

RMT « Gestion de la flore adventice en grandes cultures »

A. Rodriguez¹, J. Gasquez²

¹: ACTA, Station inter-instituts, 31450 Baziege

²: INRA, Unité Mixte de Recherche n°1210, INRA, Univ. Bourgogne, ENESAD, Biologie et Gestion des Adventices, 17 rue Sully, BP 86510, 21065 Dijon cedex

Correspondance : Jacques.Gasquez@dijon.inra.fr

Résumé

La réglementation sur l'utilisation de produits phytosanitaires en général et des herbicides en particulier se fait plus sévère et modifie fondamentalement les stratégies de désherbage en remettant à l'ordre du jour les bases agronomiques de gestion de la flore et les techniques alternatives au désherbage chimique. Il semble indispensable d'accompagner les agriculteurs dans la recherche de voies innovantes de gestion de la flore et d'identifier les problèmes posés par les systèmes de culture actuels ou à venir. Dans cet objectif les acteurs de l'axe recherche-développement-enseignement ont saisi l'opportunité qui leur était offerte par la Mission DAR de renforcer les partenariats pré-existants et d'étendre leurs collaborations. Le RMT Gestion de la Flore Adventice en Grandes Cultures est né de cette volonté en septembre 2007, et associe la recherche publique (INRA, ENESAD), les instituts et centres techniques (ACTA, Arvalis Institut du Végétal, CETIOM, ITAB, ITB, ITL), les chambres d'agriculture (CA33, CA51) et l'enseignement agricole (EPLEFPA de Vesoul, ENESAD) sur 3 axes de travail. Le développement de nouveaux outils de gestion de la flore adventice, un état des lieux sur les pratiques et itinéraires de désherbage, et une large diffusion des informations (site web et modules de formation ouverte à distance) forment les 3 axes actuellement privilégiés.

Abstract

The regulation of the pesticide use and particularly the herbicide use is getting more restrictive. Thus it will deeply modify the weed control strategies promoting more agronomic involvement in weed control and alternative methods to the chemical control. Farmers must be supported in the search for innovating ways of weed control. It is necessary to identify questions raised by present and on-coming cropping systems. Thus members of the research-development-teaching chain took advantage of the offer of the "Mission DAR" in order to strengthen the existing partnership and extend their cooperation. So the "RMT Gestion de la Flore adventice en Grandes Cultures" (weed management in major crops) has been set up in September 2007 bringing together a public research institute (INRA), technical institutes (ACTA, Arvalis Institut du Végétal, CETIOM, ITAB, ITB, ITL), chambers of agriculture (CA33, CA51) and agricultural education (EPLEFPA de Vesoul, ENESAD) with three working themes: inventory of the weed control techniques, development of new weed management tools and a broad dissemination of information through a web site and teaching modules for weed science.

Introduction

Avant tout soucieux de la rentabilité économique de son exploitation, l'agriculteur a aujourd'hui pour mission de fournir un produit de qualité en préservant le milieu afin de répondre aux besoins croissants d'un contexte socio-économique et réglementaire plus exigeant. Le raisonnement de ses choix techniques et notamment des interventions phytosanitaires doit désormais s'inscrire dans une logique

de durcissement de la pression législative. Ainsi, depuis 1991, la directive européenne 91/414CEE a pour but d'harmoniser l'ensemble des réglementations et autorisations de produits phytopharmaceutiques des états membres au sein de l'Union Européenne. Mais elle est source d'une inexorable réduction de la gamme des matières actives disponibles - soit que leurs propriétés physico-chimiques ne sont plus en accord avec le cahier des charges européen soit qu'elles sont simplement abandonnées pour des raisons économiques par les firmes phytosanitaires. Plus récemment, en 2007, l'engagement n°129 du Grenelle de l'environnement et le plan Ecophyto 2018 (agriculture.gouv.fr) visent une réduction de 50% des usages des pesticides dans un délai de 10 ans « si possible » ainsi que des réductions d'usage pour 53 molécules classées comme les plus dangereuses. A cela, s'ajoute un ralentissement sans précédent dans les innovations sur les herbicides. Sur les vingt modes d'action herbicides homologués, un seul a été trouvé au cours des quinze dernières années (Ruegg *et al.*, 2007). Il apparaît moins de molécules qu'il en disparaît. Dans les dernières vingt cinq années, sans parler des évolutions touchant le matériel agricole, seules deux avancées techniques sont apparues en matière de désherbage. En premier lieu, la découverte des sulfonylurées qui a permis de réduire considérablement la quantité de matières actives appliquées à l'hectare : de quelques kilogrammes ou centaines de grammes, nous sommes passés à des dizaines de grammes voire moins. Et dernièrement sont apparues les cultures tolérantes aux herbicides obtenues par sélection naturelle (imidazolinones / Clearfield® : maïs, blé, soja, tournesol...) ou génétiquement modifiées (glyphosate/ Round Up : maïs, soja, blé...) mais objets d'un moratoire. A cette diminution drastique des solutions techniques phytosanitaires, s'ajoute une réglementation plus sévère des pratiques de désherbage : selon les familles chimiques, il s'agit de limitation annuelle à la parcelle du nombre d'applications (une seule dose homologuée de sulfonylurées par an) ou de réduction du grammage total inférieure à la dose homologuée (urées substituées, glyphosate). Ces restrictions sont directement liées à la présence constatées de ces mêmes molécules dans les eaux souterraines ou les eaux de surfaces mais aussi en relation avec l'accroissement du nombre de populations adventices devenues résistantes à ces herbicides.

On assiste ainsi à une profonde mutation du concept de désherbage qui incite à développer des schémas de raisonnement plus larges réintégrant pleinement les bases agronomiques de gestion des populations adventices (rotation, travail du sol, dates de semis,...) et les techniques alternatives ou complémentaires au désherbage chimique, qui, si elles ne peuvent se substituer au désherbage chimique, constituent autant d'interventions supplémentaires dans une parcelle (accroissement du temps de travail et coût énergétique). D'autre part, pour des raisons économiques mais également environnementales (soutien du Ministère de l'environnement : MEDDAT), se développe une agriculture fondée sur la réduction du travail du sol avec le semis direct. Dans ce cas, la gestion des adventices fait donc majoritairement appel à des applications d'herbicides notamment dans l'interculture. Si pour des raisons diverses il faut réduire fortement le recours aux herbicides quantitativement et qualitativement et parallèlement chercher à ne perturber qu'au strict minimum la structure du sol, on se prive des principaux moyens de gestion des adventices dans les grandes cultures. Cette situation constitue un dilemme pour les agriculteurs qui ont besoin de solutions viables pour s'assurer des revenus décents, continuer à produire suffisamment et viser une gestion durable de la biodiversité (Gasquez *et al.*, 2008).

Renforcer les partenariats préexistants et étendre les collaborations aux différents acteurs de la recherche, du développement et de l'enseignement agricole

Cette nouvelle donne impose aux acteurs de la recherche, du développement mais aussi de l'enseignement de collaborer de manière plus étroite, plus systématique et plus intense pour dépasser la structuration par filières et apporter de réelles innovations.

Ainsi la structure de RMT a été officialisée en 2006 (Journal Officiel) dans le but de favoriser les relations entre les différents acteurs. L'activité d'un RMT doit se traduire par des productions propres d'intérêt collectif scientifiques et techniques pour un usage opérationnel, l'élaboration et l'actualisation d'outils et de méthodes à caractère collectif, la co-construction de projet de recherche finalisée et de développement ainsi que la formulation de questions à la recherche publique. Ces productions devront être valorisées par la rédaction de manuels, l'élaboration et la coordination d'outils d'appui technique à l'usage des opérateurs économiques, des programmes de formation et des actions de communication, de dissémination, de transfert.

Concernant la gestion de la flore adventice en grandes cultures, plusieurs organismes (ACTA, Arvalis Institut du Végétal, CETIOM, INRA) avaient depuis plusieurs années des relations plus ou moins régulières et soutenues. Celles-ci s'étaient notamment déjà concrétisées par un projet financé par le COST ACTA puis par le CASDAR dans le but de développer un modèle à critères multiples et pondérables simulant les effets des systèmes de culture sur l'évolution des infestations, base de l'élaboration d'un outil d'aide au choix stratégique du désherbage (DECID'HERB) et d'un modèle simulant la dynamique du peuplement adventice pour optimiser les processus de prise de décision concernant la lutte contre les adventices (FLORSYS) (Munier-Jolain *et al.*, 2006). Pour accroître la synergie et renforcer les relations jusqu'alors trop limitées entre les acteurs de la recherche, du développement et de l'enseignement agricole, ils ont saisi l'opportunité qui leur était offerte par les structures nouvelles de RMT de renforcer leurs liens préexistants et d'élargir leur groupe à des organismes de développement, les chambres d'agriculture (CA33, CA51) et à l'enseignement agricole (EPLEFPA de Vesoul, ENESAD). Délibérément novatrice, cette collaboration ne se cantonne pas seulement à l'axe classique étroit par filière dans un type d'agriculture donné mais elle ambitionne de rapprocher différents acteurs de systèmes de production agricole *a priori* divergents (agriculture traditionnelle / agriculture biologique - association de l'ITAB au projet) (Rodriguez, 2004 ; Julien, 2000 ; Paulhe, 1997) sur une problématique centrale : la gestion de la flore adventice en grandes cultures dans le cadre des exigences nouvelles. La formalisation d'un partenariat sous forme d'un RMT a vu le jour en septembre 2007 (mais n'a réellement démarré qu'au printemps 2008) sous l'égide de l'ACTA avec l'appui financier du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche par l'intermédiaire de la Mission DAR. Le RMT Gestion de la Flore Adventice en Grandes Cultures associe sur des projets communs la recherche publique (INRA ENESAD), les instituts et centres techniques (ACTA, Arvalis Institut du Végétal, CETIOM, ITAB, ITB, ITL), les chambres d'agriculture (CA33, CA51) et l'enseignement agricole (EPLEFPA de Vesoul, ENESAD). Ce RMT est co-animé par l'ACTA et la Chambre d'Agriculture de la Gironde.

La mise en commun de moyens et de compétences est incontestablement la stratégie la plus efficace pour répondre aux questions de développement transverses et pour favoriser la concertation sur le transfert et la diffusion d'informations. Elle ouvre des perspectives pour la mise en place de réseaux multi sites d'expérimentation, dans l'analyse multicritères de systèmes de production, la standardisation des approches et des méthodes d'investigation ou la réalisation d'enquêtes génériques sur les pratiques de gestion de la flore adventice (lutte phytosanitaire *sensu stricto*, règles de décisions, gestion de l'interculture....), pour réaliser un état des lieux du salissement à l'échelon régional et/ou national.

Revenir aux fondamentaux pour anticiper les évolutions

Développer de nouveaux outils de gestion de la flore adventice passe par la compréhension du fonctionnement des communautés végétales au champ et l'anticipation des évolutions à venir tant dans la composition de la flore hébergée par une parcelle ou un territoire (qualitatif) que dans la dynamique démographique des infestations (quantitatif).

La gestion intégrée de la flore ne peut s'envisager sans une connaissance approfondie des caractéristiques biologiques majeures (traits de vie) des espèces en relation avec le milieu permettant leur développement. Malheureusement, celle-ci est loin d'être assez avancée à la fois sur chaque espèce et aussi par le nombre d'espèces actuellement documentées. Il s'agira donc en priorité de collecter et de synthétiser les informations existantes puis, face aux disparités constatées de tenter d'acquérir les informations manquantes. Une base de données, BADOMA (BAse de DONnées des MAuvaises herbes), conçue pour être accessible via Internet, a été initiée au sein de l'UMR Biologie et Gestion des Adventices de Dijon. Une première version est accessible via le site Internet de l'unité à l'adresse suivante : <http://www2.dijon.inra.fr/bga/badoma/presentation/index.htm>. Mais cette version reste notoirement incomplète du fait de la rareté des informations sur la biologie de nombreuses espèces adventices. Plusieurs chantiers sont ouverts : une amélioration de la facilité d'utilisation (ergonomie) ; un ensemble minimum de caractères doit être retenu pour alimenter les modèles comme FlorSys. Les partenaires du RMT se sont fixés comme premier objectif d'enrichir BADOMA à partir d'études bibliographiques non encore répertoriées et surtout de mener des travaux expérimentaux de suivi de phénologie pour compléter BADOMA et assurer la fiabilité des données sur les caractères retenus.

Cependant, il ne sera pas possible de travailler sur toutes les espèces à la fois. L'ensemble des partenaires ont défini une liste de neuf espèces (liste A) particulièrement importantes et représentatives d'une certaine diversité sur lesquelles les traits de vie retenus seront mesurés dans un grand nombre de situations environnementales. Une liste B complémentaire est également proposée afin d'intégrer soit des spécificités régionales soit d'autres adventices possédant des spécificités particulières (envahissantes par exemple).

Liste A (Figure 1) : **Graminées automnales** : Brome stérile, Vulpin des champs (espèces majeures représentatives des problèmes des graminées adventices en cultures d'hiver et en particulier les céréales) ; **Graminées estivales** : Panic pied-de-coq (espèce modèle des graminées estivales qui colonisent toutes les cultures d'été) ; **Dicotylédones automnales** : Gaillardet gratteron, Coquelicot (espèces importantes dans les céréales d'hiver), Géranium à tiges grêles (espèce représentative des espèces spécifiques du colza) ; **Dicotylédones printanières** : Chénopode blanc, Renouée liseron (espèces modèles des espèces à levée printanière colonisant tout type de culture) ; **Dicotylédone estivale** : Morelle noire (espèce caractéristique des cultures estivales)

Liste B : Moutarde des champs, Anthriscus sylvestre, Amaranthe réfléchi, Ammi élevé, Ambrosie à feuilles d'Armoise (espèce envahissante particulièrement surveillée), Ambrosie trifide (espèce envahissante à surveiller), Mercuriale annuelle, Matricaire camomille, Datura stramoine, Renouée persicaire, Véronique à feuilles de Lierre, Sicyos anguleux (espèce envahissante à surveiller), Ray-grass sp....

Parallèlement, il est nécessaire aussi de chercher à savoir comment les agriculteurs formalisent la gestion des adventices, les raisons qui déterminent leurs choix de cultures, de programmes de désherbage, mais aussi les modifications possibles de leur stratégie si les conditions devaient changer. Dans ce but, nous préparons un questionnaire qui sera utilisé par les techniciens des chambres pour enquêter un échantillon d'agriculteurs sur tout le territoire. Par retour, il faut aussi pouvoir leur montrer, le cas échéant, les erreurs et les points qui peuvent être améliorés.

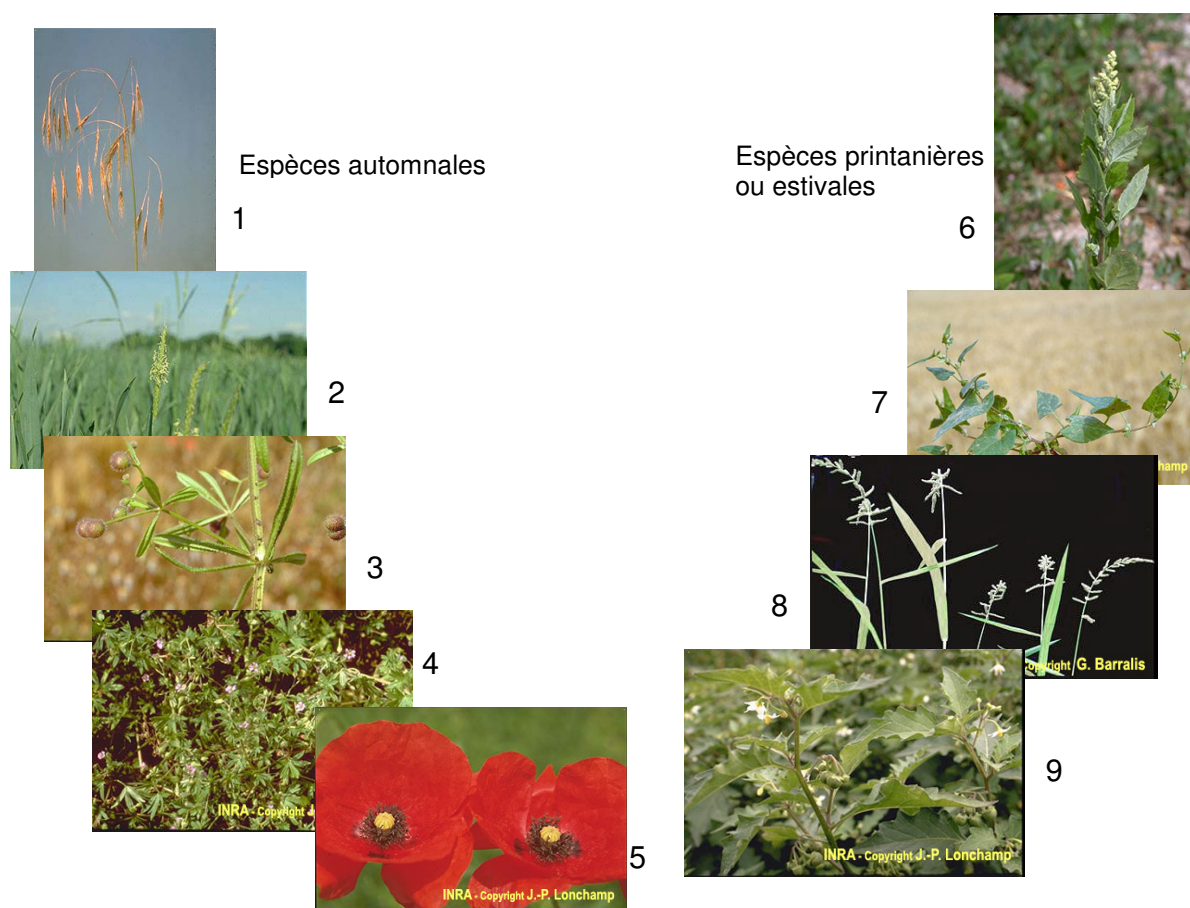


Figure 1 : espèces de la liste A : 1 : Brome stérile, 2 : vulpin, 3 : gaillet grateron, 4 : géranium à tige grêle 5 : coquelicot, 6 : chénopode blanc, 7 : renouée liseron, 8 : panic pied de coq, 9 : morelle noire.

Peut-on accompagner les agriculteurs vers des voies innovantes de gestion de la flore ?

La diminution de la gamme herbicide et le renforcement de la législation amènent inévitablement à des impasses techniques ou à des modifications profondes de la flore. Parmi les nombreux exemples, citons le retrait des triazines ayant pour conséquence directe une forte augmentation du coût de désherbage en maïs d'environ 30% liée à la nécessité de multiplier les traitements avec des produits au spectre moins large. Le retrait de la trifluraline conduit à une réduction voire une impossibilité du contrôle des graminées en production d'avoine et un usage accru d'antigraminées foliaires (fops et dimes) dans les cultures de soja, tournesol, colza, pois et féverole. La limitation d'usage de l'isoproturon et du chlortoluron en céréales d'hiver contribue à renforcer le recours aux antigraminées foliaires favorisant ainsi l'apparition de résistances. La gestion des populations résistantes aux fops, dimes en sera logiquement plus complexe et demandera un monitoring rigoureux au risque de voir disparaître les rares solutions herbicides par la sélection rapide de nouvelles résistances (aux sulfonilurées).

Comme nous l'avons vu précédemment, la réduction des intrants de 50% de pesticides d'ici à 2018 nécessitera un effort sans commune mesure de l'ensemble de la profession pour accompagner les producteurs dans cet objectif. Faut-il réduire les doses au risque de favoriser le développement des populations résistantes ? Réduire le nombre de traitements en introduisant des méthodes alternatives au désherbage chimique et réorganisant de manière profonde son exploitation, s'équiper et prévoir de la main d'œuvre supplémentaire, voire accepter d'augmenter les émissions de CO₂ ? Est-il possible de réduire simplement en recherchant des molécules utilisables à doses encore plus basses ? La situation actuelle de

données sur l'efficacité de ces techniques) ainsi que les conséquences prévisibles d'une impasse de désherbage. Chaque programme candidat est constitué d'une combinaison de 0 à 3 interventions individuelles de désherbage, chaque intervention étant caractérisée par un stade de la culture, et, le cas échéant, par la dose du produit herbicide utilisé. Les programmes sont générés automatiquement par le logiciel par combinatoire systématique des différentes interventions potentielles consignées dans les bases de données du logiciel. Après avoir classé les espèces selon le risque qu'elles représentent, DECID'Herb classe les stratégies de désherbage candidates selon les critères suivants :

Efficacité : L'efficacité d'un programme sur la flore adventice présente ou attendue sur la parcelle est déterminée par l'efficacité attendue sur chacune des espèces listées, avec un poids plus fort donné aux espèces à fort risque malherbologique.

Coût de l'intervention : Dans la version actuelle de DECID'Herb, le coût d'une intervention correspond uniquement au coût des produits, déterminé par les prix d'achat et les doses appliquées.

Risque écotoxicologique : Dans la version actuelle, l'indicateur de risque écotoxicologique I_{phy} , développé par l'INRA de Colmar est utilisé comme critère de risque pour l'environnement. Cet indicateur dépend des caractéristiques écotoxicologiques des substances actives, des caractéristiques des parcelles vis-à-vis des risques de ruissellement et de lessivage, et des conditions de traitement (dose, stade de la culture au moment du traitement...).

Risque de sélection de résistance : Une estimation du risque de sélection de résistance est associée à chaque programme herbicide candidat. Ce risque dépend de la fréquence d'utilisation des substances actives du programme candidat (ou de substances actives de même mode d'action) au cours des 4 dernières campagnes, sur les différentes générations de chacune des espèces de l'infestation.

Organisation du travail : DECID'Herb tient compte du fait que la période disponible pour l'intervention de désherbage est parfois limitée, et que cela peut poser des problèmes de mise en œuvre.

A partir des informations saisies concernant l'état de la flore sur la parcelle, l'historique de désherbage et le système de culture prévisionnel, DECID'Herb fournit deux types de sorties :

- Un indicateur de risque malherbologique associé à chaque espèce listée ;
- Une liste ordonnée de programmes de lutte satisfaisants, classés dans l'ordre du degré de correspondance au programme 'idéal' en fonction de critères techniques, économiques et environnementaux tels que pris en considération et éventuellement pondérés par l'utilisateur (Figure 3).

A l'heure actuelle, une application WEB est hébergée sur le serveur de l'INRA. Elle est en bêta-test et requiert encore de nombreux ajustements et compléments. Il est notamment nécessaire (i) d'améliorer le module de prise en compte des risques de transfert des résidus d'herbicides et (ii) de progresser dans la qualité et la fiabilité des programmes de lutte retenus afin que les préconisations destinées aux prescripteurs soient reconnues et validées par les partenaires :

- Analyse et intégration des règles d'expertise fournies par ARVALIS pour estimer les risques de transfert associés à une parcelle à une période donnée (en tenant compte notamment du milieu physique, du climat, de la réserve utile du sol, de la présence éventuelle de bandes enherbées,...) ;
- Mise à jour des bases de données 'efficacité des herbicides' et 'Biologie des espèces'.
- Intégration du lin et de la betterave. L'intégration du lin nécessite l'intégration d'une base de données 'herbicides' en cours d'élaboration progressive par l'ITL ainsi que de données sur la phénologie de la culture. L'intégration de la betterave sera plus compliquée, et nécessitera des développements spécifiques.

- Intégration d'éléments d'expertise supplémentaires nécessitant des développements mineurs : (i) prise en compte de la sensibilité de certains herbicides à la teneur en argile, en matière organique, à la présence de résidus végétaux en surface, à l'état du lit de semences ; (ii) prise en compte des résistances déclarées aux herbicides ; (iii) prise en compte de stratégies de prise de risque en début de campagne, potentiellement rattrapable ultérieurement au cours du cycle cultural.



Version 2

Choix du Nom

Historique

Recherche dans la base de données

Aide

avec le concours
Bourgogne
Conseil régional

Classement des programmes | Nom : SDGI - Site : Epoisses - Parcelle : D1 - Millésime : 2005

Les meilleurs programmes selon DECID'Herb

N°	Programme herbicide	Matière(s) active(s)	Efficacité (entre 0 et 10)	I _{phy} (entre 0 et 10)	Nombre de passage	Applicabilité (entre 0 et 10)	Risque de Résistance (entre 0 et 10)	Coût (€/ha)
1	Primus (Nikos) 0,2l/ha + Harmony extra 50g/ha + Cent-7 1l/ha	florasulam(B) + thifensulfuron-méthyl(B), tribénuron-méthyl(B) + isoxaben(K1)	6,99	9,21	2	10,00	0,00	68,97
2	Caméo 30g/ha + Primus (Nikos) 0,2l/ha + Cent-7 1l/ha	tribénuron-méthyl(B) + florasulam(B) + isoxaben (K1)	6,79	9,32	2	10,00	0,00	68,11
3	Primus (Nikos) 0,2l/ha + Caméo 30g/ha + Harmony extra 50g/ha	florasulam(B) + tribénuron-méthyl(B) + thifensulfuron-méthyl(B), tribénuron-méthyl(B)	6,69	9,88	1	10,00	0,00	72,56
4	Primus (Nikos) 0,2l/ha + Cent-7 1l/ha	florasulam(B) + isoxaben (K1)	6,64	9,32	2	10,00	0,00	69,24

I_{phy} est un indicateur écotoxicologique développé par l'INRA de Colmar.

Aucun programme compatible avec vos critères n'est suffisamment efficace !

- * Modifiez les critères
- * Modifiez les paramètres

Modifier les paramètres

Priorité à l'environnement : très importante

Coût souhaité du désherbage : 70 €/ha

Nombre maximal d'interventions souhaité :

☐ 1 ☒ 2 ☐ 2-3 ☐ 3 ou plus

Type de système de culture souhaité :

☒ Protection intégrée ☐ Protection raisonnée

Valider

Modifier les critères

☒ coût (uniquement du ou des herbicide(s))

☐ efficacité

☒ applicabilité (contraintes organisationnelles)

☒ risque écotoxicologique (I_{phy})

☒ risque de sélection de résistance

Valider

[Comparer les résultats avec vos programmes habituels](#)

Figure 3 : Exemple de sortie de DECID'herb présentant les meilleurs programmes retenus et leur degré de satisfaction des critères choisis. Il donne aussi la possibilité de modifier les critères de classement et les paramètres

Les développements initialement prévus pour élargir la gamme des préconisations de DECID'Herb (désherbage mécanique, faux-semis, ...) ne pourront être envisagés que dans la mesure où les objectifs correspondant aux quatre points ci-dessus auront été atteints.

Dans le cadre d'un projet financé par le COST-ACTA., plusieurs partenaires terminent une action sur DECID'Herb (31 décembre 2008). Dans le cadre du RMT, il faudra aussi réfléchir à une transmission de l'outil de l'INRA vers les instituts techniques sous forme de constitution d'un groupe d'informaticiens/ingénieurs chargés de la finalisation, du suivi, de la maintenance de l'outil. C'est dans ce type de projet à moyen ou à long terme qu'apparaissent les limites d'un mécanisme de financements programmés sur 3 ans tel qu'il est conçu aujourd'hui. Actuellement, le RMT n'a pas les

moyens financiers de poursuivre le développement de cet outil ; il peut néanmoins jouer son rôle d'expertise dans l'évaluation et l'accompagnement de son transfert vers des partenaires.

Le modèle FlorSys

FlorSys est en cours de développement à l'INRA-Dijon (UMR BGA). Sa structure s'appuie en grande partie sur le modèle AlomySys (Colbach *et al.*, 2007), version monospécifique du modèle développée pour le vulpin.

Les variables d'entrée du modèle FlorSys sont de trois types :

- le stock semencier initial, décrit par la densité de semences de chaque espèce dans le sol et de leur répartition verticale au sein de l'horizon travaillé (de 0 à 30 cm de profondeur).
- les éléments des systèmes de culture : travail du sol, caractéristiques d'implantation de la culture (variété, densité), opérations de lutte contre les adventices, fertilisation et date de récolte.
- l'environnement pédo-climatique : température, pluviométrie et ETP quotidiennes, ainsi que la texture et les conditions hydro-thermiques du sol.

En sortie, le modèle calcule tous les jours la densité d'individus de chaque espèce à chaque stade de croissance (plantule, stade végétatif, floraison, etc.) (Figure 4) ainsi que le stock semencier viable dans le sol. À terme, ce modèle plurispécifique couplé avec d'autres modèles pourra aussi prédire d'autres éléments, comme par exemple le rendement des cultures. FlorSys est constitué de deux modules principaux :

- un module de 'germination-levée' rendant compte de tous les processus affectant le stock semencier : mouvements de semences sous l'effet du travail du sol, induction-levée de dormances, imbibition, germination, élongation souterraine de la plantule ;
- un module de 'croissance-compétition-production semencière' rendant compte des processus de compétition pour la lumière déterminant les différences de production de biomasse et de nombre de semences entre les espèces et les individus.

La simulation des effets des systèmes de culture sur un grand nombre d'espèces adventices nécessite de connaître les valeurs des paramètres pour chacune d'entre elles. Dans sa version finale, FlorSys ira chercher les paramètres associés aux espèces dans la base de données BADOMA regroupant l'information disponible pour toutes les espèces adventices.

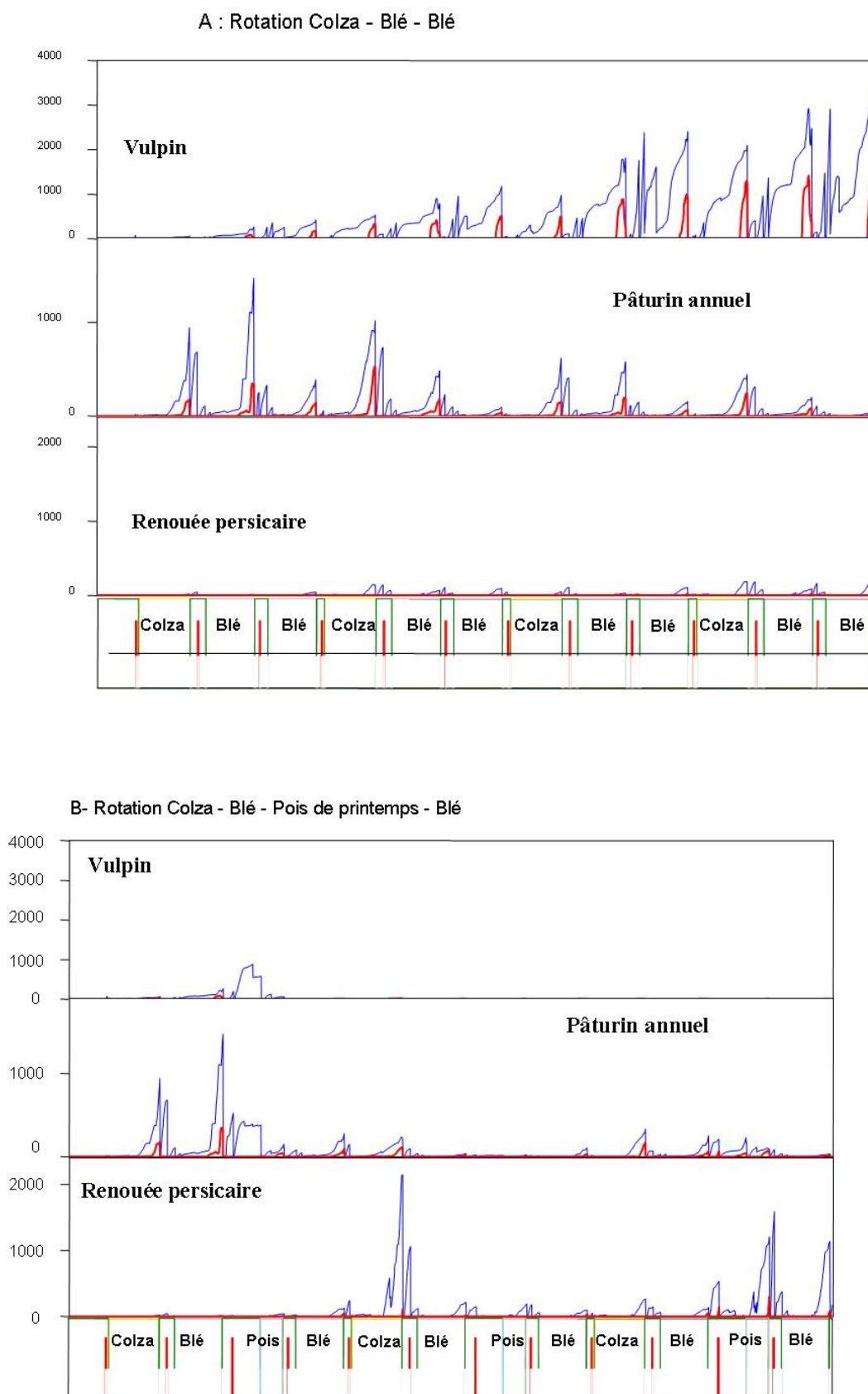


Figure 4 : Exemples de sorties de FlorSys : évolution de la densité calculée de vulpin, pâturin annuel et renouée persicaire au cours de deux rotations (A : colza-blé-blé ; B : colza-blé-pois-blé). Courbe bleue : densité des plantes levées ; courbe rouge : densité des plantes fructifiant

...et identifier les questions posées par les systèmes de culture actuels ou à venir...

L'exploration de nouveaux champs d'action s'appuie sur l'expertise de l'ensemble des partenaires du RMT. L'objectif étant d'identifier des questions émanant des acteurs de la profession et/ou de la société civile relevant de la gestion de la flore adventice en grandes cultures et d'ébaucher des pistes de réponse envisageables compte tenu des connaissances disponibles pour en déduire d'éventuels nouveaux chantiers à mettre en œuvre dans la cadre des appels d'offres de CASDAR, de l'ANR ou tout autre appel à projets. Dans ce cadre d'action, il est prévu d'organiser des séminaires de travail (1 jour) sur des thèmes jugés prioritaires par l'ensemble des partenaires du RMT. Quelques exemples ont déjà été retenus :

- Optimisation du désherbage sur la rotation dans les systèmes de culture actuels
- Techniques de désherbage alternatives aux herbicides
- Techniques de désherbage en grandes cultures biologiques et transfert des connaissances vers l'agriculture conventionnelle
- Réduction du travail du sol et gestion de la flore adventice
- Etude et gestion des résistances aux herbicides
- Quels types de réduction d'herbicides ?
- Cultures sous couvert
- Innovation de systèmes de culture

A l'issue de chaque séminaire, les participants décideront si le thème doit faire l'objet de recherches supplémentaires de la part du groupe ou si nous disposons d'éléments suffisants pour diffuser de l'information, l'un n'excluant pas l'autre. Dans le premier cas, les partenaires hiérarchisent les priorités et construisent un ou plusieurs dossiers d'appel à projets ; dans le second cas, l'information est recensée et diffusée selon des outils de diffusion des connaissances spécifiques développés par le RMT (site web, plaquettes, modules de formation...)

La première de ces journées s'est déroulée sur le thème du plan Ecophyto 2018, l'objectif étant d'évaluer *a priori* les marges de manœuvres dont disposent les agriculteurs et d'évoquer les possibilités de relations avec le RMT Système de Cultures Innovants (SCI). La méthodologie développée par le RMT SCI semble appropriée à l'évaluation des hypothèses émises dans le RMT flore adventice : il s'agit de décrire un système de culture représentatif d'une région de production, de se focaliser sur un enjeu (dans notre cas, la réduction de 50% des herbicides) puis de faire une évaluation multicritères des différents niveaux de rupture (par exemple : zéro herbicides, désherbage mixte, techniques culturales simplifiées...). L'analyse multicritères permet de comparer *a priori* (sur des variables simples) les conséquences techniques, économiques, sociales et environnementales des différents niveaux de ruptures imaginés. Les connexions entre le RMT flore adventice et le RMT SCI sont en train de se mettre en place et pourraient se concrétiser au printemps prochain par le dépôt d'un projet commun de recherche à l'appel d'offres du CASDAR.

Partager et faire partager notre connaissance

Une mission originale du RMT est de diffuser et d'échanger le plus largement possible avec l'ensemble de la profession agricole. Nous avons choisi deux moyens. Le premier est la construction d'un site web « RMT gestion de la flore » qui sera le support principal ainsi qu'une vitrine de nos activités et une source d'informations accessible à tous. Chacun doit pouvoir y trouver les informations collectées dans le cadre du travail commun (bibliographie, résultats d'expérimentations, compte rendu des journées de séminaires...) mais aussi contribuer à son enrichissement par le biais d'un forum de discussion. Le second moyen de diffusion des connaissances est la mise de l'accent sur la formation avec une

intervention à tous les niveaux de l'enseignement agricole et de la profession. L'ensemble des publics est visé : les agriculteurs par la formation continue, les conseillers et distributeurs, les jeunes en formation initiale ou qualifiante, les enseignants.

Quatre voies vont être explorées : les stages courts pour un public d'agriculteurs (type VIVEA), les stages instituts et chambres pour les conseillers et distributeurs (renforcement des interventions actuelles de plusieurs partenaires), un package pédagogique pour les étudiants (type MIL) et enfin la construction de modules de formation ouverte à distance (pour tous les niveaux).

C'est sur ce dernier point, à créer de toutes pièces (en plusieurs années qui dépasseront peut être la durée d'un RMT), que se porte actuellement l'essentiel de nos efforts en matière de formation. En effet, la pénurie actuelle d'offre d'enseignement sur les adventices et leur gestion est de plus en plus sensible. De plus, les demandes nouvelles de la société vis-à-vis des agriculteurs exigent de tous les publics et des enseignants en particulier d'appréhender et d'acquérir des connaissances nouvelles. L'objectif est donc de construire des modules de formation à distance qui permettront aux participants de tout niveau d'acquérir à leur rythme les bases de la connaissance de la flore adventice et de sa dynamique et les principes de gestion aussi bien fondés sur les herbicides que l'agronomie. Au-delà de la mise en forme des connaissances existantes dans les différentes disciplines, ces modules intégreront bien sûr les acquis spécifiques du groupe sur les modèles développés par les partenaires. Ils seront disponibles sur le site web spécifiquement développé par le RMT.

La première étape engagée consistera (en plusieurs années) à réaliser une maquette sur deux points précis (reconnaissance des espèces (Mamarot, 1997) (Malherb, Figure 5) et résistances aux herbicides) à partir du matériel produit par certains membres du groupe dans le cadre d'interventions ponctuelles dans des formations existantes. Une fois les problèmes informatiques, d'ergonomie et de pédagogie résolus, l'ambition est de réaliser un ensemble cohérent abordant tous les aspects de la connaissance sollicités par la malherbologie : botanique, agronomie, physiologie et mode d'action des herbicides, écologie, génétique.... Pour que tous les publics visés puissent en fonction de leur niveau progresser dans l'acquisition de connaissances, cet ensemble sera constitué de modules emboîtés du plus simple au plus complet. A ce corpus de connaissances bibliographiques générales mais aussi propres aux différents membres en fonction de leurs compétences, s'ajouteront des modules expérimentaux de diffusion (après validation par le groupe et des volontaires de la profession) des modèles développés par le groupe, ainsi que les résultats acquis dans le cadre de projets financés issus de questions de la profession. Ce travail de longue haleine nous semble un pré requis nécessaire pour accompagner les évolutions exigées de l'agriculture.

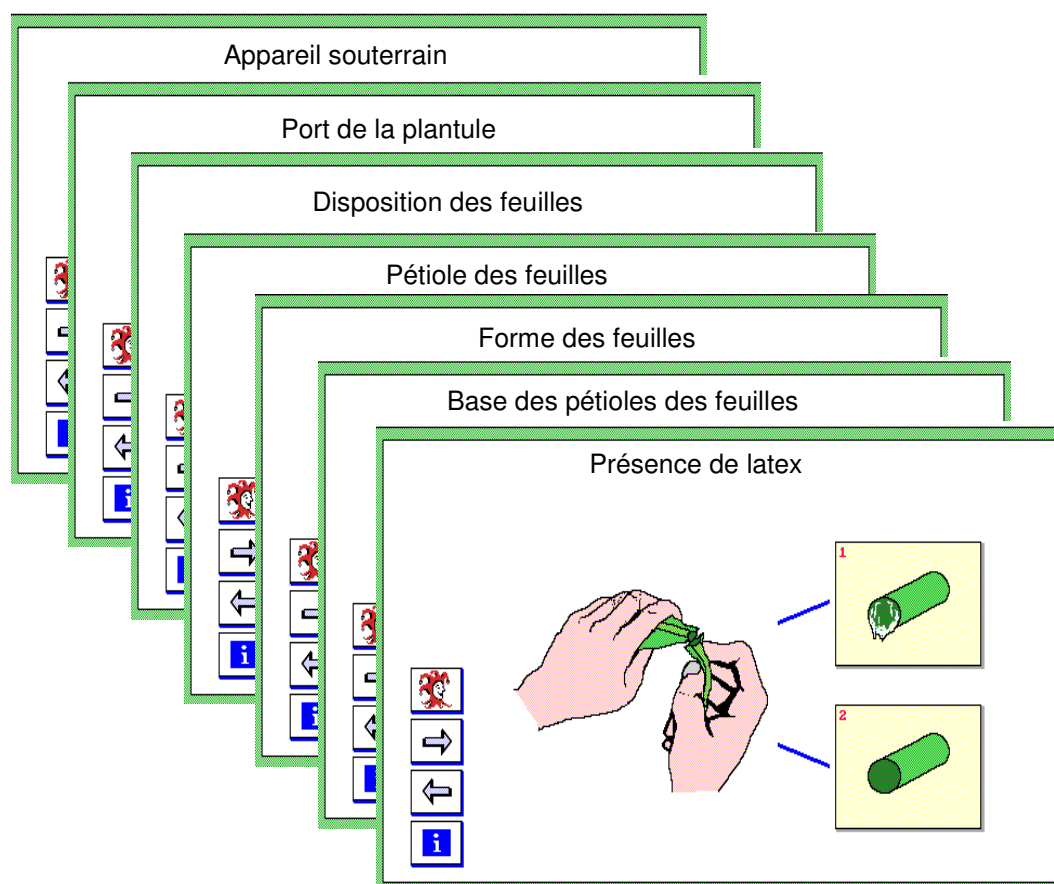


Figure 5 : Malherb : clé des plantules : ensemble des caractères à observer sur une plantule de dicotylédone pour la situer dans un groupe d'espèces qui seront ensuite individualisées par des caractères spécifiques du groupe.

Conclusion

Nous sommes aujourd'hui à l'aube d'une période de fortes évolutions dans beaucoup de domaines et en particulier en agriculture. La société souhaite consommer sain au meilleur prix et protéger son environnement. Cependant, toutes ces exigences de consommateur sont souvent contradictoires dans leur application agricole. Les prix doivent être maintenus au plus bas alors que le coût de l'énergie ne cesse d'augmenter. La réduction du travail peut permettre d'aller dans ce sens, mais elle exige une meilleure protection chimique. La réduction de l'usage des herbicides et engrais limitera les rendements mais les agriculteurs doivent produire suffisamment pour maintenir leur revenu. Les agriculteurs devront aussi gérer la biodiversité, mais viser un contrôle réduit des adventices entraîne perte de rendement, salissement de la récolte, augmentation du stock de semences pour des années. De plus, les espèces qui prendront le dessus ne seront pas forcément celles qui seraient souhaitées et elles hébergeront d'abord des ravageurs fongiques ou animaux plutôt que les auxiliaires attendus. Ces attentes divergentes ne pourront être prises en compte et évaluées que par le biais de modèles de plus en plus complexes. Cependant, les différents éléments des systèmes de production sont tellement en interaction que des variations minimales dans la réglementation, le coût de l'énergie ou le prix de la production pourront avoir beaucoup plus d'effet que d'importantes modifications de stratégies issues des simulations de modèles et longuement validées mais difficiles à faire accepter par les agriculteurs. Il nous faut donc, à la fois, développer des outils pour répondre à ces demandes, permettre aux acteurs

de se les approprier en les formant à des disciplines nouvelles pour eux. Mais, il faut aussi répondre aux questions des agriculteurs qui veulent qu'on résolve d'abord leurs problèmes actuels.

La constitution du « Réseau Mixte Technologique Gestion de la Flore Adventice en Grandes Cultures » est avant tout une suite logique dans la démarche de rapprochement d'un groupe pré-existant d'acteurs de la recherche, du développement et de l'enseignement agricole. Clairement identifié, aisément et rapidement mobilisable par la profession sur des questions d'actualités, c'est un outil d'accompagnement, d'expertise, de recherche, de conseil et de formation au service des producteurs, des prescripteurs et plus généralement de la société civile et du législateur. Outre la mise à disposition des acquis de la recherche, un tel groupe doit pouvoir répondre aux questions de la profession soit par la fourniture de connaissances soit par la réalisation de projets ciblés sur une question précise. Par ailleurs, les contraintes nouvelles imposées aux agriculteurs exigent de fournir à toute la chaîne depuis les enseignants jusqu'aux étudiants de tous niveaux et aussi à tous les acteurs de la profession des connaissances nouvelles dans leur discipline mais aussi d'autres disciplines dont ils ont désormais besoin.

Mais la vision d'un groupe de spécialistes, aussi compétents soient-ils dans leur domaine, est rarement suffisante pour évaluer la globalité des enjeux et apporter une réponse pertinente générale aux mutations profondes des modes de production agricole. Prenons l'exemple du plan Ecophyto 2018 ; il nous paraît indispensable d'intégrer à notre réflexion les avancées du RMT Systèmes de Cultures Innovants pour tester nos hypothèses. On pourrait aussi imaginer d'établir des liens avec d'autres RMT tels que « Biodiversité Fonctionnelle », « Modélisation », « Développement de l'Agriculture Biologique ». C'est là qu'apparaît tout l'intérêt de la structuration en réseau puisqu'elle permet d'établir rapidement et facilement des connexions entre différents groupes de spécialistes.

Références bibliographiques

agriculture.gouv.fr : <http://agriculture.gouv.fr/sections/magazine/focus/phyto-2018-plan-pour>

Journal Officiel - Décret n°2006-1154 du 15 septembre 2006 portant application de l'article 91 de la loi n°2006-11 du 5 janvier 2006 d'orientation agricole

Gasquez J, Fried G., Délos M., Gauvrit C., Reboud X. 2008. Vers un usage raisonné des herbicides : analyse des pratiques en blé d'hiver de 2004 à 2006. *Innovations Agronomiques* 3, 145-156.

Julien S., 2000. Evaluation et optimisation des stratégies de désherbage en agriculture biologique. Mémoire d'ingénieur, ENSAT -ACTA

Mamarot J., 1997. Mauvaises herbes des cultures. Editions ACTA. Paris

Munier-Jolain N., Kubiak P., Maillet-Mazeray J., Quéré L., Rodriguez A., Brochard M., Muchembled C., Verdier J.L., 2006. DECID'HERB : un logiciel d'aide au choix d'une méthode de lutte contre les mauvaises herbes pour une agriculture respectueuse de l'environnement. AFPP Conférence internationale sur les moyens alternatifs de protection des cultures. Lille 13-15 mars 2006. 9 pages

Paulhe A., 1997. Les méthodes complémentaires ou alternatives au désherbage chimique en grandes cultures. Mémoire d'ingénieur, INA PG -ACTA.

Rodriguez A., 2004. Connaître les adventices pour mieux les maîtriser. Grandes cultures en production biologique – Chambre Régionale d'Agriculture de Midi-Pyrénées.

Rodriguez A., 2004. Le contrôle de la flore adventice en grandes cultures biologiques. *Alteragri* n°68 et 69.

Ruegg W.T., Quadranti M., Zoschke A., 2007. Herbicide research and development: challenges and opportunities. *Weed Research* 47, 271–275.