

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

GERER LE RISQUE DE RESISTANCE DE L'AMBROISIE A FEUILLES D'ARMOISE (*AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA* L.) AUX INHIBITEURS DE L'ALS EN CULTURES DE TOURNESOL ET DE SOJA

F. DUROUEIX ⁽¹⁾ ET F. VUILLEMIN ⁽²⁾

⁽¹⁾ Terres Inovia, 1 rue Péchabout – 47000 AGEN, France, f.duroueix@terresinovia.fr

⁽²⁾ Terres Inovia, Avenue Lucien Brétignières, 78370 THIVERVAL-GRIGNON, France, f.vuillemin@terresinovia.fr

RÉSUMÉ

Dans un contexte où un cas de résistance aux inhibiteurs de l'ALS de l'ambrosie à feuille d'armoise a été identifié en 2015, il est nécessaire d'actionner tous les leviers alternatifs à cette pression de sélection. Les références Terres Inovia acquises en soja et tournesol (régions Midi-Pyrénées, Poitou-Charentes, Rhône-Alpes) mettent en évidence, pour des programmes avec imazamox, l'efficacité de modes d'action chimiques alternatifs à ce mode d'action : aclonifen + flurtamone pour le tournesol, métobromuron et bentazone pour le soja. D'autres résultats montrent clairement que le complément au désherbage chimique apporté par le binage est un réel moyen de gérer les populations et donc de baisser la pression de sélection de l'imazamox. Enfin, notre conseil intègre aujourd'hui le décalage de la date semis sur les deux cultures. Il est conforté par une expérimentation récente sur soja. Tous ces résultats permettent aujourd'hui de proposer des stratégies de gestion de l'ambrosie à feuilles d'armoise et de son risque de développer la résistance.

Mots-clés : ambrosie à feuilles d'armoise, résistance, modes d'action alternatifs, date de semis, binage.

ABSTRACT

MANAGING RISK OF *AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA* RESISTANCE TO ALS INHIBITORS IN SUNFLOWER AND SOYBEAN CROP

As a case of *Ambrosia artemisiifolia* resistance to ALS sheet was identified in 2015, it is necessary to activate all alternative levers to this selection pressure. Terres Inovia trials results on soybean and sunflower (Midi-Pyrénées, Poitou-Charentes, Rhône-Alpes) show, for herbicide programs with imazamox, efficacy of alternative chemical modes of action : aclonifen + flurtamone for sunflower, metobromuron and bentazon for soybean. Other results clearly show that hoeing is a real way to manage the populations and reduce the selection pressure of imazamox in addition to chemical control. For sunflower and soybean, Terres Inovia advices integrate the delay of sowing date. It is supported by a recent experiment on soybean. All these results allow to suggest strategies for the management of *Ambrosia artemisiifolia* and for the resistance risk.

Keywords: *Ambrosia artemisiifolia*, resistance, different modes of action, sowing date, hoeing.

INTRODUCTION

L'ambrosie à feuille d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia* L.) est une espèce invasive qui pose des problèmes de santé publique en raison de son pollen allergisant. Présente en France, elle est fortement implantée en région Rhône-Alpes et progresse en régions Bourgogne, Centre, Midi-Pyrénées et Poitou-Charentes (Fumanal, 2007 ; rapport ACTA, 2008).

Dans les grandes cultures, l'ambrosie, de par son cycle biologique, se développe en cultures de printemps, en particulier dans le tournesol, le soja, le maïs, le sorgho et même le pois. Elle est particulièrement nuisible (Chollet *et al.*, 1999). Cette nuisibilité est variable selon la densité de l'adventice, le type de culture et l'efficacité des méthodes de gestion utilisées (Martinez and Chauvel, 2013). En culture de tournesol, une perte de l'ordre de 3q/ha par tranche de 10 ambrosies au m² avec une perte de rendement qui peut aller jusqu'au 2/3 de la récolte est observée (Chollet, 2012). La bibliographie sur la nuisibilité de cette adventice en culture de soja fait état d'une nuisibilité du même ordre avec une perte de rendement de 8% pour 4 ambrosies pour dix mètres linéaires de soja (Coble *et al.*, 1981). La lutte contre cette adventice est donc un enjeu majeur pour les producteurs.

Le contrôle de l'ambrosie en culture de printemps représente une réelle difficulté pour les producteurs en raison du faible nombre de substances actives à la fois efficaces et sélectives de la culture. C'est particulièrement le cas pour les cultures de plantes dicotylédones, le tournesol et le soja en particulier.

La lutte contre l'ambrosie, comme pour d'autres adventices dicotylédones réputées difficiles, a significativement évolué avec le développement des herbicides de la famille des inhibiteurs de l'acétolactate synthase (ALS) du groupe HRAC B (Herbicide Resistance Action Committee).

La France est depuis de nombreuses années impactée par la résistance des adventices à ce mode d'action. Cela concerne majoritairement les graminées mais le développement de la résistance des dicotylédones est aujourd'hui une réalité (Denieul *et al.*, 2016).

Les Etats-Unis ne sont certainement pas seuls concernés par la résistance de l'ambrosie à feuille d'armoise aux inhibiteurs de l'ALS (Heap, 2016). Il n'y a aucune raison que le phénomène ne s'étende pas à l'Europe, notamment en France, en Italie, en Hongrie, en Roumanie ou en Bulgarie. Il est en effet possible d'y rencontrer aussi des systèmes de culture à risque : rotations à base de cultures de printemps (maïs, tournesol, soja), systèmes avec travail du sol simplifié impliquant un faible recours aux herbicides de prélevée à modes d'action alternatifs.

Dans nos systèmes de culture Français, nous considérons que les céréales d'hiver et les protéagineux ne sont pas des cultures favorisant particulièrement ce risque. Cependant, ces cultures d'hiver ou de début de printemps libèrent les sols très tôt ce qui favorise le développement des premières levées d'ambrosie et génère de nouvelles levées en interculture. Si une mauvaise gestion des chaumes en été (absence de destruction des levées printanières et estivales des ambrosies à feuille d'armoise) n'exerce pas de pression de sélection, elle favorise une forte croissance du stock semencier, ce qui augmente fortement la probabilité d'apparition d'individus résistants aux herbicides (Gasquez, 2001).

C'est en culture de printemps, lorsque les herbicides visent directement l'ambrosie, que peut s'exercer la pression de sélection. Elle peut être modérée sur maïs ou sorgho car les inhibiteurs de l'ALS sont insuffisants seuls et le contrôle de cette adventice repose sur d'autres modes d'action tels que le groupe HRAC F2 (isoxaflutole, mésotrione, etc...) et le groupe HRAC C3 (bromoxynil) (infloweb, 2016).

La lutte contre l'ambrosie à feuille d'armoise en culture de tournesol se limitait, jusqu'en 2009, à l'application en prélevée d'une association aclonifen + flurtamone (350 g/l + 94 g/l ; NIKEYL ; groupes HRAC F3+F1). Depuis, l'introduction sur le marché des variétés tolérantes aux herbicides (VTH), à l'imazamox (variétés Clearfield tournesol, herbicide PULSAR 40 à 40 g/l) et au tribénuron-méthyl (variétés ExpressSun, herbicide EXPRESS SX à 50%), deux herbicides inhibiteurs de l'ALS, a

significativement fait évoluer les pratiques. Les applications d'herbicides sont désormais possibles en postlevée et le niveau d'efficacité de la lutte, que ce soit contre l'ambrosie ou contre d'autres flores spécifiques, est sans commune mesure avec celui des herbicides de prélevée. En parallèle, l'imazamox a aussi été développé et homologué en culture de soja. De nombreuses impasses techniques sont ainsi levées, notamment sur ambrosie contre laquelle la lutte se limitait à l'emploi en postlevée de bentazone (87% ; BASAGRAN SG ; groupe HRAC C3), moins efficace.

En raison de rotations courtes, type tournesol ou soja 1 an sur 2 voire plus pour le soja et de populations souvent abondantes dans les parcelles, le risque de développement d'une résistance aux inhibiteurs de l'ALS était jugé, dès 2010, comme significatif (Duroueix *et al.*, 2010). Ceci nous est confirmé en 2015 par l'analyse des pratiques réalisées au travers de l'outil R-SIM. Cet outil d'aide à la décision, qui s'appuie sur les recommandations du HRAC et sur l'expertise des instituts techniques de grandes cultures, évalue le risque d'apparition de résistances aux herbicides selon la flore présente, la rotation et les herbicides employés (Lieven *et al.*, 2013). L'outil contribue au suivi des pratiques mises en place dans le cadre du plan d'accompagnement VTH (Duroueix, 2014). L'analyse de 200 parcelles en culture de tournesol entre 2013 et 2015, principalement des régions Poitou-Charentes et Rhône-Alpes, montre un risque de développement de résistance élevé dans 14% des cas et un risque moyen dans 44% des cas. Sur les 135 parcelles en rotation tournesol / blé, le risque de niveau élevé s'élève à 19% des cas. Ces niveaux de risque les plus élevés correspondent à un contrôle uniquement basé sur l'inhibiteur de l'ALS. Le niveau de risque est moyen lorsque la lutte fait appel à un programme à base d'acnifén + flurtamone en prélevée suivi d'une application de postlevée à base d'imazamox ou de tribénuron-méthyl. Le niveau le plus faible correspond au même programme en situation de faible pression (<15 plantes/m²) ou à une impasse sur le désherbage à base d'inhibiteur de l'ALS.

En culture de soja, le risque de développement d'une résistance aux inhibiteurs de l'ALS peut être plus élevé. L'expertise de Terres Inovia montre que l'imazamox s'est substitué à la bentazone et, de fait, aucun autre herbicide de prélevée ou de postlevée à mode d'action alternatif aux inhibiteurs de l'ALS n'est efficace contre l'ambrosie. Le retour de la culture dans l'assolement peut être également plus important qu'en culture de tournesol (succession de soja, rotation avec tournesol) ce qui accentue la fréquence d'application de l'imazamox et donc la pression de sélection. L'enquête postale Terres Inovia réalisée en 2012 sur un échantillon national de 334 parcelles montrait que 20% des parcelles de soja ont une fréquence de retour de 1 année sur 2, 10% étaient précédées d'un soja et dans 7% des parcelles, le soja est cultivé 4 années ou plus sur 6.

C'est dans une situation de ce type, une monoculture de soja, que le premier cas de résistance de l'ambrosie à feuille d'armoïse aux inhibiteurs de l'ALS a été identifié en France, dans le Tarn-et-Garonne, en 2015 (Délye *et al.*, 2015). Récemment, une étude a mis en évidence par sélection récurrente un risque de résistance aux inhibiteurs ALS non liée à la cible (Meyer *et al.*, 2016).

MATERIEL ET METHODE

La gestion du risque de résistance de l'ambrosie à feuilles d'armoïse aux herbicides inhibiteurs de l'ALS passe par la limitation de la pression de sélection. Les leviers sont nombreux, ils constituent un ensemble d'actions agissant sur la destruction des plantes et sur l'épuisement du stock grainier de façon alternative à ce mode d'action. Nous ne traiterons pas ici de la gestion des bords de champs qui doit cependant être intégrée à la lutte contre cette espèce rudérale.

L'ambrosie à feuille d'armoïse étant une espèce printanière et estivale, la rotation est le premier levier à mettre en œuvre en alternant culture d'hiver et culture de printemps. Ce déstockage grainier opéré via la culture d'hiver est efficace grâce à une destruction rigoureuse des plantes en interculture, sur chaumes (Pauget *et al.*, 2016).

La rotation est aussi l'occasion de valoriser au mieux les modes d'action alternatifs et efficaces, en programme (plusieurs applications) ou en association (mélange). La diversification des cultures de printemps et notamment l'alternance entre oléagineux, maïs ou sorgho, est aussi l'occasion de faire entrer d'autres modes d'action tel que le groupe HRAC F2 des substances actives isoxaflutol, mésotrione, tembotrione, etc... (Pauget *et al.*, 2016). C'est le principe de l'alternance des modes d'action.

L'ambrosie germe principalement de fin mars à fin avril ; en zones de cultures, sa levée coïncide avec la mise en place des cultures de printemps (Fumanal, 2007). Mais sa période de levée peut s'étendre de mars à août, tant qu'elle bénéficie de la lumière pour stimuler son développement (Delabays, 2005). Des expérimentations ont montré que les levées d'ambrosie sont plus nombreuses pour les graines à la surface du sol que pour celles étant plus en profondeur (levées décroissantes avec la profondeur d'enfouissement allant de 2 à 8 cm) et aucune germination n'a été observée à une profondeur de 10-12 cm (Guillemin and Chauvel, 2011). C'est le travail du sol, en remontant les graines en surface, qui génère une grande partie des germinations. Une gestion appropriée de l'ambrosie est alors de préparer le sol à une date précoce (début avril) et de décaler la date de semis. Avant de réaliser cette intervention, il s'agit de détruire les levées d'ambrosie avec un herbicide à base de glyphosate afin d'éviter qu'une nouvelle intervention mécanique ne génère de nouvelles levées. Pour cela, il faut que la culture puisse tolérer un décalage de la date de semis sans trop amputer le potentiel de rendement. C'est le cas pour le tournesol et le soja.

En 2016, l'essai S16AMB79001 est mis en place dans l'objectif de confirmer ce raisonnement. L'essai est implanté dans le département des Deux-Sèvres en dispositif à deux blocs. La première date de semis a lieu le 2 mai et la deuxième le 20 mai. Les ambrosies déjà levées avant chaque semis sont détruites (glyphosate pour la date 1 ; travail du sol pour la date 2). L'ensemble de l'essai a été désherbé en prélevée avec de la pendiméthaline à 920 g/ha afin de limiter l'infestation des adventices autres que l'ambrosie. L'imazamox à 50 g/ha est appliqué au stade 4 feuilles du soja le 2 juin pour la date 1 et le 24 juin pour la date 2. La densité des adventices est évaluée à l'aide d'un cadre et l'efficacité utilise la méthode visuelle. Celle-ci prend en compte la réduction de peuplement et la réduction du biovolume.

Pour toutes les cultures et quel que soit le mode d'action, la réussite du désherbage, faisant appel aux bonnes conditions météorologiques (humidité du sol, hygrométrie), aux bons stades des adventices pour la postlevée (réalisation du meilleur compromis entre population présente et stade de plus grande sensibilité aux herbicides) et à la bonne dose (dose la plus adaptée à la mauvaise herbe ciblée) conditionne le maintien de la population d'adventices à un niveau acceptable et plus facilement contrôlable par les herbicides. Cette réussite limite aussi la probabilité d'apparition de la résistance, notamment la résistance non liée à la cible. Ce raisonnement s'applique particulièrement aux inhibiteurs de l'ALS.

Le protocole des essais de lutte contre l'ambrosie mis en place par Terres Inovia de 2006 à 2015 permet d'évaluer la stratégie optimale d'emploi de l'imazamox. Ces essais, en bloc de Fisher à trois répétitions avec témoins non traités semi-adjacents, sont implantés dans la Drome et dans les Deux-Sèvres. Ils évaluent l'intérêt du fractionnement de l'imazamox à 50 g/ha en mélange avec de l'huile (ACTIROB B 1 l/ha) en deux applications (2 fois 25 g/ha à 8-10 jours d'intervalle) ou le bénéfice, en application unique, du mélange de cette dose avec un adjuvant de type huile (ACTIROB B 1l/ha ou DASH HC 1 l/ha). Le développement récent de nouveaux hybrides de tournesol tolérant à l'imazamox (technologie Clearfield Plus - BASF) permet ce type de mélange, contrairement aux hybrides Clearfield. Dans ces conditions, ces derniers peuvent en effet exprimer une décoloration marquée.

Ces essais permettent également d'évaluer l'intérêt des stratégies de désherbage à base d'acifluorfen et de flurtamone (groupe HRAC F1 et F3) en prélevée à 2 l/ha précédant l'application d'imazamox.

Ces stratégies faisant intervenir un mode d'action alternatif aux inhibiteurs de l'ALS font l'objet, en 2016, d'une expérimentation en culture de soja. Terres Inovia a mis en place deux essais. L'un est implanté dans le département du Tarn-et-Garonne (S16DAM82 – semis le 11 mai), l'autre dans les Deux-Sèvres (S16DAM79 – semis le 25 mai). C'est un dispositif bloc de Fischer à trois répétitions avec témoins non traités semi-adjacents. Deux modes d'actions alternatifs aux inhibiteurs de l'ALS ayant une action contre l'ambrosie y sont étudiés. En prélevée, ces essais évaluent l'intérêt d'un herbicide à base de métobromuron (produit BCP222H, métobromuron 500 g/l, développé par la société Belchim Crop Protection, demande d'AMM en cours. Groupe HRAC C2) en programme, suivi d'une application de postlevée avec imazamox à 50 g/ha. Le métobromuron est comparé à la référence pendiméthaline 920 g/ha (PROWL 400). L'application de prélevée n'est pas évaluée seule car nous considérons que cette stratégie est insuffisante contre une telle adventice.

Dans l'essai des Deux-Sèvres, le protocole vise également à évaluer une valorisation optimale de la bentazone (Groupe HRAC C3), substance active moins efficace que l'imazamox mais pouvant contribuer à abaisser sa pression de sélection. La bentazone est utilisée seule en programme avec imazamox ou en programme avec l'association bentazone 480 g/l + imazamox 22.5 g/l (produit commercial CORUM).

Le désherbage mécanique en végétation est considéré comme un levier important pour contrôler les adventices. Il peut lui aussi constituer un levier à actionner pour limiter la pression de sélection des inhibiteurs de l'ALS. Contre l'ambrosie à feuille d'armoise, le binage paraît être la piste la plus sérieuse, en raison de son efficacité et de son intégration facile dans un programme mixte (désherbage chimique et mécanique). Cette synthèse fait appel à des résultats expérimentaux acquis sur tournesol en 2004 en parcelles agriculteurs dans le département de l'Isère (essais sans répétition). En culture de soja, un essai est mis en place dans le département du Tarn-et-Garonne (S16AMB82). Le dispositif à trois répétitions en blocs de Fisher a pour but d'évaluer l'efficacité du binage dans un programme de désherbage à base de pendiméthaline à 920 g/ha en prélevée puis d'imazamox à 50 g/ha en postlevée à 4 feuilles du tournesol (comparaison avec et sans binage). Le semis et le désherbage de prélevée sont réalisés le 11 mai. L'application d'imazamox en postlevée est réalisée le 6 juin. L'opération de binage s'est déroulée le 23 juin.

RESULTATS

Essai date de semis en culture de soja (S16AMB79)

Avant le semis de la date 1 (2 mai) et avant destruction, la densité de l'ambrosie est très homogène et s'élève déjà à 85 plantes/m². Entre la date de semis 1 et la date de semis 2 (20 mai), nous observons une levée de 71 ambrosies par m² dans les témoins non traités. Le décalage de la date de semis en date 2 et la destruction des levées permet ainsi de réduire la pression de l'ambrosie de 64% avec un peuplement final de 39 plantes/m² au lieu de 110 plantes/m² pour la date 1 (figure 1). Sur la première date de semis, l'action de l'imazamox à 50 g/ha est difficile en raison d'une application un peu tardive (4-5 feuilles du tournesol) et d'un peuplement de l'ambrosie important. La notation finale montre une efficacité finale de 30% (figure 2). Cette efficacité s'élève à 60% en date 2 (efficacité par rapport au témoin non traité date 2), parce que le peuplement est plus faible mais aussi parce que l'imazamox est appliqué de façon plus précoce (4 feuilles du tournesol). Pour juger l'intérêt de cette stratégie globale nous avons réalisé une notation d'efficacité en référence au témoin non traité de la date 1. L'efficacité finale s'élève alors à 85%. L'expérimentation 2016 confirme donc un niveau d'action significatif du décalage de la date de semis.

Figure 1 : densité de l'ambroisie dans les témoins non traités à deux dates de semis et jusqu'à la notation finale (nombre de plantes / m²). *Ambrosia artemisiifolia* density in untreated control according to the sowing date.

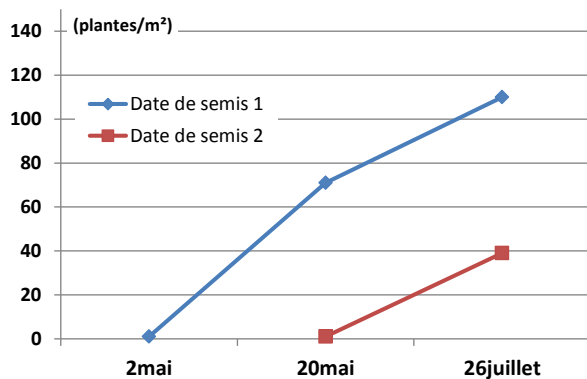
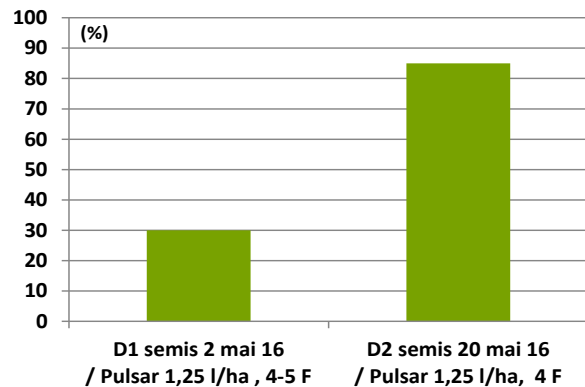


Figure 2 : efficacité finale (%) en comparaison avec le témoin non traité de la date 1 d'un programme à base d'imazamox 50g/ha selon deux dates de semis. Destruction de l'ambroisie avant semis. Final efficacy of weeding program with imazamox 50g a.i./ha according sowing date (reference = untreated control sowing date 1)



Essais sur les stratégies de lutte chimique en culture de tournesol.

Les essais Terres Inovia menés entre 2006 et 2010 montrent que l'herbicide de prélevée associant acclonifen + flurtamone, employé à 2 l/ha en prélevée, suivi d'une application de postlevée à base d'imazamox (50 g/ha) ou de tribenuron-méthyl (30 g/ha) constitue un programme efficace dans lequel la pression de sélection de l'inhibiteur de l'ALS est plus limitée en comparaison d'une lutte uniquement à base de postlevée (Duroueix *et al.*, 2010).

Les résultats acquis entre 2006 et 2015 montrent que le fractionnement de la dose d'imazamox à 50 g/ha en deux applications en association avec de l'huile ACTIROB B à 1 l/ha permet un gain d'efficacité de 10% en comparaison de l'application unique (Figure 3). En application unique d'imazamox à 50 g/ha le mélange avec un adjuvant de type huile (ACTIROB B ou DASH HC) offre un gain d'efficacité de 8 à 22% (figure 4). Il faut préciser que le gain d'efficacité n'est pas systématique sur toutes les espèces.

Figure 3 : Efficacité (% par essai et moyenne) du fractionnement en 2 applications de l'imazamox à 50 g/ha avec huile ACTIROB B au stade 2-4F du tournesol. 10 essais de 2006 à 2013. Splitting imazamox 50 g a.i./ha with oil (ACTIROB B), stage sunflower 2-4 leaves. Efficacy (% by trial and average). 10 trials 2006-2015.

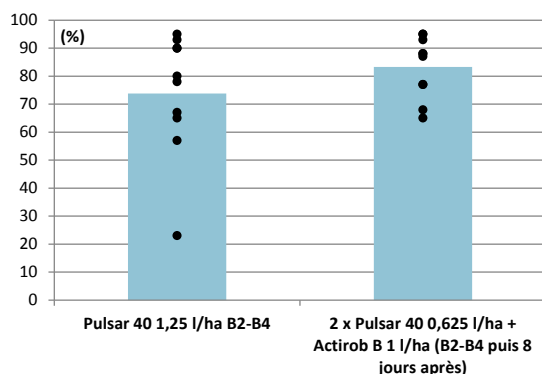
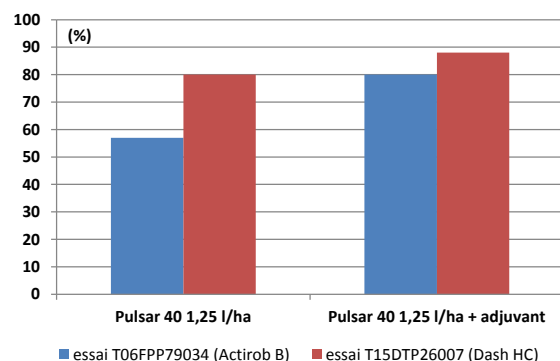


Figure 4 : efficacité (%) de DASH HC ou de l'huile ACTIROB B avec imazamox 50 g/ha (stade 2-4 feuilles du tournesol). 2 essais 2006 et 2015. Efficacy (%) with adjuvants DASH HC or oil ACTIROB B + imazamox 50 g a.i. /ha. 2 trials 2006 and 2015.



Essais sur les stratégies de lutte chimique en culture de soja.

Dans ces essais fortement infestés (55 et 139 plantes/m²), l'année 2016 a été particulièrement favorable à l'action des herbicides racinaires de prélevée en raison d'une pluviométrie nettement suffisante et idéalement répartie. Nous observons ainsi une bonne efficacité du programme avec métobromuron contre l'ambrosie en comparaison du programme de référence avec pendiméthaline (tableau 1). En effet, le facteur métobromuron à 1250 g/ha apporte un bénéfice de 33% à l'efficacité finale. Le bénéfice est plus important avec le programme associant métobromuron + Smétolachlore (supplément de +9%). Enfin, l'effet dose est marqué puisque l'efficacité du métobromuron décline à la dose de 750 g/ha.

Les applications de postlevée, que ce soit dans les exploitations ou en expérimentation, sont délicates à positionner tant la croissance des cultures et des adventices est rapide sur la période mai-juin. Dans nos essais, ces applications dépassent légèrement le stade prévu au protocole (4 à 5 feuilles du tournesol au lieu de 4 feuilles) et se traduisent par des efficacités finales non satisfaisantes (efficacité moyenne de 51%). Le fractionnement de la dose d'imazamox en deux applications (2 fois 25 g/ha + huile 1 l/ha) n'offre pas de réel bénéfice (-3%) sauf si c'est le métobromuron à 1250 g/ha qui est appliqué en prélevée. Lorsque la première application de postlevée est avancée de quelques jours (-14 et -4 jours) nous observons un gain de 9% d'efficacité dans les deux essais.

Sur une base de pendiméthaline en prélevée, l'essai des Deux-Sèvres montre qu'en stratégie de postlevée à deux applications, le produit commercial associant bentazone et imazamox (soit 2 x 300 g/ha de bentazone + 2 x 14 g/ha d'imazamox au total) avec l'adjuvant DASH HC n'offre pas de gain d'efficacité lorsqu'il est substitué au produit à base d'imazamox seul (2 x 25 g/ha au total). Le niveau d'efficacité est par contre plus intéressant lorsque la dose de ce produit à deux substances actives est augmentée à 1 l/ha (bentazone 480 g/ha + imazamox 22.5 l/ha) suivi d'une application d'imazamox seul à 25 g/ha (avec huile), soit une dose totale d'imazamox de 47 g/ha. Ici, la dose de bentazone est renforcée en première application ce qui explique une partie de l'augmentation de cette efficacité (67% contre 43%). Le programme faisant succéder 870 g/ha de bentazone et 25 g/ha d'imazamox apporte un meilleur niveau d'efficacité (efficacité de 70%) et, en termes de pression de sélection, c'est celui qui dépend le moins de l'imazamox.

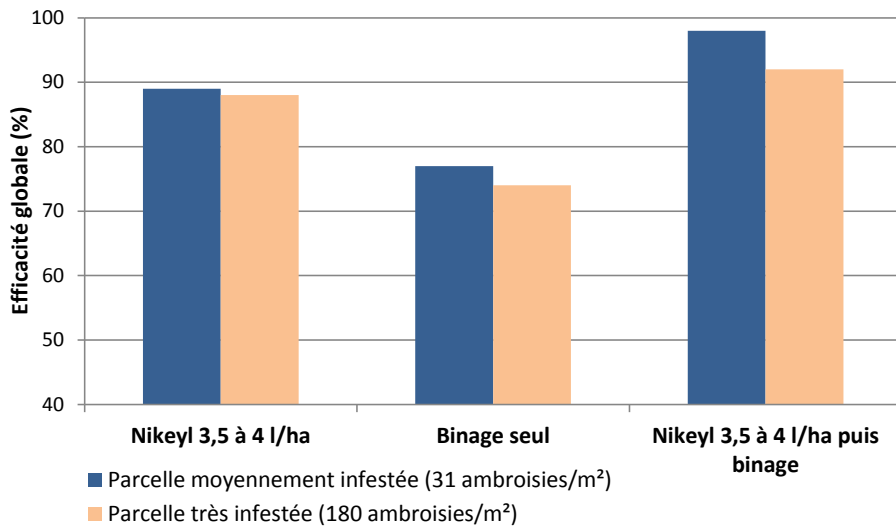
Tableau 1: Efficacité contre *Ambrosia artemisiifolia* (%) des programmes avec imazamox intégrant le métobromuron en prélevée (BCP222H = 500 g/l) et la bentazone (Basagran SG = 87% ; Corum = bentazone 480 g/l + imazamox 22.5 g/l). Deux essais Terres Inovia 2016. Acti = huile Actirob B. Efficacy of herbicide programs with imazamox integrating pre-emergence metobromuron (BCP222H = 500 g/l) and post-emergence bentazon (Basagran SG = 87% ; Corum = bentazone 480 g/l + imazamox 22.5 g/l). Two trials 2016.

Prélevée S16DAM79 : 25mai16 S16DAM82 : 11mai16	soja 2-3 feuilles S16DAM79 : 21jun16 / 3-4F S16DAM82 : 6jun16 / 3-4 F	soja 3-4 feuilles S16DAM79 : 24jun16 / 4 F S16DAM82 : 20jun16 / 5 F	8-10 jours après S16DAM79 : 1jul16 / 5 F S16DAM82 : 30 jun / 6-7 F	EFFICACITE (%) Essai S16DAM79 (139 pl/m ²) notation 26jul16	EFFICACITE (%) Essai S16DAM82 (55 pl/m ²) notation 28jul16	EFFICACITE (%) moyenne
Prowl 400 2.3 l		Pulsar 40 1.25 l		52	50	51
BCP222H 2.5 l		Pulsar 40 1.25 l		83	85	84
BCP222H 1.5 l		Pulsar 40 1.25 l		78	78	78
Mercantor Gold 1.2 l + BCP222H 2.5 l		Pulsar 40 1.25 l		94	93	93
BCP222H 2,5 l		Pulsar 40 0,625 l + Acti. 1 l	Pulsar 40 0,625 l + Acti. 1 l	88	92	90
Prowl 400 2.3 l		Pulsar 40 0,625 l + Acti. 1 l	Pulsar 40 0,625 l + Acti. 1 l	43	53	48
Prowl 400 2.3 l	Pulsar 40 0,625 l + Acti. 1 l		Pulsar 40 0,625 l + Acti. 1 l	63	58	60
Prowl 400 2.3 l		Corum 1 l + Dash HC 1 l	Pulsar 40 0,625 l + Acti. 1 l	67		
Prowl 400 2.3 l		Basagran SG 1 kg + Li700	Pulsar 40 0,625 l + Acti. 1 l	70		
Prowl 400 2.3 l		Corum 0.625 l + Dash 1 l	Corum 0.625 l + Dash 1 l	43		

Essais avec binage

En situation de forte infestation (31 et 180 ambrosies/m²), les parcelles de tournesol suivies en 2004 dans l'Isère montrent que le binage présente une action significative sur l'ambrosie avec 77 et 74% d'efficacité (figure 5) mais ce moyen de contrôle n'est cependant pas suffisant car les ambrosies présentes sur le rang de semis demeurent très concurrentielles (Rapport ACTA, 2008). La combinaison de ce binage avec un herbicide, ici en succédant à l'association aclonifen + flurtamone (herbicide à 3,5 et 4 l/ha), peut aboutir à une réelle stratégie de contrôle (90 et 98% d'efficacité).

Figure 5 : Efficacité (%) du binage après une application de prélevée avec aclonifen + flurtamone (NIKEYL). Deux essais 2004 (Isère). Efficacy (%) of hoeing after pre-emergence herbicide aclonifen + flurtamone. Two trials 2004.



Dans l'essai soja implanté en 2016, le programme de référence (pendiméthaline 920 g/ha appliquée le 11 mai, imazamox 50 g/ha le 6 juin), sans binage, aboutit à une efficacité finale, le 7 juillet, de 76% (figure 6) dans une situation de pression assez forte (55 plantes/m² dans les témoins non traités). L'efficacité finale du programme avec binage (réalisé le 23 juin) est de 93%. Le binage vient donc confirmer son niveau d'action en réduisant la densité finale d'ambrosie de 74% (4.8 plantes/m² au lieu de 18.8 – figure 6). Les ambrosies restantes après binage sont majoritairement sur le rang. Il y a 40% d'ambrosies en plus sur l'inter-rang que sur le rang.

Figure 6 : effet du binage sur la réduction du peuplement d'ambrosie à feuille d'armoise (nombre de plantes / m²). Hoeing effect on *Ambrosia artemisiifolia* density (number of plant / m²).

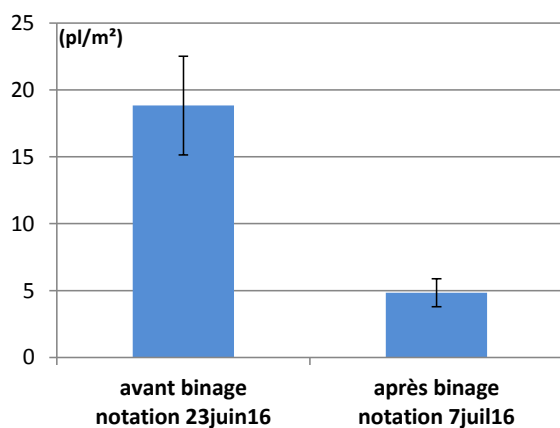
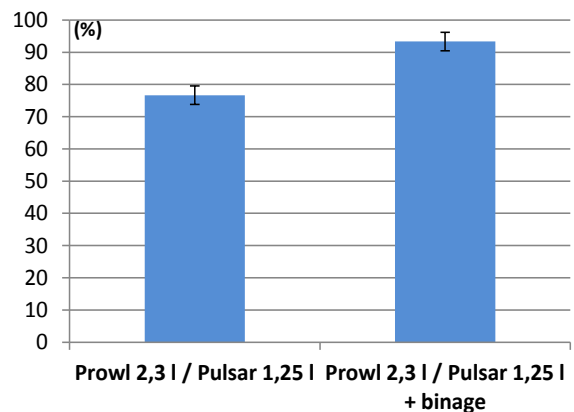


Figure 7 : efficacité finale (%) du programme prélevée puis postlevée avec imazamox 50 g/ha suivi du binage. Final efficacy (%) of weeding program with imazamox 50 g ai/ha and hoeing.



DISCUSSION

Comme l'a démontré le résultat expérimental 2016 et en complément des connaissances sur la biologie de l'ambrosie, le décalage de la date de semis est un moyen de lutte efficace que l'on doit considérer comme alternatif à l'utilisation d'un herbicide inhibiteur de l'ALS. Dans le cadre d'une stratégie de lutte avec un programme herbicide, intégrant notamment l'imazamox, nous pouvons considérer qu'il contribue à gérer le risque de résistance. D'après la bibliographie, la destruction de l'ambrosie avant semis par du glyphosate est probablement préférable car une destruction par un travail du sol peut générer de nouvelles levées dans la culture (remise en surface et levée de dormance du stock grainier). Que ce soit dans l'Est de la France (Bourgogne), dans le Centre-Ouest ou dans le Sud-Ouest, les dates de semis sont proches. L'enquête sur les pratiques culturales réalisée en 2012 par Terres Inovia montre qu'au 10 mai, 39% des semis sont réalisés. Cette année-là, 49% des semis sont réalisés entre le 11 et le 20 mai. Lorsque le levier date de semis devient incontournable à la gestion de l'ambrosie, l'objectif doit être de semer vers le 15-20 mai sans modifier la précocité variétale pour conserver le potentiel de rendement. Cette période de date de semis peut également convenir à la culture du tournesol.

Les résultats des essais herbicides présentés ici montrent que la réalisation d'un programme permet d'augmenter le contrôle de l'ambrosie à feuilles d'armoise. Plus le niveau d'efficacité des modes d'action autres que les inhibiteurs de l'ALS est élevé, meilleure sera la gestion du risque de résistance à ce mode d'action. C'est le cas pour l'utilisation du produit de prélevée à base d'acilonifen + flurtamone. Cela semble aussi être le cas en culture de soja pour le produit à base de métobromuron (1250 g/ha) en prélevée du soja ou le produit à base de bentazone seule en première application de postlevée (870 g/ha). La mise en place d'un programme de désherbage en trois passages, prélevée avec métobromuron à 1250 g/ha, première application de postlevée avec 870 g/ha de bentazone et enfin, dernière application de postlevée avec 25 g/ha d'imazamox semble être la solution la plus efficace qui limite également au mieux la pression de sélection de l'inhibiteur de l'ALS. Les résultats sur le niveau d'action du métobromuron et sur celui de la succession bentazone puis imazamox en postlevée restent cependant à consolider par une année d'expérimentation supplémentaire.

Les résultats sur l'optimisation de l'efficacité de l'imazamox en culture de tournesol permettent également d'aboutir à une pratique qui, sans baisser le risque de développer une résistance liée à la cible, peut au moins contribuer à améliorer le contrôle de l'adventice et à limiter autant que possible le risque de développer une résistance non liée à la cible. L'expérimentation montre une fois de plus que le respect d'un stade optimal de l'ambrosie est incontournable à la réussite du désherbage. Si l'on doit raisonner en stade cultural, 3-4 feuilles est le stade maximal pour le tournesol ou le soja. L'anticipation à un stade 2-3 feuilles de la culture offre une marge de sécurité.

Enfin, l'action du binage, autre levier agronomique, confirme une fois de plus son haut niveau d'efficacité. Le rôle que peut jouer le binage dans l'abaissement du niveau de pression de sélection des inhibiteurs de l'ALS reste à promouvoir malgré les difficultés de mise en pratique évoqués sur le terrain (investissement, débit de chantier, etc...).

CONCLUSION

Le recours à la postlevée, imazamox pour le tournesol et le soja, tribénuron-méthyl pour le tournesol, est un progrès indéniable dans la lutte contre l'ambrosie. Tant que cette intervention est réalisée en conditions optimales (stade sensible de l'adventice, respect de la dose, fractionnement, adjuvant), la postlevée se démarque de la prélevée par une efficacité supérieure et plus régulière. Le résultat n'est certes pas toujours satisfaisant mais une impasse sur cette intervention de postlevée ne paraît pas envisageable. Face au risque de sélectionner une résistance à ce mode d'action HRAC B, des solutions complémentaires efficaces et alternatives doivent être mises en oeuvre.

Les résultats rassemblés dans cet article montrent les bons niveaux d'efficacité de trois solutions complémentaires : le décalage de la date de semis (à réaliser à partir du 15-20 mai) avec destruction préalable des levées, si possible sans retoucher le sol pour éviter de générer de nouvelles levées (destruction chimique avec glyphosate), le désherbage de prélevée et de postlevée avec un mode d'action alternatif au groupe HRAC B (aclonifen + flurtamone pour le tournesol, métobromuron 1250 g/ha et bentazone 870 g/ha pour le soja) et le binage en complément du programme de désherbage.

Le déploiement de toutes ces mesures de gestion peut paraître complexe en raison du nombre de leviers. Leur mise en place est à gérer selon une hiérarchisation dépendante du niveau d'infestation supposé de l'ambrosie dans la parcelle. En forte pression de l'ambrosie, et notamment lorsque le tournesol et le soja reviennent fréquemment dans la parcelle, il sera nécessaire d'actionner tous ces leviers y compris le binage qui peut être un outil stratégique ou un outil tactique (rattrapage).

En pression plus faible, celle que Terres Inovia juge inférieure à 15 plantes/m², lorsque la rotation est plus équilibrée (rotation avec céréales d'hiver), le risque de développement de la résistance peut être géré par l'application d'un des leviers proposés. Pour le soja, il s'agirait de mettre en place un programme à base de métobromuron à 1250 g/ha en prélevée (si les données 2016 se confirment et lorsque le produit bénéficiera d'une AMM) suivi d'une application de postlevée avec imazamox 50 g/ha en simple, ou mieux en double application. Pour la culture de tournesol, il s'agit de décaler le semis au mois de mai contrairement aux pratiques actuelles (semis en avril). Pour les deux cultures, le binage peut être suffisant comme levier supplémentaire à actionner.

Dans la gestion du risque de résistance, les conditions d'application de l'imazamox restent essentielles. L'efficacité sur ambrosie à feuilles d'armoise décline vite au-delà de 4 feuilles. L'application, à pleine dose, doit être réalisée au stade 2-3 feuilles de la culture. La deuxième application (cas du fractionnement avec adjuvant type huile) doit se faire dans un délai maximal de 8-10 jours. En tournesol, l'application d'une pleine dose d'imazamox avec un adjuvant de type huile, sur variété Clearfield Plus (et non sur variété clearfield) est aussi une façon d'optimiser l'efficacité de la postlevée.

A l'exception de l'emploi du métobromuron, tous ces leviers sont aujourd'hui intégrés dans l'outil R-SIM (<http://www.r-sim.fr/>). Tous les utilisateurs peuvent ainsi mesurer leur rôle dans la gestion du risque de résistance. Cet outil intègre également le poids que représente la rotation dans la gestion du risque de résistance.

La lutte contre l'ambrosie à feuilles d'armoise, avec les solutions décrites ici, se trouve confrontée à un contexte difficile lié à la pression sociétale contre les produits de protection des plantes : utilisation de glyphosate, augmentation du recours aux intrants (utilisation d'un herbicide de prélevée en plus de la postlevée), utilisation de variétés tolérantes aux herbicides. Néanmoins, les solutions proposées dans cet article semblent les seules à même de permettre une gestion durable de l'ambrosie en combinant la lutte agronomique et la lutte chimique. Il faut également souligner que le spectre incomplet des solutions de postlevée, en tournesol ou en soja, exige souvent l'utilisation d'un produit de prélevée en dehors des cas avec ambrosie.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier les collaborateurs de Terres Inovia qui ont contribué à la réalisation du programme expérimental et en particulier Monique Hébrail, Frédéric Bardy, Romaric Lange et Harmonie Demarbre.

BIBLIOGRAPHIE

- Chollet D., Drieu Y., Molines J., Pauget J., 1999 - Comment lutter contre l'ambrosie à feuilles d'armoise. *Perspectives Agricoles*, 250, 78-82.
- Chollet D., 2012 – Impact économique de l'ambrosie sur le milieu agricole. Actes du colloque Ambrosia 2012, http://www.ambrosie.info/docs/colloque-2012/Chollet_D_Resume.pdf
- Coble HD, Williams FM, Ritter RL, 1981. Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) interference in soybeans (*Glycine max*). *Weed Science*, 29(3):339-342
- Delabays N., Bohren C., Mermillod G., Keimer C., Kündig C., 2005. L'ambrosie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia* L.) en Suisse: aspects malherbologiques. *Revue suisse Agric.* 37 (1): 17-24
- Délye C., Meyer L., Causse R., Pernin F., Michel S., Chauvel B., 2015. Résistance aux herbicides les estivales en force. *Phytoma* n°689. Décembre 2015.
- Denieul C., Bonin L., Duroueix F., 2016. Résistance aux herbicides en France : état des lieux. AFPP-23ème conférence du COLUMA, journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. Dijon, 6, 7 et 8 décembre 2016.
- Duroueix F., Lecomte V., Leflon M., Lieven J., 2010. Assurer la durabilité des solutions à base d'inhibiteur de l'ALS avec l'arrivée de nouveau herbicides en culture d'oléagineux. AFPP-21ème conférence du COLUMA, journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. Dijon, 8 et 9 décembre 2010.
- Duroueix F., 2014. Variétés tolérantes aux herbicides, une réponse technique bien encadrée. *Perspectives Agricoles* n°414, 52-53. Septembre 2014.
- Fumanal B., 2007. Caractérisation des traits biologiques et des processus évolutifs d'une espèce envahissante en France : *Ambrosia artemisiifolia* L. Thèse Université de Bourgogne / INRA
- Gasquez J, (2001). Sélection de génotypes d'adventices résistants aux herbicides. *CR Académie d'agriculture de France*, vol. 87, n°7, pp 9-18.
- Guillemin J-P., Chauvel B., 2011. Effects of the seed weight and burial depth on the seed behavior of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*). *Weed Biology and Management* 11, 217–223
- Heap I.M, 2016 – International survey of herbicides resistant weed – ALS inhibitor (B/2) resistant weeds by species and countries. www.weedscience.com. (consulté en août 2016)
- Infloweb – RMT FLORAD, 2012. www.infloweb.fr/ (consulté en août 2016)
- Lieven J., Waller F., Duroueix F., Bonin L., Quilliot E., Rodriguez A., 2013. R-SIM : un outil web qui évalue le risque d'apparition de résistance aux herbicides. AFPP-22ème conférence du COLUMA, journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. Dijon, 10, 11 et 12 décembre 2013. www.r-sim.fr/
- Martinez Q., Chauvel B., 2013 – Croissance de l'ambrosie à feuilles d'armoise selon différents niveaux de compétition interspécifique. AFPP Columa 2013
- Meyer L., Bailly G., Chauvel B., Le Corre V., Délye C., 2016. Selection of non-target site (NTSR) to several ALS-inhibiting herbicides in three populations of *Ambrosia artemisiifolia*. 7th Weed Science congress. Prague, Czech republic. June 19-25 2016.
- Pauget J., Cerrutti N., Vuillemin F., 2016. Ambrosie à feuille d'armoise, le combat ne fait que commencer. *Perspectives Agricoles* n°432. Avril 2016.
- Rapport ACTA, 2008. Gestion environnementale d'un territoire pour l'amélioration de la qualité de l'air par le contrôle de l'ambrosie. Dossier n° 05/05-3 – Gestion environnementale – ambrosie