

Pherasys - Un projet de modélisation de la dynamique de l'orobanche dans les systèmes de culture

Nathalie Colbach, Delphine Moreau, Stéphanie Gibot-Leclerc

► **To cite this version:**

Nathalie Colbach, Delphine Moreau, Stéphanie Gibot-Leclerc. Pherasys - Un projet de modélisation de la dynamique de l'orobanche dans les systèmes de culture. Colloque l'orobanche rameuse CETIOM, Jun 2013, Poitiers, France. pp.1-7. hal-01951200

HAL Id: hal-01951200

<https://hal-agrosup-dijon.archives-ouvertes.fr/hal-01951200>

Submitted on 11 Dec 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

PHERASYS – UN PROJET DE MODÉLISATION DE LA DYNAMIQUE DE L'OROBANCHE DANS LES SYSTÈMES DE CULTURE

N. COLBACH¹, D. MOREAU¹ et S. GIBOT-LECLERC²

¹ INRA, UMR1347 Agroécologie, F-21000 Dijon, Nathalie.Colbach@dijon.inra.fr

² AgroSup Dijon, UMR1347 Agroécologie, F-21000 Dijon

Résumé. La gestion de la plante parasite *Phelipanche ramosa* (L.) Pomel (orobanche) est surtout basée sur des méthodes préventives, notamment le travail du sol et la rotation. Ce parasite peut infecter les racines d'une large gamme d'espèces cultivées mais aussi d'adventices non-parasites. L'objectif de notre projet est de développer un modèle, appelé PHERASYS, quantifiant les effets de système de culture sur la dynamique du parasite, en interaction avec la flore adventice non-parasite, et de le coupler avec le modèle existant FLORSYS qui prédit la flore adventice dans les systèmes de culture. Nous avons déjà développé une version préliminaire à partir de la littérature que nous avons utilisée pour tester une méthode d'évaluation de systèmes de culture existants et prospectifs pour le risque d'orobanche et la contribution de la flore adventice à la dynamique du parasite. Cette version préliminaire a permis d'identifier les lacunes de connaissances majeures, ce qui nous a amené à planifier trois expérimentations: la quantification du potentiel infectieux des semences parasites dans le sol en fonction de leur âge et des saisons, l'analyse de l'architecture racinaire des plantes cultivées et adventices pour prédire la proximité entre semences parasites et racines hôtes et donc la proportion de graines parasites pouvant germer et se fixer sur un hôte, et enfin l'étude des relations trophiques entre l'hôte et le parasite pour prédire la biomasse accumulée par le parasite au dépend de l'hôte.

Mots-clés. système de culture, adventice, modèle, relations trophiques, stock semencier

1 Introduction

À ce jour, il n'y a aucun herbicide homologué pour lutter contre l'orobanche *Phelipanche ramosa* (L.) Pomel (Joel, 2009), et les méthodes curatives se limitent au désherbage manuel (Rubiales *et al.*, 2009). La gestion du parasite est essentiellement basée sur des méthodes préventives, notamment le travail du sol et la rotation (Buschmann *et al.*, 2005 ; Lins *et al.*, 2006 ; Parker, 2009 ; Rubiales *et al.*, 2009). Ce parasite peut infecter une large gamme de cultures mais aussi des adventices non-parasites (Gibot-Leclerc *et al.*, 2003 ; Boulet *et al.*, 2007 ; Gibot-Leclerc *et al.*, 2009 ; 2013a ; 2013b). De plus, la présence d'adventices non-hôtes peut augmenter l'infection des cultures hôtes (Gibot-Leclerc *et al.*). Or, la gestion des adventices "classiques" (i.e. non parasite) est récemment devenue plus compliquée, avec la réduction des molécules herbicides autorisées au niveau européen (EU directive REACH, http://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/reach_intro.htm) et la nécessité de réduire la consommation des pesticides dans le cadre du programme ECOPHYTO 2018 (<http://agriculture.gouv.fr/ecophyto-2018,510>). Par conséquent, il est impératif de raisonner et optimiser l'ensemble du système de culture pour gérer à la fois le parasite et les adventices non-parasites sensibles.

Les modèles quantifiant les effets des systèmes de culture sur la démographie des bioagresseurs sont aujourd'hui un outil indispensable pour synthétiser les connaissances sur les bioagresseurs et concevoir des stratégies de gestion (Aubertot *et al.* ; Rossing *et al.*, 1997 ; Colbach, 2010). Afin de comprendre et de prédire la variabilité des effets observés pour les différentes techniques et d'utiliser les modèles dans une large gamme de situations sans reparamétrage, des modèles mécanistes découpant le cycle de vie en processus élémentaires dépendant des effets biophysiques des systèmes de culture, en interaction avec les états biologiques (ex. stade des adventices) et physiques (ex. structure du sol) du milieu sont nécessaires (Colbach et Debaeke, 1998 ; Colbach *et al.*, 2005). Nous disposons déjà d'un tel modèle pour les adventices non-parasites (FlorSys, Gardarin *et al.*, 2012 ; Munier-Jolain *et al.*, 2013 ; Munier-Jolain *et al.* ; Colbach *et al.*), et nous développons actuellement un nouveau module, appelé PHERASYS (pour *Phelipanche ramosa* et système de culture),

qui quantifiera les effets des systèmes de culture sur la dynamique du parasite, en interaction avec la flore adventice non-parasite.

2 Organisation du modèle

Le modèle couplé FLORSYS-PHERASYS est un ensemble de deux cycles de vie, le premier pour les adventices non-parasites annuelles (dorénavant "adventices") et la culture, et le second pour l'orobanche (dorénavant "parasite") (Figure 1).

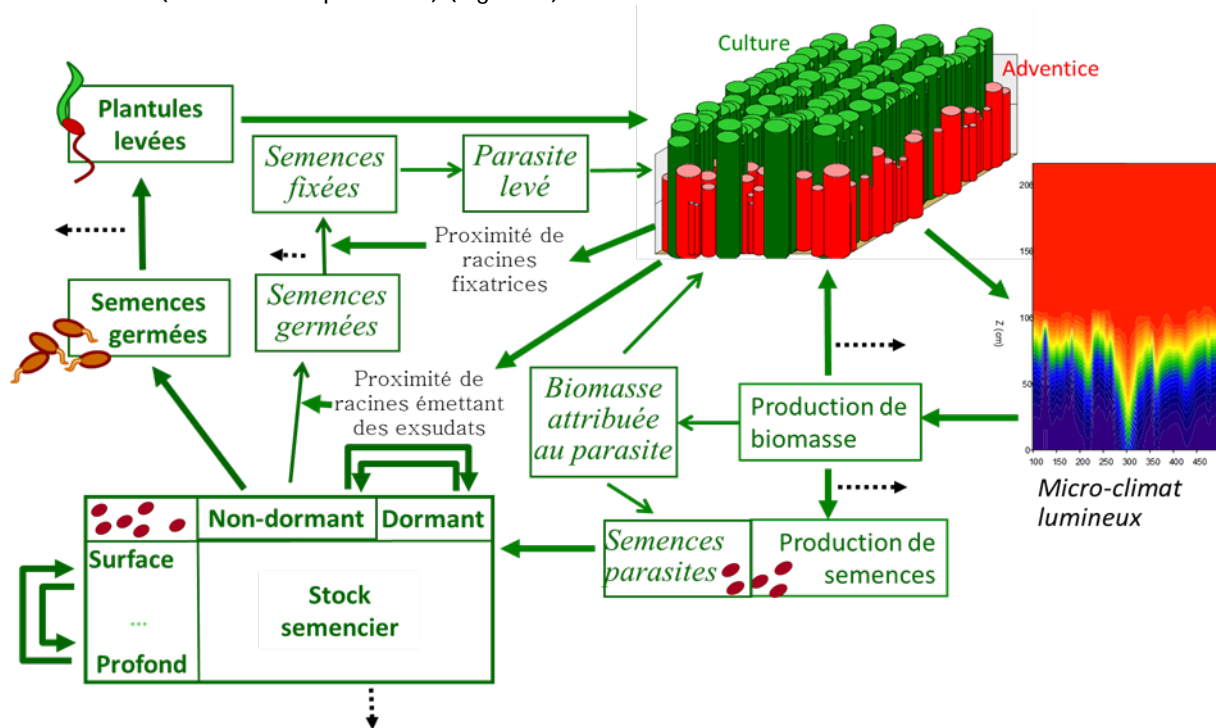


Figure 1 : Organigramme du modèle couplé FLORSYS-PHERASYS prédisant la dynamique de l'orobanche et des adventices non-parasites dans les systèmes de culture. Cycle de vie représentant les stades des adventices non-parasites (Plantules levées, ←) et parasite (Semences fixées, →), avec des processus de mortalité (←...)

Le cycle des adventices et de la culture. Ce cycle est générique et valable pour toutes les espèces adventices et cultivées annuelles; il est constitué d'une succession de stades-clés choisis pour leurs interactions avec les effets des systèmes de culture. Le cycle considère en premier lieu les semences non-dormantes proches de la surface, dont la majeure partie germe après pluie ou travail du sol. Une partie de ces graines germées meurt cependant avant de lever. Certaines semences ne peuvent pas germer, soit parce qu'elles ont été enfouies trop profondément par le travail du sol, soit parce qu'elles sont dormantes. Ces semences survivent au fil des années et constituent le stock semencier.

Après la levée, le couvert plurispécifique composé de plantes cultivées et adventices est représenté en 3D avec chaque plante, cultivée ou adventice, sous forme de cylindre, de hauteur et de diamètre variable, avec une distribution des feuilles à l'intérieur des cylindres. Cette représentation permet de prédire chaque jour en chaque point du couvert 3D la quantité de lumière absorbée par chaque plante et transformée en biomasse nouvellement accumulée, résultant en un agrandissement des cylindres. Un module phénologique détermine la date des différents stades des plantes et lorsque celles-ci arrivent à maturité, une partie de la biomasse des plantes est convertie en semences nouvellement produites, puis rajoutée au stock semencier.

Le cycle du parasite. Comme pour le cycle précédent, le modèle distingue également des semences superficielles et profondes, des semences "non-dormantes" (c'est-à-dire sensibles à la stimulation par les exsudats racinaires d'hôtes potentiels) et "dormantes" (non sensibles). Mais la germination des semences ne se fait qu'à proximité immédiate (moins de 4 mm, Gibot-Leclerc *et al.*, 2012) de racines de plantes (cultivées ou adventices) exsudant des stimulants. Ensuite, le parasite doit se fixer sur des racines de plantes proches et sensibles à la fixation pour pouvoir croître et lever. Le parasite ne produit pas de biomasse lui-même, étant dépourvu de chlorophylle; il prélève les assimilats nécessaires à sa croissance directement sur la plante hôte dont la vitesse de croissance

est alors réduite. Lorsque sa plante hôte arrive à maturité, une partie de la biomasse du parasite est transformée en nouvelles semences qui alimentent le stock semencier.

3 L'impact des adventices non-parasites sur la démographie de l'orobanche

Les adventices non-parasites peuvent intervenir de plusieurs manières. Tout d'abord, certaines ont la capacité de stimuler des germinations du parasite. Si cette stimulation a lieu en interculture, les adventices parasitées sont généralement détruites avant que le parasite ne se reproduise; par conséquent, le stock semencier parasite et donc le risque pour la culture suivante sont réduits. Si la stimulation a lieu pendant la culture, tout dépend si l'adventice stimulatrice est également fixatrice. Le cas échéant, le parasite a une opportunité supplémentaire pour se reproduire et d'alimenter le stock semencier. Les adventices peuvent ainsi servir de relais dans les cultures non-hôtes qui ne permettent pas au parasite de se reproduire. Si l'adventice n'est pas fixatrice (et qu'il n'y a pas de plante fixatrice à proximité), le stock semencier parasite est de nouveau réduit. À ce jour, nous avons essentiellement identifié des adventices stimulatrices et fixatrices (Tableau 1).

Tableau 1 : Identification d'espèces adventices dicotylédones stimulant la germination du parasite et sensibles aux fixations (Gibot-Leclerc *et al.*, 2003, 2009).

Nom latin	Nom commun	Saison de levée	Culture préférée
<i>Aphanes arvensis</i>	Alchémille des champs	Automnale	Colza
<i>Calepine irregularis</i>	Calépine irrégulière	Automnale	Colza
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Capselle bourse à pasteur	Échelonnée	
<i>Crepis foetida</i>	Crépeide fétide	Automnale	Colza
<i>Euphorbia helioscopia</i>	Euphorbe	Échelonnée	Colza
<i>Geranium dissectum</i>	Géranium découpé	Échelonnée	Colza
<i>Geranium molle</i>	Géranium mou	Échelonnée	Colza
<i>Mercurialis annua</i>	Mercuriale annuelle	Printanière	Tournesol, maïs
<i>Picris echioides</i>	Picride fausse vipérine	Échelonnée	
<i>Raphanus raphanistrum</i>	Radis ravenelle	Échelonnée	Colza
<i>Senecio vulgaris</i>	Herbe aux coitrons	Échelonnée	
<i>Sonchus asper</i>	Laiteron âpre	Échelonnée	Colza
<i>Sonchus oleraceus</i>	Lait d'âne	Échelonnée	Colza

4 Impact du système de culture sur la dynamique du parasite

La succession culturale est le facteur majeur du système de culture influant sur le parasite. Elle détermine la fréquence de plantes cultivées émettant des exsudats racinaires et celles sensibles à la fixation. Les cultures présentant le plus de risque sont stimulatrices et fixatrices (cultures hôtes), comme le colza ou le chanvre (Gibot-Leclerc *et al.*, 2012 ; 2013b). Les cultures non-stimulatrices et non-fixatrices (non-hôtes) telles que le blé et l'orge n'ont pas d'effet sur la dynamique du parasite. Les cultures faux-hôtes, comme le lin, sont stimulatrices mais non-fixatrices et permettent ainsi de réduire le stock semencier parasite (Abu-Irmaileh, 1984 ; Lins *et al.*, 2006). Les cultures pièges, semées généralement en couvert temporaire, sont des cultures hôtes détruites avant que le parasite ne se reproduise (Lins *et al.*, 2006 ; Fernandez-Aparicio *et al.*, 2007). De plus, les cultures se distinguent aussi par leur architecture racinaire et notamment la densité racinaire et le tropisme, deux facteurs qui influencent directement la distance entre les semences parasites et la racine de l'hôte et donc la quantité de semences parasites qui pourront germer.

La succession culturale joue aussi via le choix des techniques culturales, la plus importante étant le travail du sol qui détermine l'enfouissement des semences parasites et donc la proximité avec le système racinaire des plantes stimulatrices et fixatrices. La densité de semis des cultures joue également sur le facteur-clé qu'est la proximité entre la semence parasite et la racine de l'hôte.

L'impact des autres techniques reste à clarifier. Décaler la date de semis pourrait éventuellement décaler la levée des cultures par rapport à la période où les semences parasites sont le plus sensibles à la stimulation. Une modulation de la fertilisation azotée, en modulant la croissance de l'hôte, pourrait moduler les relations trophiques hôte-parasite.

Et surtout, la présence d'adventices change la donne, directement en tant que stimulateur ou fixateur, indirectement en augmentant la fixation sur les cultures hôtes proches. La partie FLORSys du modèle quantifie ainsi l'impact du système de culture sur ces adventices (Tableau 2).

Tableau 2 : Effets du système de culture sur le cycle de vie des adventices non-parasites (Gardarin *et al.*, 2012 ; Munier-Jolain *et al.*, 2013 ; Munier-Jolain *et al.*, in revision ; Colbach *et al.*, submitted) et parasite dans le modèle FLORSYS-PHERASYS

Système de culture	Effet intermédiaire	Effet sur	
		les adventices non-parasites	le parasite
Travail du sol et désherbage mécanique	Structure du sol	La compaction du sol augmente la mortalité des semences germées	Pas d'effet
	Mouvements du sol = f(structure du sol)	L'enfouissement diminue la germination et augmente la mortalité pré-levée; les semences à la surface germent mal et meurent fréquemment. Stimule la germination des semences imbibées Destruction de semences germées et plantes levées	L'enfouissement modifie la distance des semences aux racines des plantes stimulatrices/fixatrices Effet indirect si plus d'adventices hôtes lèvent
Couvert temporaire	Lumière dans le couvert	Moins de reproduction pendant l'interculture	Effet indirect si la plante hôte produit moins de biomasse
	Espèce stimulatrice?		Germinations fatales avant le semis des cultures primaires
Espèces et variétés cultivées (culture primaire)	Choix des techniques	Voir effets des techniques culturales	
	Période de semis	Sélectionne les espèces non-dormantes au moment du semis	Absence/présence de cultures hôtes pendant la période de sensibilité des semences parasites?
	Espèce stimulatrice? Espèce fixatrice? Architecture racinaire	Pas d'effet Pas d'effet	Stimule la germination Fixation du parasite Proximité parasite-racines stimulatrices/fixatrices
	Lumière dans le couvert	L'ombrage réduit la photosynthèse et l'accumulation de biomasse, il cause de l'étiollement	Effet indirect si la plante hôte produit moins de biomasse
Date de semis	Date de levée de la culture	Plus les adventices lèvent tôt par rapport à la culture, mieux elles survivent et grandissent	Levée de la culture décalée par rapport à la période de sensibilité des semences parasites?
	Date du dernier travail du sol	En cas de travail tardif, plus de semences auront détruites par le travail (dans le cas du parasite, uniquement vrai si couvert temporaire stimulant)	germé avant et pourront être
Densité de semis	Réduit la lumière dans le couvert	L'ombrage réduit la photosynthèse et l'accumulation de biomasse, il cause de l'étiollement	Effet indirect si la plante hôte produit moins de biomasse
	Localisation des plantes cultivées		Augmente la proximité racine-parasite
Motif de semis	Variabilité de la lumière dans le couvert	Le semis irrégulier favorise des trous de couvert où poussent les adventices	Effet indirect si la plante hôte produit moins de biomasse
Herbicides	Efficacité = f(matière active, technicité), diminue avec la densité du couvert, la profondeur des semences (herbicides racinaires) et le stade des adventices	Les herbicides foliaires détruisent les plantes levées, les racinaires les plantes dont les semences sont proches de la surface, les pseudo-racinaires les plantules en cours de levée; les herbicides racinaires et pseudo-racinaires persistent et agissent pendant plusieurs jours	Pas d'effet direct, effet indirect en réduisant les hôtes adventices
Récolte et fauche		Coupe les plantes; plus les plantes coupées sont âgées et leur biomasse résiduelle réduite, moins elles survivent	Coupe les plantes et réduit la biomasse; mortalité inconnue
Fumier etc.	Ajoute une couche sur le sol	Améliore la germination des semences de surface Ajoute des semences adventices au sol	Effet indirect si plus de levée d'adventices hôtes
Tous	Les roues compactent le sol	Augmente la mortalité des semences germées	Pas d'effet direct, effet indirect si moins de levée d'adventices hôtes

5 Les expérimentations à réaliser

Une ébauche de PHERASYS a été développée (Colbach *et al.*, 2011) ce qui nous a permis d'identifier les lacunes de connaissances au niveau du cycle de vie de l'orobanche. Nous allons mettre en place plusieurs expérimentations pour étudier les processus mal connus.

Une première expérimentation tentera d'évaluer la persistance des semences d'orobanche en l'absence de plantes hôtes, en mesurant le potentiel infectieux (aptitude à germer) des semences dans le sol au cours de la saison et de l'âge des semences.

Une deuxième expérimentation aura pour objectif de caractériser l'architecture racinaire des plantes stimulatrices/fixatrices de l'orobanche. Pour ce faire, nous utiliserons un modèle simplifié de l'architecture racinaire (Pagès *et al.*, 2012) qu'il s'agira de paramétrer pour les différentes espèces. Ce modèle paramétré sera alors "dégradé" (i.e. réduit aux effets pertinents pour notre objectif) puis couplé à FLORSYS. Des expérimentations de paramétrage du modèle sont en cours actuellement pour une douzaine d'espèces contrastées.

La dernière expérimentation visera à caractériser l'écophysiole des interactions trophiques hôte/parasite dans le cas de l'orobanche rameuse et pour une large gamme d'hôtes. Il s'agira d'évaluer l'existence d'un « équilibre » entre d'une part l'allocation des assimilats vers la plante parasite et d'autre part la conservation des assimilats par la plante hôte pour maintenir sa croissance. Pour cela, une gamme d'espèces hôtes parasitées par l'orobanche et non parasitées (témoins) sera expérimentée en serre. Différentes variables (ex. accumulation de biomasse, production de semences) seront mesurées au cours du cycle de culture.

6 Quelques résultats préliminaires

Nous avons déjà réalisé quelques simulations de systèmes de culture avec une ébauche du modèle FLORSYS-PHERASYS dans le but d'évaluer des systèmes de culture existants et prospectifs pour leur risque d'orobanche et la contribution de la flore adventice à l'infection par le parasite (Colbach *et al.*, 2011). Le système de référence est une rotation typique bourguignonne, colza/blé d'hiver/orge d'hiver sans labour. La présence d'une flore adventice contenant des espèces hôtes augmente le stock semencier parasite avant le semis du colza d'environ 70% (Figure 2). Introduire du pois avant le colza dans la rotation diminue le risque parasitaire de plus de 90% et le surplus de semences parasites dû aux adventices devient alors négligeable. Labourer après colza a peu d'influence directe sur le parasite mais diminue le risque via les adventices de plus de 60%. Le semis direct divise le risque parasitaire direct par environ 1800 parce que les semences parasites restent majoritairement à la surface du sol, loin des racines. Mais comme l'absence de travail du sol favorise simultanément la flore non-parasite, le risque global est au final multiplié par 5. Diminuer la densité de semis du colza réduit le risque direct de 30% en diminuant la probabilité de contact parasite-racine mais laisse plus de place aux adventices et n'a, au final, que peu d'impact. Retarder le semis des cultures de trois semaines diminue les risques directs et indirects et réduit le stock parasite global d'environ 30%.

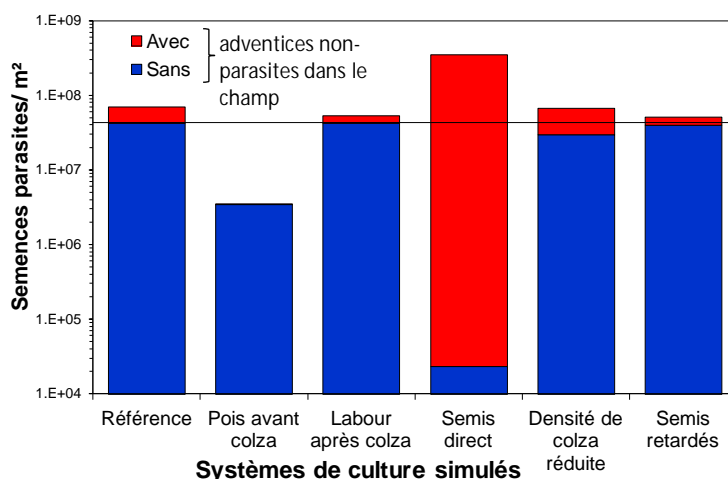


Figure 2 : Impact du système de culture et de la flore adventice non-parasite sur le risque d'infestation parasite dans une rotation colza/rapese/orge. Stock semencier du parasite *Phelipanche ramosa* dans le sol avant colza après 12 années de simulation avec PHERASYS (Colbach *et al.*, 2011)

7 Conclusion

L'ébauche de PHERASYS a permis d'évaluer la possibilité de développer un modèle mécaniste des effets des systèmes de culture sur la dynamique des adventices parasites. Cette version a non seulement démontré la faisabilité de notre objectif de modélisation mais a également identifié les lacunes dans nos connaissances sur le cycle de vie du parasite et ses interactions avec les adventices non parasites. C'est sur ces résultats que se basent les expérimentations que nous sommes actuellement en train de mettre en place pour développer la nouvelle version de PHERASYS.

La version préliminaire de PHERASYS a aussi démontré comment un tel modèle peut être utilisé pour évaluer des systèmes de culture existants et prospectifs pour leur risque d'orobanche. Cependant, bien que cohérents avec les connaissances actuelles sur le parasite, ces résultats de simulation ne sont qu'une illustration des applications possibles du modèle et non pas des conseils prêts à l'emploi. En effet, PHERASYS doit d'abord être amélioré puis évalué avec des données indépendantes de terrain pour déterminer son domaine de validité.

8 Remerciements

Ce projet est financé par l'INRA, l'ANR OGM VIGIWEED (ANR-07-POGM-003-01), le Plan d'Action Régional pour l'Innovation de la Région Bourgogne (PARI 2010-9201AAO050S01397) et le Programme de Recherche "Évaluation et réduction des risques liés à l'utilisation des pesticides" porté par le Ministère de l'Écologie (APR 2011 – Ecophyto 2018 "Changer les pratiques agricoles pour préserver les services écosystémiques") pour soutenir l'implémentation du plan d'action national sur les pesticides par le Ministère de l'Agriculture et avec les crédits provenant des taxes pour la pollution diffuse gérée par l'ONEMA.

9 Références

- Abu-Irmaileh B. E., 1984. Effect of planting flax on the subsequent infestation of tomato by *Orobanche ramosa*. In: C. Parker, L.J. Musselmann, R. M. Polhill et A. K. Wilson, editors. Third International Symposium on Parasitic Weeds, Alep, Syrie, 250-255
- Aubertot J. N., Lescourret F., Bonato O., Colbach N., Debaeke P., Doré T., Fargues J., Lô-Pelzer E., Loyce C., Sauphanor B., How to improve pest management in cropping systems. Effects of cultural practices on pest development. A review. *Agronomy for Sustainable Development*.
- Boulet C., Pineault D., Benharrat H., Simier P., Delavault P., 2007. Adventices du colza et orobanche rameuse. In: XXème Conférence du COLUMA: Journées Internationales sur la Lutte contre les Mauvaises Herbes. AFPP, Dijon, France
- Buschmann H., Gonsior G., Sauerborn J., 2005. Pathogenicity of branched broomrape (*Orobanche ramosa*) populations on tobacco cultivars. *Plant Pathology*, 54, 650-656.
- Colbach N., Debaeke P., 1998. Integrating crop management and crop rotation effects into models of weed population dynamics: a review. *Weed Science*, 46, 717-728.
- Colbach N., Dürr C., Roger-Estrade J., Caneill J., 2005. How to model the effects of farming practices on weed emergence. *Weed Research*, 45, 2-17.
- Colbach N., 2010. Modelling cropping system effects on crop pest dynamics: how to compromise between process analysis and decision aid. *Plant Science*, 179, 1-13.
- Colbach N., Abdennebi-Abdemessed N., Gibot-Leclerc S., 2011. A preliminary approach for modelling the effects of cropping systems on the dynamics of broomrape (*Phelipanche ramosa*) in interaction with the non-parasitic weed flora. *OCL*, 18, 39-45.
- Colbach N., Collard A., Guyot S. H. M., Mézière D., Munier-Jolain N. M., submitted. Assessing innovative sowing patterns for integrated weed management with a 3D crop:weed competition model. *European Journal of Agronomy*.
- Fernandez-Aparicio M., Sillero J. C., Rubiales D., 2007. Intercropping with cereals reduces infection by *Orobanche crenata* in legumes. *Crop Protection*, 26, 1166-1172.
- Gardarin A., Dürr C., Colbach N., 2012. Modeling the dynamics and emergence of a multispecies weed seed bank with species traits. *Ecological Modelling*, 240, 123-138.
- Gibot-Leclerc S., Brault M., Pinochet X., Sallé G., 2003. Rôle potentiel des plantes adventices du colza d'hiver dans l'extension de l'orobanche rameuse en Poitou-Charentes. *Comptes Rendus de Biologie*, 326, 645-658.
- Gibot-Leclerc S., Charles J., Dessaint F., 2009. Sensibilité d'hôtes potentiels vis-à-vis de deux pathovars d'*Orobanche ramosa* L. In: XIIIème Colloque International sur la Biologie des Mauvaises Herbes, Dijon, France, 446-456
- Gibot-Leclerc S., Sallé G., Reboud X., Moreau D., 2012. What are the traits of *Phelipanche ramosa* (L.) Pomel that contribute to the success of its biological cycle on its host *Brassica napus* L.? *Flora*, 207, 512-521.
- Gibot-Leclerc S., Abdennebi-Abdemessed N., Reibel C., Colbach N., 2013a. Non-host facilitators, a new category that unexpectedly favors parasitic weeds. *Agronomy for Sustainable Development*, doi: 10.1007/s13593-13013-10153-x.
- Gibot-Leclerc S., Reibel C., Dessaint F., Le Corre V., 2013b. *Phelipanche ramosa* (L.) Pomel populations differ in life-history and infection response to hosts. *Flora*, doi:10.1016/j.flora.2013.1003.1007.
- Joel D. M., 2009. The new nomenclature of *Orobanche* and *Phelipanche*. *Weed Research*, 49, 6-7.

- Lins R. D., Colquhoun J. B., Mallory-Smith C. A., 2006. Investigation of wheat as a trap crop for control of *Orobanche minor*. *Weed Research*, 46, 313-318.
- Munier-Jolain N. M., Guyot S. H. M., Colbach N., 2013. A 3D model for light interception in heterogeneous crop:weed canopies. Model structure and evaluation. *Ecological Modelling*, 250, 101-110.
- Munier-Jolain N. M., Collard A., Busset H., Guyot S. H. M., Colbach N., in revision. Modelling the morphological plasticity of weeds in multi-specific canopies. *Field Crops Research*.
- Pagès L., Moreau D., Boukcim H., Nguyen C., 2012. ArchiSimple: a parsimonious model of the root system architecture. *In: Fourth International Symposium on Plant Growth Modeling, Simulation, Visualization and Applications, ShangHai, China*
- Parker C., 2009. Observations on the current status of *Orobanche* and *Striga* problems worldwide. *Pest Management Science*, 65, 453-459.
- Rossing W. A. H., Meynard J. M., van I., M.K., 1997. Model-based explorations to support development of sustainable systems: case studies from France and the Netherlands. *European Journal of Agronomy*, 7, 271-283.
- Rubiales D., Fernandez-Aparicio M., Wegmann K., Joel D. M., 2009. Revisiting strategies for reducing the seedbank of *Orobanche* and *Phelipanche* spp. *Weed Research*. *Weed Research*, 49, 23-33.