

**AFPP – VINGTIÈME CONFÉRENCE DU COLUMA  
JOURNÉES INTERNATIONALES SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES  
DIJON – 11 ET 12 DÉCEMBRE 2007**

**RÉSISTANCE À LA MÉTAMITRONE DANS DES POPULATIONS BELGES ET  
FRANÇAISES DE CHÉNOPODE BLANC (*CHENOPODIUM ALBUM*)  
EN BETTERAVE SUCRIÈRE**

T. DE MAREZ<sup>(1)</sup>, E. MECHANT<sup>(1)</sup>, R. BULCKE<sup>(1)</sup>, O. HERMANN<sup>(2)</sup> et C. MUCHEMBLED<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Université de Gand, B-9000 Gand (Belgique), robert.bulcke@ugent.be

<sup>(2)</sup> IRBAB, B-3300 Tirlemont (Belgique), o.hermann@irbab.be

<sup>(3)</sup> ITB, F-75008 Paris (France), muchembled@itbfr.org

## **RÉSUMÉ**

Vu les problèmes récents de contrôle insuffisant de chénopode blanc (*Chenopodium album* L.) en betterave sucrière, des graines de populations « suspectes » (Belgique et France) et « non-suspectes » (France) ont été prélevées en 2005 dans plusieurs champs de betteraves. Ces populations ont été soumises à des tests de résistance en serre, dans lesquels elles étaient comparées à des populations de référence sensibles et résistantes, tant à la métamitron qu'à l'atrazine. Les deux herbicides étaient appliqués en incorporation dans un sol sablo-limoneux avant semis. La résistance à la métamitron a été détectée dans la plupart des populations belges et françaises. Toutes les populations résistantes à la métamitron ont présenté également une résistance (croisée) à l'atrazine.

Mots-clés : résistance croisée, triazinones, mutation, gène *psbA*, biotest.

## **SUMMARY**

### **RESISTANCE TO METAMITRON IN BELGIAN AND FRENCH FAT-HEN (*CHENOPODIUM ALBUM*) POPULATIONS FROM SUGAR BEET**

Given the recent problems with unsatisfactory control of fat-hen (*Chenopodium album* L.) in sugar beet, in 2005 seeds from "suspected" (Belgium and France) and "unsuspected" (France) populations were collected in several sugar beet fields. In resistance monitoring tests in the greenhouse, the responses of these populations to metamiltron and atrazine were compared to those of susceptible and resistant references. Both herbicides were pre-plant incorporated into a sandy loam soil. Resistance to metamiltron was detected in most of the Belgian and French populations. All metamiltron-resistant populations also displayed (cross-)resistance to atrazine.

Key words : cross-resistance, triazinones, mutation, *psbA* gene, bioassay.

## INTRODUCTION

Le chénopode blanc (*Chenopodium album* L.) est une mauvaise herbe-clé de la betterave sucrière ainsi que de plusieurs autres cultures avec semis printanier dans la rotation. En effet, c'est une espèce presque omniprésente, très compétitive et capable de produire d'énormes stocks semenciers (Wellmann *et al.*, 2000).

La métamitronne, un herbicide de la famille des triazinones, a une action aussi bien racinaire que foliaire, agit par inhibition de la photosynthèse au niveau du photosystème II et est classée dans le Groupe C<sub>1</sub> du Herbicide Resistance Action Committee (HRAC, 2005). C'est un herbicide-clé dans les programmes modernes de désherbage à doses réduites utilisés en betterave sucrière. La métamitronne peut être utilisée à tous les stades d'application courante de la betterave sucrière. Le chénopode blanc est une des cibles de la métamitronne (Hermann, 1993).

Dans quelques pays européens les betteraviers sont confrontés depuis quelques années à un problème de contrôle insuffisant du chénopode blanc. Ces échecs de lutte ont été attribués à une série de causes, dont celle du développement de résistance vis-à-vis d'un ou de plusieurs des herbicides utilisés. La résistance du chénopode blanc à l'atrazine est connue depuis longtemps (Gasquez, 1981 ; Heap, 2007) et basée sur une mutation ponctuelle dans le gène *psbA* qui résulte dans la substitution de l'acide aminé serine par la glycine à la position 264 dans la protéine D1 du centre réactionnel photosynthétique (Arntzen *et al.*, 1982). Les biotypes de chénopode blanc résistants à l'atrazine portant cette mutation présentent également une résistance croisée à d'autres herbicides inhibiteurs du photosystème II, y compris la métamitronne (Gasquez, 1981 ; De Praeter, 1983 ; Fuerst *et al.*, 1986). Une recherche préliminaire menée en 2004-2005 par l'Université de Gand et l'IRBAB (Institut Royal Belge pour l'Amélioration de la Betterave) a mis en évidence une résistance à la métamitronne pour des populations de chénopodes "suspectes" prélevées dans des champs de betteraves en Belgique (Mechant *et al.*, 2005). Des tests ultérieurs avec des populations belges résistantes à la métamitronne ont démontré qu'elles possèdent également une résistance (croisée) à l'atrazine (Mechant et Bulcke, 2006).

La présente étude, démarrée en 2005, avait pour but: (1) la collection de semences de populations de chénopode, particulièrement dans des champs de betterave sucrière avec contrôle insuffisant, dans plusieurs régions betteravières en Belgique et en France, et (2) la comparaison du comportement de ces populations « suspectes » vis-à-vis de la métamitronne et l'atrazine avec celui de références appropriées.

## MATÉRIEL ET MÉTHODE

Trois essais ont été effectués suivant le protocole de biotest pour la réalisation du monitoring de la résistance aux herbicides chez le chénopode blanc (Mechant et Bulcke, 2005), avec une série de populations provenant de champs de betterave en Belgique et en France. De manière générale, ces populations étaient « suspectes » vu qu'elles avaient été collectionnées dans des champs présentant un niveau de contrôle insuffisant du chénopode. Cependant, en France six populations avaient été échantillonnées par les techniciens de l'ITB dans des champs où la lutte contre le chénopode n'avait pas été considérée comme posant un problème particulier. Le comportement de toutes ces populations vis-à-vis des herbicides était comparé avec celui de deux références : d'une part, une référence considérée comme sensible aux herbicides, 'Herbiseed-S', achetée chez Herbiseed (Twyford, Royaume Uni) et d'autre part, une référence résistante à l'atrazine, 'ME.85.1-Ra', provenant d'une parcelle traitée chaque année avec de l'atrazine et située dans un essai de longue durée à B-9090 Melle (Province de la Flandre Orientale, Belgique). La référence 'ME.85.1-Ra' est porteuse de la mutation Ser264 à Gly tandis que chez 'Herbiseed-S' aucune mutation dans le gène *psbA* a pu être démontrée.

Toutes les populations étaient soumises à la métamitronne et à l'atrazine. Les concentrations utilisées étaient de 2 et 4 mg de substance active (= s.a.)/kg (Essais 1 et 3) ou de 2 et 6 mg

s.a./kg (Essai 2) pour la métamitronne et 1,5 mg s.a./kg pour l'atrazine. Les deux herbicides étaient incorporés dans un sol sablo-limoneux (pH<sub>H2O</sub> : 6,20 ; matière organique : 2,04 %) avant le semis. Les sols traités et non-traités étaient transférés dans des pots en plastic (diamètre : 6,5 cm ; hauteur : 5,5 cm). La densité du semis était de 200 semences par pot à une profondeur de 2 à 3 mm. L'irrigation se faisait suivant nécessité. Chaque biotest avait quatre répétitions et contenait un témoin non-traité.

Lors de la récolte, quatre à cinq semaines après le semis, dans chaque pot le poids frais foliaire était déterminé après comptage du nombre de plantes. Afin d'exprimer la réponse des populations vis-à-vis des herbicides testés, le poids frais par plante récoltée et le nombre de plantes par pot étaient exprimés comme pourcentage du témoin non-traité correspondant.

## RÉSULTATS

### COMPORTEMENT DES POPULATIONS DE RÉFÉRENCE

Le comportement vis-à-vis de la métamitronne de la population de référence sensible 'Herbiseed-S' était plutôt inattendu. En effet, particulièrement dans les Essais 1 et 3, sa sensibilité à cette triazinone était inférieure à celle que l'on pourrait attendre et exiger d'une bonne population de référence sensible (Tableaux I et II). Même à des concentrations déjà relativement élevées (2 et 4 mg s.a./kg), la métamitronne permettait la survie de la grande majorité des plantes et une production de matière fraîche considérable. Ainsi dans l'Essai 1 par exemple, le nombre de plantes récoltées et leur poids frais par plante s'élevaient en moyenne pour les deux concentrations respectivement à 104 % et 35 % de ceux du témoin non-traité. De plus, il n'y avait généralement pas une différence nette entre les réactions des populations observées respectivement à 2 et 4 mg/kg (Essais 1 et 3) ou respectivement à 2 et 6 mg/kg (Essai 2). C'est pourquoi les données de matière fraîche par plante et du nombre de plantes par pot, rapportées dans les Tableaux I et II représentent les moyennes notées pour les deux concentrations de métamitronne incluses dans chaque essai. Ce type de réponse de la référence sensible ne rend pas toujours facile une différenciation nette des populations sensibles et résistantes. Par conséquent, après avoir inspecté les données de poids frais de la référence sensible d'une part et des différentes populations "suspectes" d'autre part, il a été décidé de classer une population comme résistante à la métamitronne et/ou à l'atrazine à condition qu'elle surpasse celle de la référence sensible 'Herbiseed-S' d'au moins 20 %. Cependant, cette procédure ne permettait pas une classification sans équivoque de toutes les populations en ce qui concerne leur état de résistance.

Par contre, la réaction de 'Herbiseed-S' vis-à-vis de l'atrazine était celle attendue, soit très sensible à l'atrazine à 1,5 mg s.a./kg (Tableaux I et II). D'autre part, l'atrazine à cette concentration était bien tolérée par la référence résistante à l'atrazine 'ME.85.1-Ra' (Tableaux I et II).

### COMPORTEMENT DES POPULATIONS BELGES

Des 16 populations belges collectionnées en 2003, 2004 et 2005 dans des champs de betterave sucrière localisés dans plusieurs régions, 14 peuvent être classifiées comme résistantes à la métamitronne sur base du poids foliaire par plante (Tableau I). Toutes ces populations avaient été collectionnées dans des champs « suspects » sauf la population 'De Moeren II', classifiée comme sensible. Les semences de cette dernière avaient été prises sur des plantes présentes en taches dans une fourrière, le reste du champ étant exempt de chénopode. Toutes les origines belges avec résistance à la métamitronne montraient également une résistance à l'atrazine (Tableau I).

Tableau I : Comportement des populations belges de chénopode (B) vis-à-vis de la métamitronne et d' atrazine  
 [Response of the Belgian (B) populations of fat-hen to metamiltron and atrazine]

Population	Métamitronne <sup>1</sup>		Atrazine	
	Plantes par pot (%) <sup>4</sup>	Poids frais par plante (%) <sup>4</sup>	Plantes par pot (%) <sup>4</sup>	Poids frais par plante (%) <sup>4</sup>
<b>Essai 1</b>				
Herbiseed-S <sup>3</sup>	104	35	0	0
ME.85.1-Ra <sup>3</sup>	92	77	63	89
B De Moeren II	57	29	2	6
B Héron	44	41	0	0
B Lubbeek I	41	101	29	147
B Miécrot	86	60	92	76
B Pailhe	94	60	104	82
B Bas-Oha	79	76	111	82
B Havelange	72	66	86	82
B Evelette	107	72	107	76
B Cipllet	104	82	127	69
B Couthuin	75	96	95	77
B Solières	111	60	120	53
B Wavre	80	61	36	83
B Vissenaken II	79	84	86	74
B Jandrain	101	77	95	81
<b>Essai 2</b>				
Herbiseed-S <sup>3</sup>	39	16	4	6
B Lubbeek II	89	51	93	93
B Lubbeek III	-	53	-	78

<sup>1</sup> Poids foliaire frais moyen pour 2 et 4 mg/kg de métamitronne.

<sup>2</sup> Poids foliaire frais moyen pour 2 et 6 mg/kg de métamitronne.

<sup>3</sup> Populations de référence: S = sensible aux herbicides; Ra = résistant à l'atrazine.

<sup>4</sup> Pourcentage du témoin non-traité correspondant.

#### COMPORTEMENT DES POPULATIONS FRANÇAISES

La situation avec les populations françaises de chénopode était quelque peu différente. Dans quatre ('Moranval', 'Tarlefesse', 'Frières-Faillouël' et 'Villers-St-Christophe') des cinq populations échantillonnées en 2005 dans des champs de betteraves fortement infestés par le chénopode, la résistance à la métamitronne et à l'atrazine a été détectée (Tableau II). De la cinquième population, 'Roupy', quelques plantes (4 %) survivaient nettement au traitement à l'atrazine; leur poids frais par plante montait à 86 %, ce qui illustre leur haut degré de résistance à cette triazine (Tableau II). Par contre l'exposition de la population 'Roupy' à la métamitronne aboutissait à un grand nombre de survivants (79 %), mais présentant une inhibition relativement homogène. Le poids frais par plante n'a donc pas pu démontrer la présence d'une résistance à la métamitronne dans cette population.

Dans la deuxième série de six populations françaises ('Hordain', 'Saint-Aubin', 'Wancourt', 'Brutelles', 'Martainneville' et 'Berville') prélevées en 2005 dans des champs de betteraves où la lutte contre le chénopode n'avait pas posé un problème particulier, une seule origine ('Brutelles') présentait une sensibilité nette à l'atrazine et à la métamitronne. Quatre populations ('Martainneville', 'Saint-Aubin', 'Hordain' et 'Berville') se montraient résistantes

aux deux herbicides. La population 'Wancourt' montrait une réponse à l'atrazine comparable à celle de 'Roupy': un pourcentage faible (5 %) de plantes présentant un degré élevé de résistance à l'atrazine comme l'illustrent les données portant sur le poids frais par plante (Tableau II). En ce qui concerne la métamitron, les survivants nombreux (76 %) montraient une réaction plutôt hétérogène: quelques plantes étaient nettement moins touchées. Cependant, les rendements par plante ne révélaient pas bien cette réponse différenciée (Tableau II).

Tableau II : Comportement des populations françaises (F) de chénopode vis-à-vis de la métamitron et d'atrazine

[Response of French (F) populations of fat-hen to metamiltron and atrazine]

Population	Métamitron <sup>1</sup>		Atrazine	
	Plantes par pot (%) <sup>3</sup>	Poids frais par plante (%) <sup>3</sup>	Plantes par pot (%) <sup>3</sup>	Poids frais par plante (%) <sup>3</sup>
<b>Essai 1</b>				
Herbiseed-S <sup>2</sup>	104	35	0	0
ME.85.1-Ra <sup>2</sup>	92	77	63	89
F Roupy	79	36	4	86
F Moranval	86	64	74	93
F Tarleresse	94	61	87	72
F Frières-Faillouël	94	56	63	65
F Villers-St-Christophe	79	74	115	69
<b>Essai 3</b>				
Herbiseed-S <sup>2</sup>	75	37	1	1
ME.85.1-Ra <sup>2</sup>	144	42	100	46
F Brutelles	71	45	4	4
F Wancourt	76	54	5	96
F Martainneville	89	75	92	96
F Saint-Aubin	105	71	135	72
F Hordain	66	90	91	87
F Berville	73	82	63	140

<sup>1</sup> Poids foliaire frais moyen pour 2 et 4 mg/kg de métamitron.

<sup>2</sup> Populations de référence: S = sensible aux herbicides; Ra = résistant à l'atrazine.

<sup>3</sup> Pourcentage du témoin non-traité correspondant

## DISCUSSION

La confirmation de résistance à la métamitron dans des populations belges et françaises de chénopode blanc démontre que ce phénomène peut expliquer, au moins partiellement, les échecs de lutte en betterave sucrière. Pourtant, la détection de résistance à la métamitron dans quelques populations françaises échantillonnées par l'ITB dans des champs où le contrôle des chénopodes n'avait pas posé un problème particulier, illustre la possibilité d'une présence de biotypes avec résistance à cet herbicide dans des champs avec contrôle toujours adéquat de cette espèce.

Le fait que la plupart des origines belges et françaises avec résistance à la métamitron, une triazinone, sont également résistantes à l'atrazine, une s-triazine, laisse supposer qu'il y a une relation entre les deux résistances. Ces deux herbicides ont une parenté chimique étroite et le même mode d'action: inhibition de la photosynthèse au photosystème II. Chez le chénopode blanc avec résistance chloroplastique à l'atrazine due à la mutation Ser264 à Gly dans le gène *psbA*, il existe une résistance croisée vis-à-vis d'autres herbicides inhibiteurs du photosystème II (Sous-groupe C<sub>1</sub> de l'HRAC) tels que la métamitron, la métribuzine, la

chloridazone et le lénacile (De Praeter, 1983 ; Vercruyse, 1984 ; Bulcke *et al.*, 1985 ; Fuerst *et al.*, 1986). Les résultats non-publiés d'essais plus récents avec une sélection de ces populations belges et françaises et des herbicides tels que la métribuzine, la chloridazone et le lénacile ont révélé un profil de résistance qui indique la présence d'une telle résistance chloroplastique dans ces populations. Les analyses de séquençage de l'ADN du gène *psbA* devront apporter confirmation.

Cependant, le degré de résistance croisée vis-à-vis de la métamitronne comme observé par De Praeter (1983) chez une population résistante à l'atrazine est plutôt faible (ED50 R/ED50 S = 3), ce qui ne facilite pas une différenciation nette entre la référence sensible et certaines populations résistantes. Le comportement de la référence sensible 'Herbiseed-S' complique une telle opération de plus. Les résultats non-publiés d'essais récents ont apporté quelques informations intéressantes. Tout d'abord, une comparaison de la référence sensible 'Herbiseed-S' avec une population récoltée dans un champ sous gestion organique pendant plus de 25 ans, n'a pas pu révéler des différences significatives en ce qui concerne leur comportement vis-à-vis de la métamitronne incorporée avant le semis. Même à des concentrations plus élevées que celles utilisées dans la présente étude, il y eu des survivantes. Deuxièmement, quand appliquée en post-levée à une dose utilisée dans les systèmes à doses réduites, la métamitronne a provoqué l'élimination complète de ces populations sensibles et permis une différenciation nette entre sensibles et résistantes. Ainsi, il serait intéressant de vérifier la présence d'un mécanisme accordant à cette espèce une certaine tolérance en fonction du mode d'application (présemis ou post-levée).

Quant à l'origine du phénomène de résistance du chénopode blanc en champs de betterave sucrière, les résultats de la présente étude supportent deux hypothèses. Suivant la première hypothèse, des biotypes avec résistance à l'atrazine ont été sélectionnés antérieurement par l'utilisation de l'atrazine en culture de maïs dans la rotation ou de tels biotypes ont été importés, par exemple par l'application de lisier contenant des semences de chénopode résistant. Ainsi, ces biotypes avec résistance croisée à la métamitronne se sont ensuite manifestés en betterave sucrière. Une autre possibilité réside dans la sélection de biotypes résistants par la métamitronne elle-même, lors de chaque culture de betterave sucrière dans un champ donné; ces biotypes auraient alors une résistance croisée à l'atrazine. Le fait que certains des champs à problèmes n'ont jamais été cultivés en maïs avec application d'atrazine dans la rotation pourrait conforter cette deuxième hypothèse.

## CONCLUSION

La détection de résistance à la métamitronne dans des populations de chénopode blanc provenant de plusieurs régions betteravières de Belgique et de France, démontre l'extension importante du phénomène. Cependant, le désherbage de la betterave, qui associe toujours 3 ou 4 matières actives avec des modes d'action différents, doit permettre de conserver une efficacité suffisante sur cette adventice. La mise en évidence de biotypes résistants montre l'importance de bien gérer le désherbage sur l'ensemble de la rotation.

La présence de résistance (croisée) à l'atrazine dans les populations résistantes à la métamitronne laisse supposer qu'il s'agit d'un type de résistance chloroplastique déjà connu. Des analyses de séquençage de l'ADN du gène *psbA* devront apporter confirmation de cette hypothèse. Une attention particulière devrait être portée au comportement vis-à-vis de la métamitronne de quelques populations partiellement résistantes à l'atrazine et de la référence sensible.

Le biotest utilisé paraît utile pour faire le monitoring de la résistance à la métamitronne et à l'atrazine; par contre, pour la métamitronne, une comparaison de traitements faits respectivement en présemis et post-levée s'impose.

## REMERCIEMENTS

Cette recherche a reçu un support financier de la part de IWT-Vlaanderen (Institute for the Promotion of Innovation by Science and Technology in Flanders, Projet 50625), de SUBEL (Société Générale des Fabricants de Sucre de Belgique) et de la CBB (Confédération des Betteraviers Belges). Nous apprécions également l'approvisionnement en échantillons de semences de chénopode de la part de Henri De Marneffe (ISI-Huy) dans le cadre de son stage à l'IRBAB.

## BIBLIOGRAPHIE

Arntzen C., Pfister K., Steinback K.E., 1982. The mechanism of chloroplast triazine resistance: alterations in the site of herbicide action. In: LeBaron H.M., Gressel J. *Herbicide Resistance in Plants*. John Wiley and Sons, New York, 185-214.

Bulcke R., De Vleeschauwer J., Vercruyssen J., Stryckers J., 1985 - Comparison between triazine-resistant and -susceptible biotypes of *Chenopodium album* L. and *Solanum nigrum* L. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen. Rijksuniversiteit Gent*, 50, 2a, 211-220.

De Praeter H., 1983 - Resistentie ten aanzien van 1,3,5-triazinen bij melganzevoet, *Chenopodium album* L., en bij straatgras, *Poa annua* L. *Werk van einde studiën Akademiejaar 1982-1983, Fakulteit van de Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent*.

Fuerst E.P., Arntzen C.J., Pfister K., Penner D., 1986 - Herbicide cross-resistance in triazine-resistant biotypes of four species. *Weed Science*, 34, 344-353.

Gasquez J., 1981 - Evolution de la résistance aux triazines chez les espèces annuelles: la résistance chloroplastique. *Compte Rendu 11<sup>ème</sup> Conférence COLUMA*, Tome IV, 981-1008.

Heap I., 2007 - The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online. Internet. Disponible à [www.weedscience.com](http://www.weedscience.com).

Hermann O., 1993 - Le système FAR: pour un usage judicieux des herbicides. *Revue de l'Agriculture*, 45, 167-172.

HRAC, 2005 - Classification of herbicides according to mode of action. *Herbicide Resistance Action Committee, Version 2005*. Online à [www.plantprotection.org/hrac](http://www.plantprotection.org/hrac).

Mechant E., Bulcke R., 2005 - Protocol Detection of resistance to metamilon in fat hen (*Chenopodium album* - CHEAL) from sugar beet. Ghent University, Weed Science Unit, B-9000 Gent, 6 p.

Mechant E., Bulcke R., 2006 - Cross-resistance profile of metamilon-resistant *Chenopodium album* L. biotypes from sugar beet. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XX*, 147-153.

Mechant E., Bulcke R., Maeghe L., 2005 - Resistance to metamilon in *Chenopodium album* from sugar beet. A tale of the (un)expected? *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 70, 3, 501-506.

Vercruyssen J., 1984 - Vergelijkend onderzoek van 1,3,5-triazine-resistente en -gevoelige biotypen van melganzevoet (*Chenopodium album* L.). *Werk van einde studiën Akademiejaar 1983-1984 Fakulteit van de Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent*.

Wellmann A., Schäufele W., Märländer B., 2000 - Schadschwellenkonzepte für eine zeitlich variierte Verunkrautung in Zuckerrüben. *Zuckerrübenindustrie*, 125, 9, 702-714.