

**AFPP – 23<sup>e</sup> CONFÉRENCE DU COLUMA**  
**JOURNÉES INTERNATIONALES SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES**  
**DIJON – 6, 7 ET 8 DÉCEMBRE 2016**

**LQM<sup>®</sup> : DES CONCEPTS INNOVANTS POUR LE DESHERBAGE ANTI-DICOTS DES CEREALES**

M. BENICHON <sup>(1)</sup> et S. BAYART <sup>(2)</sup> et C. PIEKACZ <sup>(3)</sup>

<sup>(1) (2) (3)</sup> DuPont Solutions France S.A.S., Défense Plaza, 23/25, rue Delarivière Lefoullon  
92800 Puteaux – France

<sup>(1)</sup> maxime.benichon@dupont.com

<sup>(2)</sup> sebastien.bayart@dupont.com

<sup>(3)</sup> christian.piekacz@dupont.com

**RÉSUMÉ**

Le désherbage des céréales se complexifie par la diversité de la flore, la modification des pratiques, l'appauvrissement des modes d'action et le développement des résistances. La société DuPont, à l'origine des sulfonylurées, a constamment fait évoluer ses formulations pour optimiser l'utilisation et l'efficacité de cette famille chimique. Ainsi DuPont proposera un nouveau concept appelé LQM<sup>®</sup> qui s'appuiera sur l'association de substances actives éprouvées et sur la complémentarité de modes d'action dans des formulations liquides. Deux spécialités viendront donc enrichir la gamme de DuPont.

Mots-clés : anti-dicotylédones ; sulfonylurées ; formulation ; association ; mode d'action.

**ABSTRACT**

**LQM<sup>®</sup>: INNOVATIVE CONCEPT FOR BROADLEAVES WEEDS CONTROL IN CEREALS**

Weeding complexity is increasing in cereals due to weeds diversity, practices change, mode of action depletion and resistance cases increase. DuPont which has discovered properties of sulfonylurea as herbicides has continually improved its formulations to optimize uses and performances of this chemical family. In accordance to the market situation, DuPont will launch a new concept called LQM<sup>®</sup> based on leading market actives mixtures and complementary modes of action in liquid formulation. 2 products will be integrated in DuPont's portfolio.

Keywords: broadleaves weeds ; sulfonylurea ; formulation ; mixture; mode of action.

## INTRODUCTION

Le concept LQM<sup>®</sup> est basé sur l'association de sulfonylurées (Groupe HRAC (Herbicide Resistance Action Committee) B) avec des molécules appartenant à un mode d'action différent des inhibiteurs de l'ALS (acétolactase synthase). Ces molécules sont associées dans des formulations liquides en suspension concentrée huileuse de type OD. Elles sont efficaces sur un très grand nombre de dicotylédones présentes dans les céréales. La technologie LQM<sup>®</sup> a fait l'objet de nombreuses études afin de mettre en évidence les caractéristiques et bénéfices de la formulation pour les utilisateurs. Les nouveaux concepts LQM<sup>®</sup> ont abouti afin de construire des programmes de désherbage très performants sur un grand nombre de dicotylédones présentes dans les céréales. Elles offriront aux utilisateurs plus de flexibilité d'utilisation comparée aux références anti-dicotylédones actuelles. En effet, l'efficacité des solutions LQM<sup>®</sup> sera peu dépendante du stade des adventices, de la pression des adventices et des conditions climatiques. Enfin ces nouvelles solutions offriront un grand confort d'utilisation par leur simplicité de mise en œuvre dans un programme de désherbage des céréales. Par l'association de modes d'action différents, les solutions LQM<sup>®</sup> permettent aussi d'envisager plus de durabilité dans les programmes de désherbage en diminuant la pression de sélection aux sulfonylurées et ainsi le risque de développement de résistance.

Tableau 1 : Caractéristiques des 2 nouveaux concepts LQM<sup>®</sup>  
(Specifications of 2 new LQM<sup>®</sup> concepts)

Nom de code	DPX-SGE27	DPX-STD70
<b>Composition</b>	metsulfuron-méthyle 5 g/l + thifensulfuron-méthyle 30 g/l + fluroxypyr 135 g/l (HRAC, B + O)	metsulfuron-méthyle 4 g/l + thifensulfuron-méthyle 30 g/l + bromoxynil 300 g/l (HRAC, B + C3)
<b>Formulation</b>	Suspension Concentrée Huileuse (OD)	Suspension Concentrée Huileuse (OD)
<b>Dose maximum demandée</b>	1 l/ha	1 l/ha
<b>Cultures demandées</b>	Toutes céréales d'hiver et de printemps	Toutes céréales d'hiver et de printemps
<b>Nombre d'application</b>	1 application/hectare/an	1 application/hectare/an
<b>Stade</b>	Céréales d'hiver : BBCH 20 à 39 Céréales de printemps : BBCH 12 à 39	Céréales d'hiver : BBCH 12 à 32 Céréales de printemps : BBCH 12 à 32

Les substances actives metsulfuron-méthyle et thifensulfuron-méthyle sont classées dans la famille des sulfonylurées. Ces deux molécules font partie des inhibiteurs de l'ALS, une enzyme impliquée dans la synthèse de 3 acides aminés, la valine, la leucine et l'isoleucine nécessaires à la synthèse des protéines. L'absence de synthèse de l'ALS va fortement perturber le métabolisme cellulaire ce qui provoquera un arrêt rapide de la croissance de l'adventice jusqu'à sa mort. Ces deux substances actives sont classées dans le groupe HRAC B.

La substance active fluroxypyr appartient aux herbicides à action auxinique de la famille des acides picoliniques (pyridine carboxyliques). Cette molécule agit par perturbation hormonale dans les tiges et feuilles nouvellement formées, ce qui induit des anomalies morphologiques létales pour les dicotylédones (Gauvrit, 1996). Le fluroxypyr est classé dans le groupe HRAC O.

La substance active bromoxynil est classée dans les herbicides de contact et appartient aux inhibiteurs de la photosynthèse au niveau du photosystème II de la famille des hydroxybenzonnitriles (HBN). Cette molécule agit par un mode d'action de contact en bloquant la photosynthèse et en transportant des ions H<sup>+</sup> qui vont déréguler le pH des différents compartiments cellulaires (Gauvrit, 1996). Ces actions vont entraîner une mort rapide de la plante. Le bromoxynil est classé dans le groupe HRAC C3.

Comme le concept DPX-SGE27 sera lancé en premier dans le marché, c'est sur ce concept que l'on exposera les bénéfices mis en œuvre dans la nouvelle formulation LQM® de DuPont.

## **MATERIEL ET MÉTHODE**

### **ETUDES RÉALISÉES EN LABORATOIRE**

Un grand nombre d'études a été réalisé en laboratoire pour comparer les caractéristiques des formulations LQM® aux références actuelles du marché ou au mélange extemporané des substances actives présentes dans ce nouveau concept (appelé « tank mix » dans les études présentées). L'objectif de ces études était d'identifier des bénéfices de la formulation LQM® de la phase de la préparation de la bouillie jusqu'à la pénétration et dispersion du produit dans la cible. Les variables où des différences significatives ont été observées sont les suivantes :

#### **1- Mesure de la qualité de pulvérisation**

Cette étude consiste à mesurer la taille des gouttes après la pulvérisation. Dans ce dispositif, des buses classiques de type XR11002 sont utilisées et réglées à une pression de 2 bars. On a comparé la pulvérisation de la formulation DPX-SGE27 avec une pulvérisation d'une référence fluroxy pyr du marché et du « tank mix ». Le témoin de référence est une bouillie contenant seulement de l'eau. Les marqueurs choisis pour comparaison sont la VMD 50 (Volume Median Diameter = Diamètre de volume médian) et le % de goutte inférieur à 150 µm. Le type d'appareil utilisé pour les mesures est un laser à diffraction.

#### **2- Mesure de la capacité de rétention**

Cette étude consiste à mesurer la tension de surface dynamique (DST : Dynamic Surface Tension = Tension de surface dynamique) qui permet d'expliquer la quantité de produit retenu par les plantes cibles. Plus la valeur de la DST est faible, généralement meilleure sera la rétention. Les notations ont été faites par un tensiomètre à pression maximale de bulle. En comparaison, il a été choisi le « tank mix », mélange extemporané des substances actives disponibles à doses équivalentes. Comme témoin de référence, des mesures de DST ont été faites sur une bouillie contenant seulement de l'eau.

Les mesures de rétention ont été réalisées sur pensées des champs (VIOAR) cultivées dans des pots, en conditions contrôlées. La méthodologie retenue a été l'utilisation d'un marqueur fluorescent (BSF) appliqué en mélange avec le produit. Immédiatement après application, les feuilles cibles sont trempées dans un volume d'eau sous agitation pour dilution. Un extrait est prélevé et est passé à travers un spectromètre à luminescence calibrée (Perkin Elmer LS55, excitation 460 nm, émission 503 nm) pour mesurer la quantité de liquide retenue par les feuilles, la surface de celles-ci est mesurée par un planimètre, pour obtenir un rapport entre un volume de bouillie retenue et la surface de la cible (µ L/cm<sup>2</sup>).

#### **3- Mesure de la surface couverte sur la cible**

Cette étude consiste à mesurer l'angle de contact des bouillies comparées sur un film de paraffine avec un appareil de type goniomètre. Dix gouttes successives de volume déterminé sont déposées sur le support et après une minute d'attente, l'angle formé est mesuré par la tangente entre le bord du liquide et le support. L'angle de contact est généralement corrélé à la tension de surface statique, ces deux notions permettent de comprendre les phénomènes de couverture et d'étalement de la bouillie.

#### **4- Mesure de la pénétration des matières actives dans la feuille.**

Il a été déposé une quantité connue (10 gouttes de 1µl/feuille opposée soit au 2\*10 gouttes de 1µl) de produit sur des feuilles de pensée des champs (VIOAR). À différents délais après le dépôt du produit, il a été pulvérisé une solution de cellulose acétate (C.A) diluée dans l'acétone à hauteur de 5%.

Une fois pulvérisé, le film formé en séchant est extrait de la surface des feuilles puis analysé par chromatographie.

Le reste de la feuille est broyé puis centrifugé. Le surnageant est prélevé, puis filtré et mis dans des flacons pour analyse chromatographique.

Les prélèvements sont dilués dans de l'acétonitrile pour analyse. Les analyses donnent des concentrations exprimées en ppb des substances actives qui ont pénétré dans la feuille ou qui sont retirées par le film. La méthode permet ainsi de déterminer le pourcentage de substance active qui a pénétré (rapport entre la quantité pénétrée et pulvérisée). La technologie d'analyse utilisée est la chromatographie à phase liquide (HPLC) avec une limite de détection (LOD) de 5ppb et une limite de quantification (LOQ) de 10ppb.

### ÉTUDES RÉALISÉES PAR UN RÉSEAU D'ESSAIS AU CHAMP

DPX-SGE27 a fait l'objet d'une évaluation au travers d'un réseau de 29 essais européens entre 2012 et 2013 (France, Allemagne, Royaume-Uni, Italie, Espagne, Pologne, et République Tchèque). Les essais d'homologation ont été conduits conformément à la ligne directrice EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) EPPO PP 1/93 (3) weeds in cereals et à la méthode CEB (Commission des essais biologiques de l'AFPP) n°13 « herbicides des céréales B - CURE 1995- Méthode d'essai d'efficacité pratique des herbicides destinés au désherbage des cultures de céréales à paille (blé, orge, avoine, seigle et triticale) » par des organismes disposant de l'agrément pour conduire des essais selon les Bonnes Pratiques d'Expérimentation.

DPX-SGE27 a été appliqué sur des céréales d'hiver et de printemps entre le stade tallage et dernière feuille développée. L'efficacité finale du traitement a généralement été évaluée 45 jours après traitement. L'ensemble de cette expérimentation a permis d'évaluer l'efficacité intrinsèque de DPX-SGE27 sur la flore adventice dicotylédone des céréales, et d'établir le spectre d'efficacité du produit à la dose de 1l/ha. Enfin, cette expérimentation a aussi permis d'évaluer la formulation DPX-SGE27 comparé aux substances actives à doses équivalentes actuellement disponibles dans le marché pour les agriculteurs et utilisées en tank-mix (Tableau 2). Dans cette comparaison du mélange metsulfuron-méthyle (Allié® SX®) et du thifensulfuron-méthyle (Harmony® SX®) avec le DPX- SGE27 seront présentés les résultats ayant une différence d'au moins 5 points d'efficacité sur les adventices.

Tableau 2 : Composition des produits expérimentés  
(Composition of tested products)

Produit commercial	Dose produit/ha	Dose metsulfuron-méthyle	Dose thifensulfuron-méthyle	Dose fluroxypyr
DPX-SGE27	1 l/ha	5 grammes	30 grammes	135 grammes
Allié® SX®	25 g/ha	5 grammes	-	-
Harmony® SX®	60 g/ha	-	30 grammes	-
Référence fluroxypyr	0,675 l/ha	-	-	135 grammes

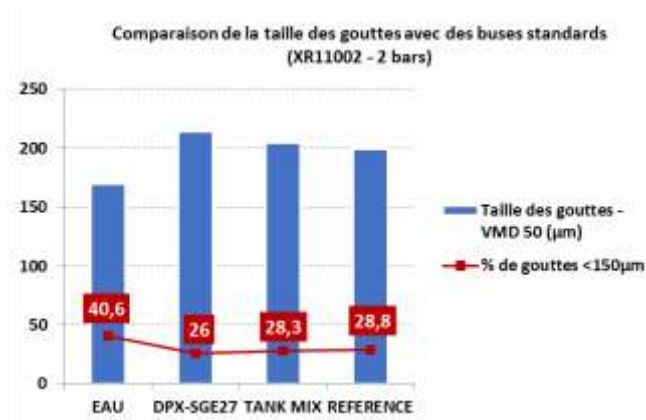
## RESULTATS

### ETUDES RÉALISÉES EN LABORATOIRE

#### 1- Mesure de la qualité de pulvérisation

Avec des buses standards, on augmente la taille des gouttes avec la pulvérisation du DPX-SGE27 en comparaison avec la pulvérisation de la bouillie contenant seulement de l'eau ou de la référence à base de fluroxypyr ou de la pulvérisation du « tank mix ». On constate aussi que l'on a réduit la proportion de gouttes inférieures à 150µm pour la bouillie. Le DPX SGE27 permet de ne pas augmenter la part de pulvérisation susceptible à la dérive (goutte < 150µm). (cf figure 1)

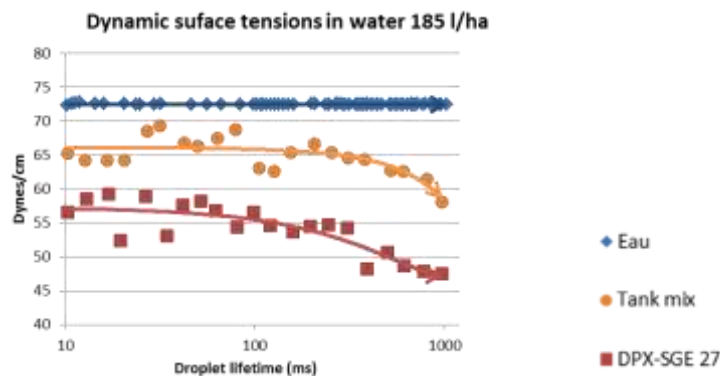
Figure 1 : Comparaison de la taille des gouttes avec des buses standards  
(Comparison of droplet size according with standard flat fan nozzle)



#### 2- Mesure de la capacité de rétention

On constate que le DPX-SGE27 a une DST inférieure à celle de la bouillie contenant le mélange « Tank mix » à base des substances actives à doses équivalentes. C'est le témoin « eau » qui a la DST la plus forte (cf figure 2).

Figure 2 : Mesures de la tension de surface dynamique dans une bouillie de 185 litres d'eau/ha  
(Measure of dynamic surface tensions in water 185 l/ha)



#### 3- Mesure de la surface couverte sur la cible

Pour un volume défini, plus l'angle est élevé, meilleure est la surface couverte sur la cible. Le DPX-SGE27 a l'angle le plus élevé comparé à la référence fluroxypyr ou au « tank mix ». Un surfactant non ionique (NIS a 0.1% v/v) est utilisé a titre référence.

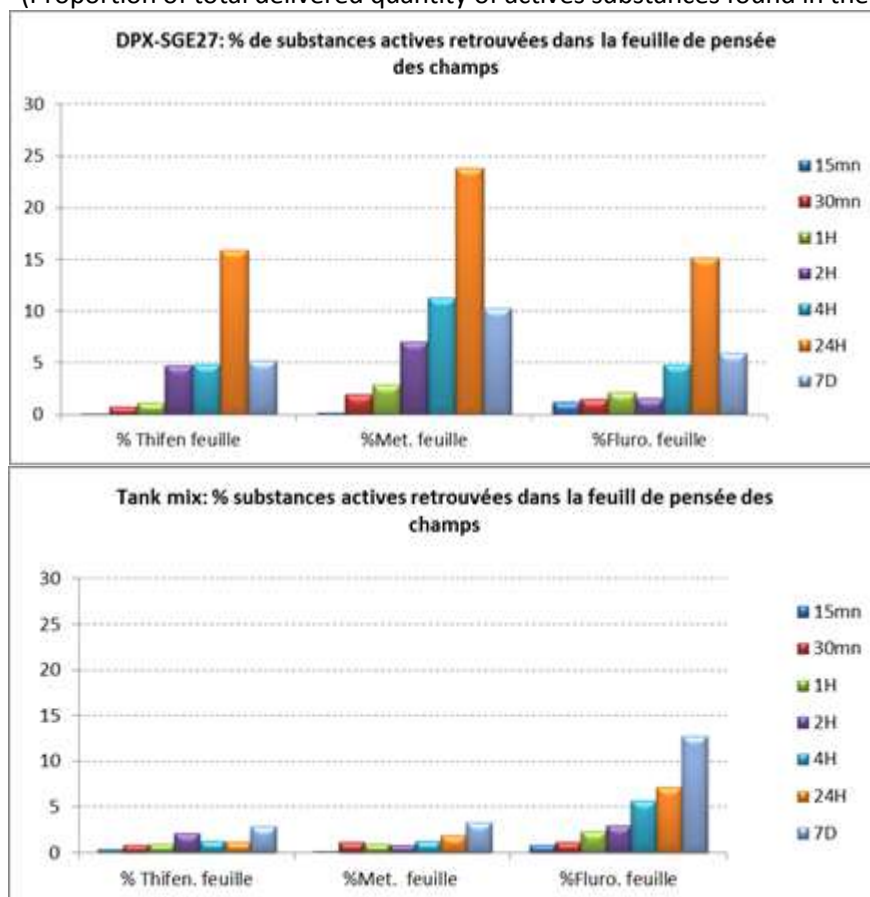
Tableau 3 : Mesure des angles de contact sur du film de paraffine  
(Measure of contact angle on Paraffin)

	Angle de contact mesuré sur le film de paraffine
Eau	64°
DPX-SGE27	121°
Référence fluroxypyr	114°
« Tank Mix »	115°
Trend90	150°

#### 4- Mesure de la pénétration des matières actives dans la feuille.

Les résultats présentés dans la figure 3, montrent que la vitesse de pénétration et le relargage dans les feuilles sont plus élevés avec la formulation du DPX-SGE27 qu'avec le « tank mix ». Les résultats présentés dans la figure 3 montrent que le % de substances actives retrouvées à l'extérieur de la feuille décroît dans le temps dans le cas du DPX-SGE27 alors que pour le tank mix celui-ci reste relativement constant dans le temps. On en déduit alors que la pénétration des substances actives dans la plante est plus importante avec la formulation DPX-SGE27.

Figure 3 : Mesures de la quantité de matières actives pénétrées dans les feuilles de pensée  
(Proportion of total delivered quantity of actives substances found in the pansy's leaves)



#### ÉTUDES RÉALISÉES PAR UN RÉSEAU D'ESSAIS AU CHAMP

##### Efficacité intrinsèque de la solution DPX-SGE 27

L'ensemble des expérimentations conduites de 2012 à 2013 sur des parcelles d'essais n'ayant reçu aucun herbicide à action dicotylédones a permis d'évaluer l'efficacité intrinsèque de la préparation

DPX-SGE27 sur les dicotylédones des céréales à 1l/ha (tableau 3), dose proposée pour la demande d'autorisation de mise sur le marché.

Tableau 4 : Efficacité de DPX-SGE27 à la dose de 1l/ha et sensibilité des adventices  
(Efficacy of 1 l/ha DPX-SGE27 and weeds susceptibility)

**Efficacité de DPX-SGE27 1l/ha en pourcentage**

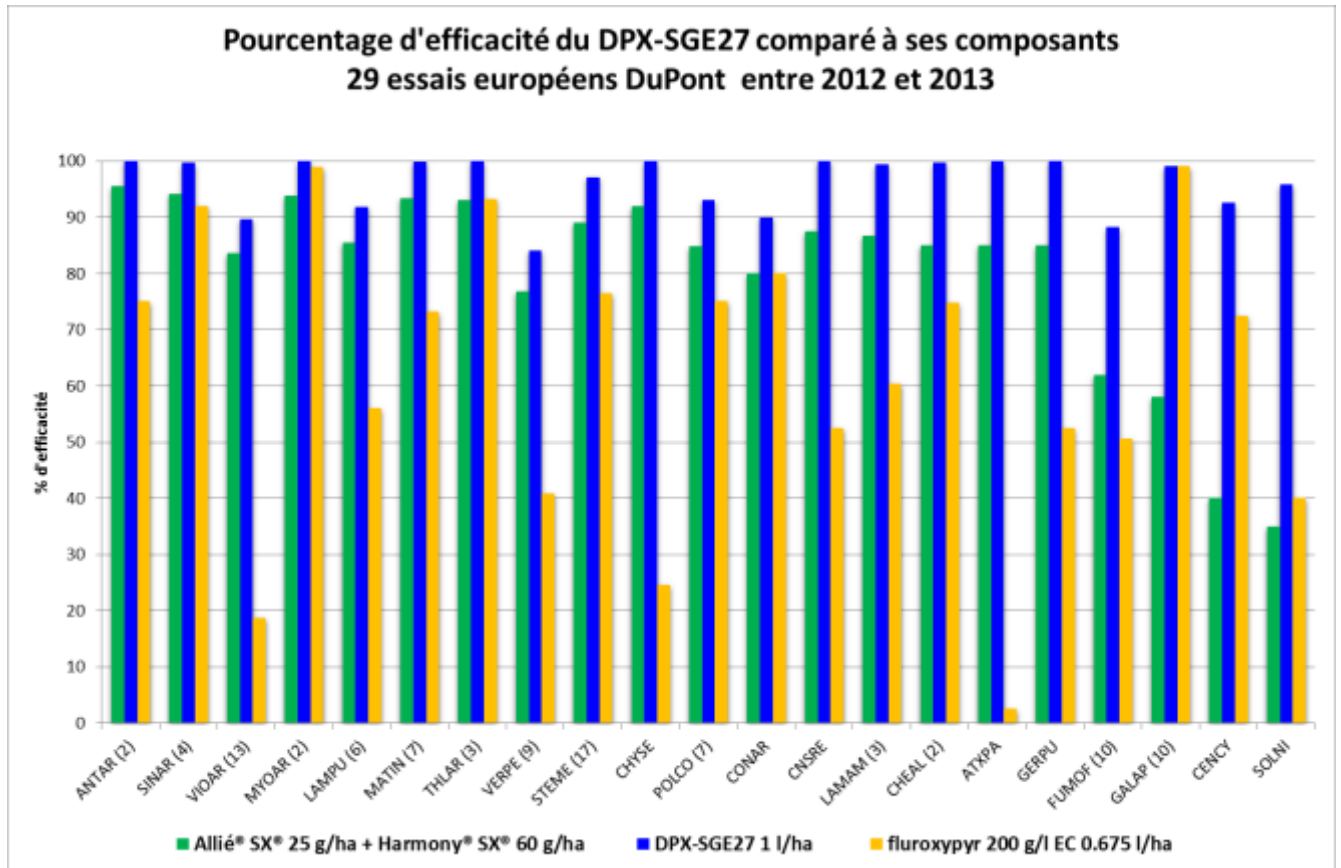
Adventices		Nombre d'essais	Moyenne d'efficacité en %
ANGAR	Anagallis arvensis	1	99%
ANTAR	Anthemis arvensis	2	100%
APHAR	Aphanes avensis	1	99%
ARBTH	Arabidopsis thaliana	1	100%
ATXPA	Atriplex patula	1	100%
BRSNN (5)	Brassica napus	5	100%
CAPBP (13)	Capsella bursa-pastoris	13	98%
CENCY (3)	Centaurea arvensis	3	88%
CERGL (2)	Cerastium glomeratum	2	100%
CHEAL (3)	Chenopodium album	3	100%
CHYSE	Chrysanthemum segetum	1	100%
CIRAR (4)	Cirsium arvense	4	87%
CNSRE	Consolida regalis	1	100%
DAUCA	Daucus carota	1	100%
GAETE	Galeopsis tetrahit	1	100%
GERDI	Geranium dissectum	1	100%
GERPU	Geranium pusillum	1	100%
FUMOF (11)	Fumaria officinalis	11	90%
GALAP (25)	Galium aparin	25	99%
LAMAM (4)	Lamium amplexicaule	4	100%
LAMPU (11)	Lamium purpureum	11	95%
MATCH (8)	Matricaria recutita	8	98%
MATIN (12)	Matricaria perforata	12	99%
MYOAR (2)	Myosotis arvensis	2	100%
VIOAR (21)	Viola tricolor	21	87%
RAPRL	Raphanus raphanistrum	1	99%
PAPRH (16)	Papaver rhoeas	16	100%
POLAV (4)	Polygonum aviculare	4	91%
POLCO (9)	Fallopia convolvulus	9	95%
POLPE (2)	Polygonum persicaria	2	95%
SINAR (6)	Sinapis arvensis	6	100%
SENVU (3)	Senecio vulgaris	3	100%
SSYOF	Sisymbrium officinal	1	100%
STEME (26)	Stellaria media	26	98%
THLAR (4)	Thlaspi arvense	4	100%
VERPE (7)	Veronica persica	7	87%
VERAR (2)	Veronica arvensis	2	35%
VERHE (10)	Veronica hederifolia	10	77%
VICSA	Vicia sativa	1	100%

	Très sensible 95 à 100%
	Sensible 85 à 94%
	Moyennement sensible 75 à 84%
	Peu sensible 60% à 74%
	Non sensible <60%

Source : 29 essais européens DuPont entre 2012 et 2013

Efficacité de la solution DPX-SGE 27 comparé aux standards du marché à doses équivalentes de substances actives

Figure 4 : Efficacité du DPX-SGE 27 et de ses composants  
(DPX-SGE 27 and its actives substances efficacies)



## DISCUSSION

### ETUDES RÉALISÉES EN LABORATOIRE

On peut constater que la technologie LQM® offre de nombreux bénéfices comparés aux standards actuels dans le marché. La technologie LQM® optimise la qualité de pulvérisation en limitant la taille des gouttes inférieure à 150µm, généralement admis être plus sensible à la dérive (figure 1). Ainsi elle permet de maximiser la quantité à absorber par la cible et surtout d'éviter certains effets non-intentionnels d'un point de vue environnemental comme l'entraînement vers un point d'eau.

La technologie LQM® permet une bonne adhésion sur la cible et une meilleure rétention des gouttes sur la surface des feuilles (figure 2). À volume de bouillie équivalent, la technologie LQM® permet d'améliorer le pouvoir couvrant de la bouillie sur les adventices. (Tableau 3).

Enfin, la technologie LQM® permet une pénétration plus rapide et a priori une meilleure dispersion des substances actives dans la cible (figure 3).

On peut donc retenir que la formulation LQM® dans le produit DPX-SGE27 offrira de nombreux bénéfices de la pulvérisation à la pénétration et la dispersion des substances actives dans la plante.

## ÉTUDES RÉALISÉES PAR UN RÉSEAU D'ESSAIS AU CHAMP

Les études en laboratoire ont démontré les propriétés de la formulation LQM®. Ces caractéristiques ont pu être validées dans l'efficacité intrinsèque du DPX-SGE27. En effet, DPX-SGE27 permet une excellente maîtrise d'un grand nombre de dicotylédones pour répondre aux enjeux du désherbage en France (Tableau 4).

Les sulfonyles anti-dicotylédones restent des bases essentielles utilisées par les agriculteurs pour la maîtrise des dicotylédones sur le territoire français puisqu'elles représentent 2,4 millions d'hectares déployés (ADquation, 2016). Il n'est pas rare que ces sulfonyles soient associées à des molécules à action dicotylédones différentes des inhibiteurs des ALS, ces mélanges représentent 13 % des hectares des sulfonyles à action anti-dicotylédones (ADquation, 2016). Le DPX-SGE27 offre un nouveau standard de performance dans ces situations puisqu'il permet des efficacités supérieures à celles des substances actives actuellement disponibles, sur un grand nombre de dicotylédones préjudiciables des céréales.

Au travers de l'association metsulfuron-méthyle et thifensulfuron-méthyle, ce dernier élargit le spectre sur les renouées, les véroniques et les pensées. A cette base de sulfonyles associées, le fluroxypyr apporte une contribution sur myosotis, bleuet, gaillet et morelle (figure 4).

Finalement, l'effet combiné de cette association et de la formulation LQM® donne des résultats supérieurs à la base sulfonyles ou fluroxypyr sur un large ensemble de dicotylédones : anthriscue, sanve, pensée, myosotis, lamier pourpre, matricaire inodore, tabouret des champs, véronique de perse, stellaire, chrysanthème des moissons, renouée liseron, liseron des champs, dauphinelle, lamier amplexicaule, chénopode blanc, atriplex, géranium à tiges grêles, fumeterre, gaillet, bleuet et morelle (figure 4).

## CONCLUSION

L'arrivée de la technologie SX® en 2006 a permis d'améliorer la solubilité des sulfonyles anti-dicotylédones pour optimiser l'efficacité de cette famille d'herbicide. Au travers de la nouvelle technologie LQM®, les solutions proposées par DuPont permettront d'élargir le spectre des sulfonyles grâce à de nouvelles associations et une formulation qui maximise les efficacités. Les solutions LQM® de par leur large spectre sur dicotylédones permettront donc de construire des programmes de désherbage très robustes sur la flore dicotylédone présente dans les céréales. Elles permettent aussi d'exercer moins de pression de sélection sur les sulfonyles grâce à l'association avec d'autres modes d'action. La technologie LQM® se présente donc comme un nouvel outil de prévention de résistances des dicotylédones aux inhibiteurs de l'ALS (Groupe HRAC B).

## **REMERCIEMENTS**

- ❖ Marisa SALAS , European Technical Manager, DuPont de Nemours
- ❖ Jean-Pierre HUBY , Application technology European coordinator, DuPont de Nemours
- ❖ Jean-Sébastien NOTTER, EMEA PS&R Biologist Herbicide DuPont de Nemours ERDC Nambenheim
- ❖ Gilles BERTIN , European Development coordinator, DuPont de Nemours

## **BIBLIOGRAPHIE**

- ❖ Panel ADquation, extraction herbicides céréales 2016.
- ❖ Gauvrit, C. 1996. Efficacité et sélectivité des herbicides. Editions Quae.