pour une bouillie appliquée à 100 litres/ha (ce qui correspond à 1 g se sulfate d'ammoniaque pour traiter 1 ppm de Ca dissous). Plus on utilise de l'eau dure, plus il est intéressant de réduire les volumes de bouillie.

A savoir : cet adjuvant (le sulfate d'ammoniaque ou d'ammonium) modifie la qualité de l'eau utilisée il est donc impératif de l'incorporer en premier dans le tonneau après avoir rempli la cuve de celui-ci des 2/3. L'agitation devra avoir fonctionné au minimum trois minutes avant de commencer à incorporer les produits phytosanitaires.

Le pH ou potentiel hydrogène mesure l'acidité de l'eau. L'eau du réseau est souvent proche de la neutralité alors que l'eau de pluie est légèrement acide.

Le pH est à l'origine de l'hydrolyse des matières actives, ce phénomène chimique détruit la matière active : une bouillie à base de *desmediphame* sera stable à pH 7 ; par contre à pH 9 la matière active sera détruite en 6 minutes !

La bouillie utilisée pour désherber des annuelles devra être à un pH proche de 6 alors que si la bouillie est destinée à détruire des vivaces, le pH à rechercher sera plutôt proche de 7. Si l'eau a été trop acidifiée, elle va brûler la végétation avant que le produit phytosanitaire puisse faire son effet.

La température de l'eau va influencer :

- la vitesse de dissolution des matières actives lors de la préparation des bouillies,
- la vitesse à laquelle le phénomène d'hydrolyse se produit. Plus la température est élevée, plus l'hydrolyse se réalise rapidement.

La conductivité va influencer sur les phénomènes de tension superficielle donc de tenue de la bouillie sur la cible. Il faut donc être vigilant lorsque de l'eau de pluie est collectée et stockée dans des cuves synthétiques. La conductivité de cette eau peut être très mauvaise car l'eau de pluie est à la fois déminéralisée et douce.

8- Les adjuvants

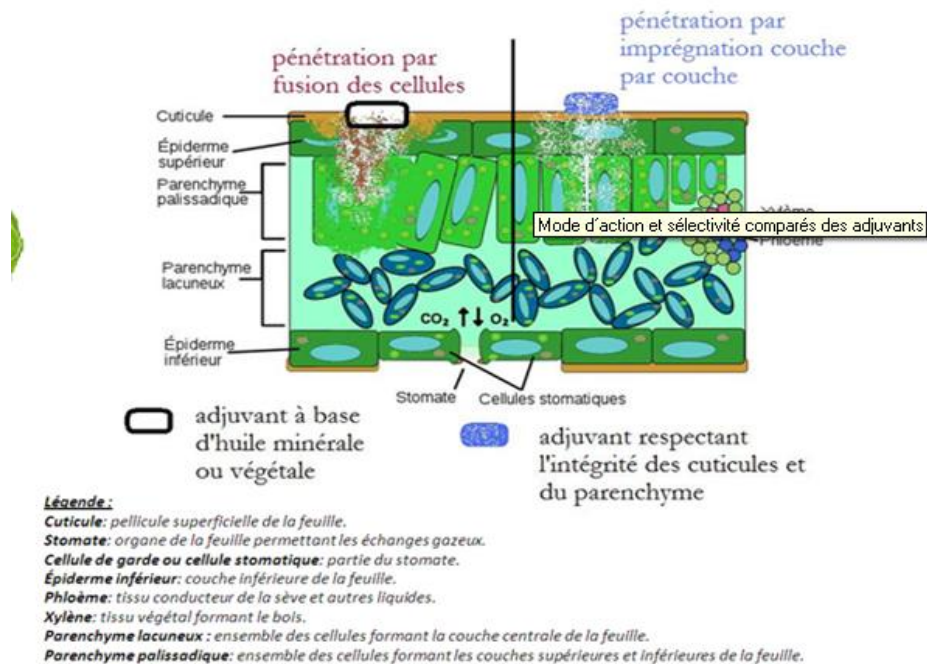
Les adjuvants ne remplaceront jamais des conditions de pulvérisation optimales :

- température adaptée au type de traitement réalisé
- hygrométrie de l'air
- humidité du sol pour les produits herbicides racinaires
- stade de la plante adventice pour les herbicides de contact, translaminaire ou systémique
- taille des gouttes adaptée

Ils peuvent lever un facteur limitant en favorisant par exemple :

- l'étalement
- la fusion des cires
- la durée de vie de la goutte en ralentissant sa dessiccation
- le bon fonctionnement des matières actives en limitant la dureté de l'eau

Ci-dessous est présentée une feuille en coupe et le lieu d'action des adjuvants pour favoriser les différentes voies de pénétration des produits commerciaux.



9- L'ordre d'incorporation des produits dans le pulvérisateur

Il faut commencer par :

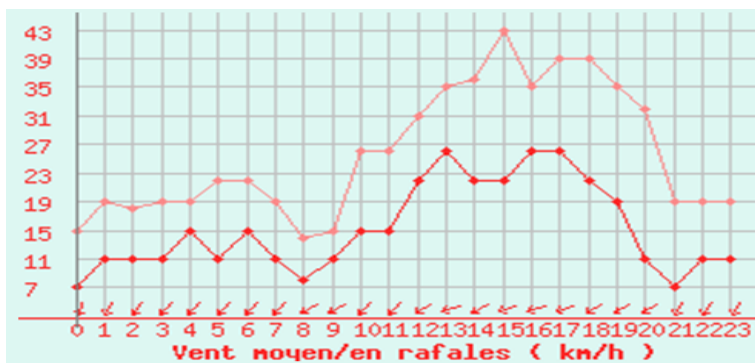
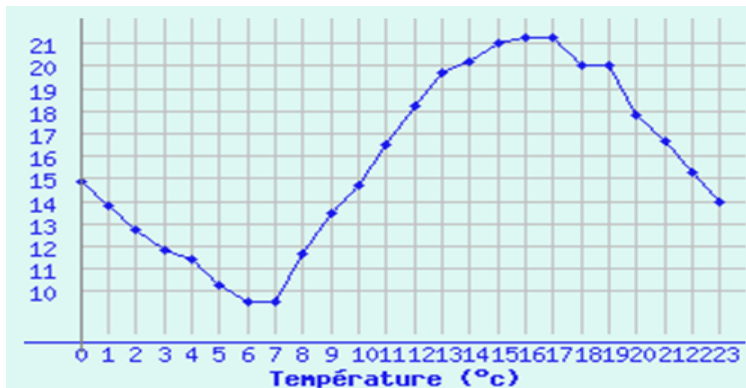
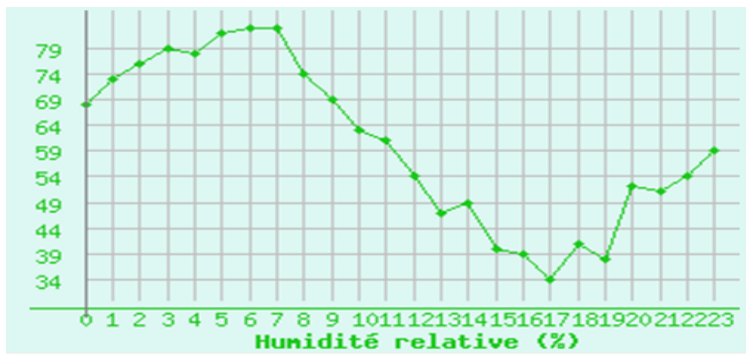
- Remplir la cuve aux 2/3 du volume souhaité et mettre l'agitation en route,
- Incorporer les adjuvants qui ont une action sur l'eau (adjuvant contenant du sulfate d'ammoniaque),
- Incorporer, les produits WG, sachets hydrosolubles, les poudres mouillables
- Incorporer les produits formulés de type SC,
- Incorporer les produits formulés de type EW et OD
- Incorporer les produits formulés de type EC,
- Incorporer les produits formulés de type SL,
- Incorporer les produits contenant de l'éthéphon, les oligo-éléments...
- Incorporer les adjuvants (huile, mouillant...)
- Compléter remplissage du tonneau pour atteindre le volume souhaité.

10- La météorologie

Si l'hygrométrie est de loin le paramètre le plus important à surveiller pour de nombreuses interventions phytosanitaires, la température n'est pas à négliger.

L'hygrométrie la plus est toujours élevée le matin au lever du soleil, puis elle chute assez rapidement dans la journée et ne remonte que très lentement dans la soirée : il est courant au mois de mai de retrouver à 23 heures l'hygrométrie mesurée à midi.

Par exemple, dans les trois graphiques présentés ci-dessous (*site : météociel.fr*) il est possible de suivre l'évolution au cours de la journée de l'hygrométrie, de la température et du vent (moyen : trait foncé, rafale : trait clair et direction) relevé à la station départementale de Melun-Villaroche le 25 mai 2008.



Par exemple, dans les trois graphiques présentés ci-contre (*site : météoiel.fr*) il est possible de suivre l'évolution au cours de la journée de l'hygrométrie, de la température et du vent (moyen : trait foncé, rafale : trait clair et direction) relevé à la station départementale de Melun-Villaroche le 25 mai 2008.

L'hygrométrie est directement influencée par l'origine du vent. Un vent d'est ou nord-est assèche la masse d'air et il est possible d'avoir des hygrométries très faibles quelque soit la saison lors de périodes anticycloniques avec vent orienté nord ou est comme dans l'exemple présenté ci-dessus.

L'idéal est de pouvoir intervenir avec une hygrométrie élevée (si possible au delà de 80%). Pour les herbicides racinaires, c'est l'humidité du sol qui sera à prendre en compte.

La température va influencer directement sur les pertes par évaporation mais aussi sur l'efficacité d'un certain nombre de matières actives :

- éviter les amplitudes thermiques jour-nuit supérieure à 15° C pour les herbicides,
- éviter les antigaminées sulfonylurées à actions foliaires et racinaires (ATLANTIS, ARCHIPEL, OCTOGON,...) si du gel (< -2° C) est prévu dans les 4 à 5 jours suivants,
- appliquer les herbicides à base d'hormone dans la plage de températures : 12 à 25° C,
- appliquer les herbicides à base de DFF dans la plage de températures : 5 à 12 ° C,
- etc

Quelques exemples :

	Température	Hygrométrie	Délai sans pluie	Rosée	Autre
Herbicides racinaires	Eviter les amplitudes > 15°C			Intéressante si elle sèche dans la matinée, dans tous les cas éviter de traiter si les gouttes ruissellent lorsqu'on secoue les feuilles.	Humidité du sol
Herbicides foliaires	8 à 10 °C 12 à 20 °C pour les hormones	>70% mini	1 heure		Pas de gel dans les 5 jours
Herbicides racinaires et foliaires	> 5°C Eviter les amplitudes thermiques	>70 % mini	1 heure		Humidité du sol Pas de gel < -2°C dans les 4-5 jours suivant l'application
Fongicides	Eviter les coups de chaud de l'après-midi. Amplitude maxi 20°C	>70% mini	1 heure, les produits de contact sont lessivés après 40mm de pluie		

La température va agir sur le développement végétatif en particulier pour une plante comme le maïs qui arrête de pousser lorsque la température est inférieure à 6° C.

ATTENTION : plus on baisse le volume d'eau par hectare, plus il faut être attentif aux conditions de pulvérisation. Effectuer des traitements avec des volumes d'eau inférieurs à 70 ou 80 litres de bouillie par hectare nécessite une très grande technicité qui contraint d'accepter d'intervenir avec des plages horaires de traitement réduites. Cette technique est difficilement utilisable avec des pulvérisateurs âgés car le fond de cuve et le volume mort peuvent représenter l'équivalent d'un ou deux hectares de bouillie.

11- Les équipements possibles

Pour accéder à ces techniques de baisse de volume de bouillie, il est indispensable de s'équiper des outils qui permettent de vérifier :

- l'hygrométrie
- la température et son évolution
- la vitesse du vent et sa direction

Il est donc nécessaire de s'équiper de moyen permettant de mesurer ces différents paramètres. Sur le marché, il est possible d'acquérir des stations météorologiques pour des coûts qui ne sont pas très élevés (à partir d'une centaine d'euros pour les plus simples : température, hygrométrie, vitesse du vent).

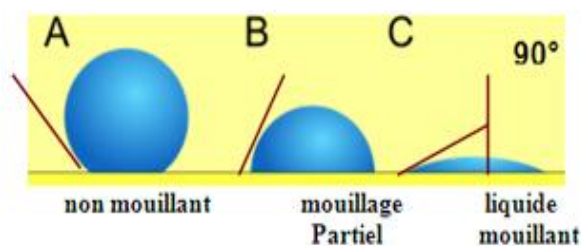
12- La plante

La majorité des plantes au stade cotylédons ou premières feuilles n'ont pas encore de cire cuticulaire pour les protéger des agressions extérieures. Elles sont donc extrêmement sensibles ce qui peut permettre de diminuer les doses de matière active.

Il existe quelques exceptions : le gaillet : il faut attendre l'apparition des verticilles pour désherber, la betterave a déjà sa cire cuticulaire au stade cotylédons ce qui permet de désherber très tôt, le maïs a aussi sa protection cuticulaire jusqu'au stade 6 feuilles.

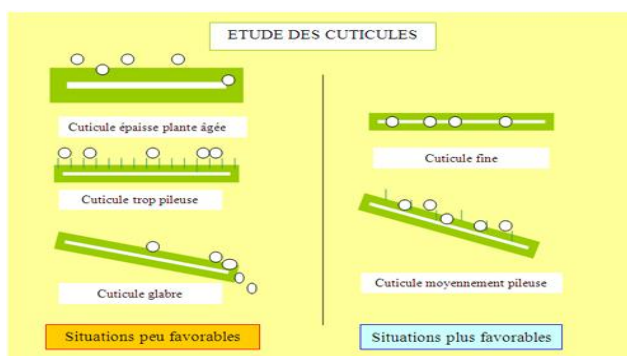
Chaque espèce végétale cultivée ou adventice va être plus ou moins mouillable en fonction de la présence plus ou moins importante de poils sur la feuille et d'une cire cuticulaire plus ou moins épaisse qui va agir sur la tension superficielle de la feuille.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques de quelques espèces végétales (culture ou adventice) et leur mouillabilité.



A est peu mouillant (avec un grand angle de contact).
C est plus mouillant (avec un angle de contact faible).

- l'angle de contact indique la capacité de la goutte à s'étaler ou non en fonction de la présence plus ou moins importante de cire cristalline au niveau de la cuticule.



- une pilosité importante va limiter le contact entre la bouillie et la feuille.
- une feuille glabre va moins bien retenir la gouttelette de bouillie qui aura tendance à rouler.
- une graminée aura un port plus vertical qu'une dicotylédone qui aura un port plus horizontal.
- une feuille très nervurée retiendra plus facilement la goutte de bouillie qu'une feuille sans aspérité.

Espèces		Pilosité	Cires cristallines	Angle de contact	Mouillabilité
Graminée	Blé	Abondante	Oui	132°	Faible
	Chiendent	Abondante sur la face supérieure	Oui	134°	Faible
	Folle avoine	Glabre	Oui	134°	Faible
	Vulpin	Glabre	Oui	136°	Faible
Dicotylédon	Gaillet	Abondante	Non	< 30°	Elevée
	Matricaire	Glabre	Non	88°	Moyenne
	Moutarde	Abondante	Non	99°	Moyenne
	Pensée	Glabre	Non	98°	Elevée à Moyenne
	Stellaire	Glabre	Non	104°	Elevée
	Véronique	Abondante	Non	90°	Elevée

13- La connaissance des produits commerciaux

La lecture de l'étiquette permet de respecter les conditions d'utilisation des produits selon les recommandations de la firme phytosanitaire mais cette lecture, en particulier les phrases de risque, permettra de s'équiper pour se protéger correctement, dans tous les cas il est indispensable d'utiliser :

- des gants répondant à la norme EN 373 et de classe de protection 6 (480 minutes),
- des lunettes de protection répondant à la norme EN 376,
- un tablier (ou une combinaison) adapté à l'utilisation des produits phytosanitaires.

Si cela est indiqué sur l'étiquette, utiliser un masque de protection respiratoire de type A2-P3.

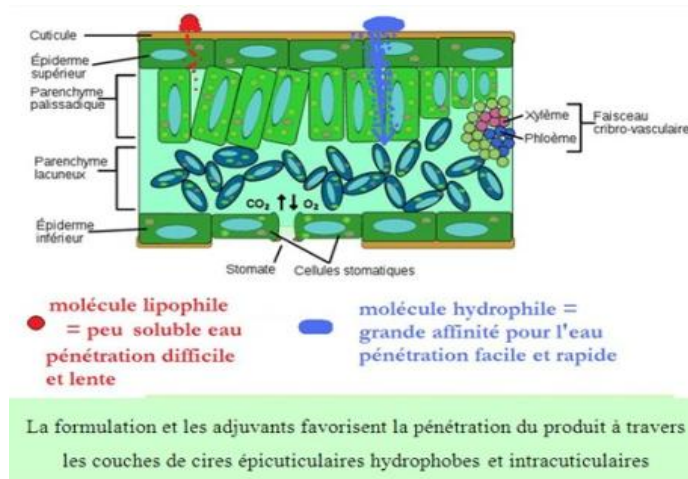
La lecture de la fiche de données de sécurité permet de prendre connaissance de l'ensemble des co-formulants qui avec la ou les matière(s) active(s) constituent le produit commercial. Si on prend l'exemple du PYROS EW : il y a dans le chapitre 3 de cette fiche la composition du produit commercial : une matière active le *prochloraze* et six co-formulants !

Ces différents co-formulants vont permettre au produit commercial d'être efficace quel que soit le type de feuille sur lequel il va être appliqué.

Les formulations sur support huileux vont, comme les adjuvants à base d'huiles végétales ou minérales, modifier définitivement la structure des cires cuticulaires.

En fonction de leur formulation les produits commerciaux vont modifier le VMD de la bouillie :

- Plus de gouttes fines avec les formulations de type WG (granulé dispersable), SC (suspension concentrée) et SL (concentré soluble),
- Des gouttes fines à moyenne avec des formulations de type : EW (émulsion de type aqueux) et EO (émulsion de type huileuse),
- Des gouttes plus grosses avec des formulations de type EC (concentré émulsionnable).



A savoir : le site internet agritox (<http://www.dive.afssa.fr/agritox/index.php>) mis en place par l'INRA récapitule toutes les caractéristiques des matières actives et en particulier la sensibilité de la molécule à l'hydrolyse en fonction du pH de l'eau utilisée (voir le § 4).

14- Le contrôle du pulvérisateur

La mise en place du contrôle des pulvérisateurs se termine (appareil de traitement équipé d'une rampe de plus de 3 mètres (y compris les désherbineuses et les quads), atomiseur...).

Les matériels neufs doivent être contrôlés avant le cinquième anniversaire de leur mise en service.

Pour votre sécurité, si vous utilisez un appareil trainé ou porté il faut veiller à utiliser un tracteur dont la cabine répond à la norme EN 15965-1 de classe 4 ce qui correspond à :

- la présence de d'un filtre poussière + aérosols + vapeur,
- un débit d'air sera d'au moins 30m³/h,
- une surpression interne d'au moins 20 Pa contrôlable grâce à un manomètre,
- la présence d'un système de climatisation de la cabine.

Un contrôle personnel de son pulvérisateur est fortement conseillé. Les points principaux à vérifier en sortie hiver :

- état des rampes : points de soudure, aplomb...
- état de la pompe : débit, vitesse...
- état des tuyaux : étanchéité, pliures éventuelles...
- la pression à la buse
- la régularité des débits entre les buses...