HAL
open science

Apports de l'agronomie et de l'écologie pour une gestion intégrée des communautés de mauvaises herbes

Bruno B. Chauvel

To cite this version:

Bruno B. Chauvel. Apports de l'agronomie et de l'écologie pour une gestion intégrée des communautés de mauvaises herbes. Sciences du Vivant [q-bio]. Université de Bourgogne, 2014. tel-02795645

HAL Id: tel-02795645

https://hal.inrae.fr/tel-02795645

Submitted on 5 Jun 2020

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.

Université de Bourgogne - Ecole doctorale E2S

Document présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Habilitation à Diriger des Recherches

Apports de l'agronomie et de l'écologie pour une gestion intégrée des communautés de mauvaises herbes

Présentée par :

Bruno Chauvel

Chargé de Recherche, Inra, UMR1347 Agroécologie Dijon

Soutenue le mardi 18 novembre 2014 devant le jury composé de :

Président :	Loïc Bollache (Professeur, Université de Bourgogne, Dijon)
Rapporteurs :	Philippe Debaeke (Directeur de Recherche, Inra Toulouse)
	Nathalie Machon (Professeur, MNHN, Paris)
	Jordi Recasens Guinjuan (Professeur, Université de Lleida, Lleida)
Examinateurs :	Jacques Maillet (Professeur, Institut des régions chaudes, Montpellier)
	Jean-Pierre Sarthou (Maître de Conférences, ENSAT, Toulouse)

« Elle est de tous les pays, de tous les climats et de tous les terrains pourvu cependant qu'ils ne soient pas trop secs …

Vous croyez la tenir, elle vous échappe par quelque brin de racine inaperçu ; vous la croyez morte, une rosée la ressuscite ; vous la mettez en compost, elle végète comme pour se moquer de vous, si vous n'avez pas la précaution de la fouler vigoureusement et de l'étouffer de votre mieux. Ne cultivez pas, elle pousse ; cultivez bien, elle pousse encore ; sa tige n'a l'air de rien, ses racines n'en finissent pas ; accordez-lui une ligne de terre, dans la quinzaine elle en aura pris un pied. Refusez lui une place dans le semis, elle trouve le moyen de s'y faufiler, de se loger sous vos plantes cultivées, de confondre ses racines avec les leurs de telle sorte que sa destruction impose un sacrifice C'est le diable déguisé en herbe …

Joigneaux P. 1870. *Le livre de la ferme et des maisons de campagnes*

***

…

Je suis d' la mauvaise herbe, braves gens, braves gens,
C'est pas moi qu'on rumine et c'est pas moi qu'on met en gerbe...
Je suis d' la mauvaise herbe, braves gens, braves gens,
Je pousse en liberté dans les jardins mal fréquentés ! …

Brassens G. 1954. *La Mauvaise herbe*

***

"… And what is cotton? One plant out some two hundred thousand known to the botanist, - vastly the largest part of which are reckoned weed.
And what is a weed? A plant whose virtues have not yet been discovered, and every one of the two hundred thousand, probably yet to be of utility in the arts ..."

Emerson R.W. 1855-1871. The Later Lectures of Ralph Waldo Emerson, Vol.2

Remerciements

L'ensemble des travaux de recherche que j'ai pu réaliser depuis mon arrivée à l'Inra a été réalisé en interaction et en collaboration avec de nombreuses personnes. Je voudrais remercier toutes ces personnes (chercheurs, techniciens, enseignants, agriculteurs, gestionnaires de terrain …) avec qui j'ai eu la chance de collaborer et avec qui j'espère pouvoir encore interagir dans le futur.

Cités dans un désordre complet, il me faut remercier beaucoup de monde :

- Tout d'abord l'ensemble des étudiants que j'ai encadrés et que je peux encore croiser pour certains d'entre eux dans les métiers qui sont aujourd'hui les leurs. Encadrer ces personnes - chaque année plus jeunes – est une grande richesse et une chance de notre métier. Je regrette de ne plus pouvoir y passer autant de temps qu'auparavant. Les trois étudiants en thèse, Boris, Stéphane et Aude, que j'ai eu la chance de co-encadrer, sont évidemment à part dans cette longue liste par le temps passé avec eux et tous les échanges que nous avons pu avoir. J'espère que ces interactions seront toujours source d'enrichissements scientifiques et personnels.
- Je remercie aussi l'ensemble des collègues Inra, AgroSup et Université de Bourgogne que j'ai pu côtoyer ou que je vois tous les jours dans le bâtiment Coste du site Inra de Dijon. J'ai eu la chance de collaborer avec la quasi-totalité des personnels administratifs, techniques et scientifiques de l'unité et je les remercie pour l'aide qu'ils m'ont apportée dans la conception, la réalisation et la publication de ce qui fait un travail de recherche. Les personnels du domaine expérimental d'Époisses sont aussi vivement remerciés pour accepter les traces de mes passages sous forme de banque de semences à dure de vie plus ou moins longue. Aucune de mes approches n'a été totalement solitaire et beaucoup n'ont pu aboutir que parce qu'elles avaient été portées par un soutien administratif, technique ou scientifique qui sont indispensables.
- Je remercie aussi toutes les personnes que j'ai pu rencontrer sur le terrain : agriculteurs, membres des chambres d'agricultures, personnels des coopératives et des Instituts Agricoles, mais aussi personnels des collections d'herbiers, des Sociétés naturalistes et scientifiques d'autres instituts sans lesquels je n'aurais pu pas travailler et qui m'ont ouvert l'esprit à d'autres façons de penser. Merci aussi à toutes les personnes que l'ambroisie m'a permis de connaître : personnels des agences régionales de santé, médecins et personnels des ministères et bien entendu Quentin qui m'aura supporté pendant ces trois dernières années.
- Enfin, merci aux membres du jury, Loïc Bollache, Philippe Debaeke, Nathalie Machon, Jacques Maillet, Jordi Recasens Guinjuan et Jean Pierre Sarthou, qui ont accepté de participer à ce travail avec une pensée particulière pour les rapporteurs. J'espère que ce document aura mis en avant tout l'intérêt qu'il y a de se pencher sur les mauvaises herbes des champs.

Pour finir, j'ai reçu, et cela quelquefois depuis de longues années, beaucoup d'aides qui vont au-delà de la simple relation de travail. En prenant le risque d'oublier quelqu'un d'important, je remercie Annick, Christian, Claudine, Fabrice, Guillaume, Henri, Jacques, Jean-Philippe, Louis, Stéphane … pour leur patience et leur écoute.

Enfin, les membres de ma famille Isabelle, Etienne et Rémi sont entièrement associés à ce travail pour leur infinie patience vis-à-vis de la concurrence que peut exercer la communauté des mauvaises herbes sur mon temps de présence à la maison. Pour eux, le concept de nuisibilité de la flore adventice est une réalité qui ne se discute pas.

Sommaire

CURRICULUM VITAE **1**

LISTE DES PUBLICATIONS - 2013 ..... **7**

I- CONTEXTE GENERAL - UN OBJET D'ETUDE : LA COMMUNAUTE DES MAUVAISES HERBES **27**

I-A. Concept de «mauvaise herbe» **27**

I-B Tout un vocabulaire **29**

I-C – Organisation du manuscrit **29**

II - TRAVAUX SCIENTIFIQUES **31**

II. A. Adaptation de la flore adventice au niveau des communautés **31**
II.A.1. Rôle des stocks de semences 31
II.A.2. Evolution dans des communautés adventices dans le temps 33

II. B. Adaptation de la flore adventice au niveau des espèces **35**
II.B.1. le cas du vulpin des champs 35
II.B.2 le cas du l'ambroisie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia* L.). 46

II.C. Quelles utilisations des pratiques culturales pour répondre à la capacité d'adaptation des mauvaises herbes : quels intérêts d'étudier les traits de ces espèces adventices ? **51**
II. C. 1 Effets de systèmes de cultures 52
II. C. 2 Insertion de nouveaux éléments dans l'agrosystème : les bandes enherbées 53

II. D. Approches historiques **57**
II. D.1. Historique de l'introduction et du développement de l'ambroisie en France 57
II. D.2. Historique de l'utilisation des herbicides 59

III. ACTIVITES TRANSVERSALES **62**

III. A Expertises **62**
III. A. 1. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) 62
III. A. 2. Haut Conseil des Biotechnologies (HCB) 62

III. B. Enseignement **62**

IV - PROJETS DE RECHERCHE **64**

IV. A. Etats des lieux et motivations futures **64**

IV. B. Thématiques de recherche **66**
IV. B. 1 Pour une gestion innovante de la flore adventice : ne plus travailler le sol et occuper le milieu 66

IV. B.2 L'ambroisie à feuilles d'armoise 69

IV. C. Quelle place pour un malherbologue dans l'UMR Agroécologie ? 70

V. CONCLUSIONS 72

V. A. Bilan 72

V.B. Encadrement et direction de la recherche : quels enjeux ? 73

V.C. Projets 74

BIBLIOGRAPHIE 75

CURRICULUM VITAE

Etat civil

Bruno Chauvel
Né le 28 juin 1963 à Nancy (54)
Marié, deux enfants

Situation professionnelle

Chargé de Recherche à l'Inra depuis le 1er septembre 1993

Chargé 2e classe : 01/09/1993
Chargé 1ère classe : 01/01/2000

UMR1347 Agroécologie
Inra – Centre de Dijon
17 rue Sully, BP 85610
21065 Dijon Cedex
tél. : 03 80 69 30 39 fax : 03 80 69 32 62
courriel : bruno.chauvel@dijon.inra.fr

Station d'Agronomie - DIJ AGRONOMIE : 01/09/1993
Unité Malherbologie Agronomie - DIJ UR MALHER AGRO : 01/01/1999
Unité mixte de recherche 1210 Biologie et gestion des adventices - 1210 BGA : 01/01/2003
Unité mixte de recherche 1347 Agroécologie : 01/01/2012

Titres universitaires

1986 : Maîtrise de Biologie des Organismes et des Populations (option végétale) ; Université de Dijon (mention AB).
1987 : Diplôme d'Etude approfondie d'Ecologie Générale (option phytosociologie), Université Paris XI Orsay (mention AB).
1988 : Boursier M.R.T. au Laboratoire de Malherbologie de l'Inra de Dijon. Thèse de Doctorat d'Université. Discipline : Science de la vie. Spécialité : écologie. Université Paris XI Orsay. Mention très honorable avec les félicitations du jury.

Avril 1991 : thèse d'Université. Polymorphisme génétique et sélection de la résistance aux urées substituées chez *Alopecurus myosuroides* Huds.

Jury de soutenance :

P. Vernet, rapporteur, Professeur à l'Université de Lille 1
D. Picard, rapporteur, Chef du Département Agronomie de l'Inra
A. Lacoste, président du jury, Professeur à l'Université Paris XI Orsay
G.W. Cussans, directeur du laboratoire de Rothamsted (Grande Bretagne)
J. Gasquez, directeur de thèse, directeur de recherche l'Inra

Cursus professionnel

* Juin à Novembre 1991 : vacataire informatique auprès du CNERTA pour réaliser la base de données encyclopédique du logiciel d'identification et de reconnaissance des mauvaises herbes "MALHERB" (collaboration Inra).

* Décembre 1991 à Août 1993 : demi-poste d'ATER - Assistant temporaire à l'Enseignement (Laboratoire d'Ecologie, Université de Bourgogne) et à la Recherche (laboratoire de Malherbologie - Inra).

1993 : reçu au concours de Chargé de recherche (CR2) sur un profil "effet des systèmes de culture sur les composantes biologiques du milieu » à la station d'agronomie de l'Inra de Dijon.

Aperçu des activités scientifiques

❖ Activités de recherche

* Effet des systèmes de culture sur la dynamique des populations de mauvaises herbes : modèle vulpin (de 1993 à 2004)
  - Animateur du projet "Gestion raisonnée des systèmes de cultures pour la maîtrise des mauvaises herbes " du Département SPE - projet financé.
* Etude de la dynamique d'une espèce envahissante : modèle ambroisie à feuilles d'armoise (de 2003 à 2008)
  - Animateur projets "Gestion de l'ambroisie » - Financement Régions Rhône-Alpes et Bourgogne.
  - Participation au groupe de travail européen EWRS sur l'ambroisie
  - Organisation scientifique du 1er colloque national sur l'ambroisie (Novembre 2008)
* Etude du rôle de l'organisation spatiale sur le fonctionnement et la diversité des communautés d'adventices (depuis 2008).
* Représentant Français du projet Cost- Smarter (FA1203) sur la gestion de l'ambroisie en Europe (novembre 2011)
  -Co-animation d'un groupe de travail WG3 : lutte intégrée contre l'ambroisie à l'échelle de l'Europe.

❖ Activités d'animation

Depuis Juin 2011 : coordinateur de l'Observatoire des ambroisies. Créé et financé par le Ministère de la Santé (Direction Générale de la Santé), cet observatoire a pour objectif de promouvoir la lutte contre l'ambroisie à feuilles d'armoise à l'échelle du territoire.

Par lettre de mission, un détachement à 25 % du temps de travail a été autorisé par le Département Environnement Agronomie.

Le travail est appuyé par un ingénieur d'étude recruté à temps plein sur le projet.

❖ Expertises

* Juin 2005 : direction nationale du renseignement et des enquêtes douanières. Expertise pour l'identification de semences adventices dans les lots d'importations. Rédaction du rapport d'expertise.
* De septembre 2006 à mars 2007, expertise européenne pour l'EFSA (Parme - Italie) sur l'Ambroisie (5 réunions). Etude de la demande de mise sur liste de quarantaine des espèces

du genre *Ambrosia* spp. Demande faite par la Pologne et la Lituanie. Participation au dossier d'expertise. Présentation à la commission.

* De février 2007 à juin 2008, expertise scientifique collective à l'Inra (ESCo) Agriculture et Biodiversité – Valoriser les synergies. Expertise bibliographique. Participation à l'écriture des chapitres 1 (effets de l'agriculture sur la biodiversité), 2 (biodiversité des espaces agricoles et services écologiques rendus par cette biodiversité) et 5 (conclusions)
* De janvier 2007 à octobre 2008 : prospective du département Environnement et Agronomie Agriculture et Biodiversité (animateur : Sylvain Plantureux).
* Février 2010 : membre du jury scientifique appel à projets société - LU et la Fondation pour la Recherche - Les Champs de Biodiversité.
* Janvier 2012 : Nommé membre de la commission "Risques biologiques pour la santé des végétaux" de l'ANSES. Malherbologie.
* Juin 2011 à Juillet 2013 : membre du groupe de travail sur saisines 'pollen'.
* Octobre 2013 : nomination au Haut Conseil des Biotechnologies (décret du 24 octobre 2013) En qualité de spécialistes en sciences agronomiques

❖ <u>Comité de rédaction</u>

Depuis juin 2013 - Membre du comité de rédaction la revue 'Phytoma, la Santé des végétaux'.

❖ <u>Référé d'articles</u>

Weed Research (1 à 2 articles par an), Agriculture Ecosystems and Environment, Crop Protection, European Journal of Agronomy, Agronomy for sustainable environment (~1 article par an), Journal of Biogeography et autres revues.

❖ <u>Participation aux Colloques et Congrès</u>

Depuis 1993, participation aux colloques nationaux (COLUMA, Biologie des mauvaises herbes, EcoVeg) et internationaux (EWRS ; IWSS, IFOAM, IALR).

❖ <u>Mission à l'étranger</u>

Pologne (1996) – Département d'Agronomie et de Phytotechnie ; Académie d'Agriculture (Cracovie). Expertise sur l'effet des périodes de jachères sur la flore adventice et sur la gestion de la flore adventice en situation de faibles intrants.

Activités d'encadrement

❖ <u>Encadrement de thèses</u>

* Co-encadrant Thèse « Ambroisie » (2004-2007) – Boris Fumanal (directeur de thèse François Bretagnolle). Caractérisation des traits biologiques et des processus évolutifs d'une espèce envahissante en France : *Ambrosia artemisiifolia* L. - Thèse soutenue le 21 avril 2007 (mention très honorable).

Recruté maître de Conférence à l'université de Clermont Ferrand Blaise Pascal (UFR S.T. - P.I.A.F) en 2008.

* Co-encadrant Thèse « Bandes enherbées » (2007-2010) – Stéphane CORDEAU – (directeur de thèse Xavier Reboud). Conséquences de la mise en place de bandes enherbées sur l'évolution

de la flore adventice dans les agrosystèmes de grandes cultures - Thèse soutenue le 10 décembre 2010 (mention très honorable).

Recruté en tant que chargé de recherche à l'Inra (UMR1347 Agroécologie) en 2012.

* Co-encadrant Thèse sur l'évaluation agro-écologique de systèmes de culture innovants : évaluation de l'adoption du semis direct sous couvert sur l'intensité des régulations biologiques des adventices – Aude Trichard – (directrice de thèse Sandrine Petit). - Thèse soutenue le 21 mars 2014 (mention très honorable).

Recrutée à la DRAAF de Bourgogne en 2014.

❖ <u>Jurys de thèse</u>

* 1999 – Contribution au diagnostic et à la prévision des effets précédents du gel des terres annuel. (Anne Dalbiès-Dulout – INA P-G).
* 2008 – Mécanisme de régénération des espèces végétales dans les prairies subalpines. (Flore Viard-Crétat – Université de Montpellier II).
* 2008 – Structure des communautés de plantes herbacées sur les grands Causses : stratégies fonctionnelles des espèces et interaction interspécifique (Adeline Fayolle – Montpellier SupAgro).

❖ <u>Comités de thèse</u>

- Caroline Gilbert (2007) - Génération de fissures cuticulaires sur la pêche (*Prunus persica* (L.) Batsch) en réponse à des opérations culturales. (Thèse Université de Bourgogne - Directeur de thèse - Françoise Lescourret).
- Yosra Menchari (2007) : évolution de la résistance aux herbicides inhibiteurs de l'acétyl-coenzyme A carboxylase chez le vulpin des champs (*Alopecurus myosuroides*) (Thèse Université de Bourgogne - Directeur de thèse - Henri Darmency).
- Marion Casagrande (2008) : évaluation précoce des performances du blé biologique (rendement et teneur en protéines). (Thèse Agro Paris Tech – Directeur de thèse : Marie-Hélène Jeuffroy).
- Aline Boursault (2012). Caractérisation des relations trophiques entre composantes d'un agroécosystème : le cas de la prédation des graines d'adventices par les Carabidae Thèse Université de Bourgogne – Dir.de thèse Sandrine Petit).
- Aurélie Lacoeuilhe (2014). MNHN - Organisation de la biodiversité dans des zones humides anthropisées ; Directrice de Thèse - Nathalie Machon).
- Azaad Gaungoo (en cours : Cirad - comportement des lianes adventices dans la canne à sucre à Maurice ; Directeur de Thèse : Thomas Le Bourgeois).
- Mathieu Lorin (en cours : AgroParisTech – Analyse des Services écosystémiques rendus par les plantes de service dans un couvert plurispécifique colza-légumineuses par l'analyse de son fonctionnement ; Directrice de thèse : Marie-Hélène Jeuffroy).
- Clémence Chaudron (en cours – Université de Tours : Interaction entre bords de route et mosaïques agricoles ; Directrice de Thèse : Francesca Di Pietro).

❖ Soutien à des travaux de thèse (expertise malherbologique)

- De 1995 à 1997 : Anne Dulout-Dalbies - Contribution au diagnostic et à la prévision des effets précédents du gel des terres annuel. (Thèse INA-PG. Resp. de thèse Thierry Doré)
- 1996 à 1998 : Sameh Mehri – Modélisations du risque de production grainière par la flore adventice annuelle et de l'évolution de l'état structural : contribution à l'évaluation des modes de conduites de la succession jachère- blé (Thèse INA-PG. Resp. : T. Doré).
- 1998 à 1999 : Jean François Dejoux - Évaluation agronomique, environnementale et économique d'itinéraires techniques du colza d'hiver en semis très précoces. Analyse agronomique, conséquences environnementales et économiques (thèse INA-PG – directeur de thèse : Jean-Marc Meynard)

❖ Encadrement ou co-encadrement d'étudiants en M2 ou 3e année d'ingénieur (AgroSup, ENSAIA, Agro Paris Tech

- 11 étudiants « DEA » ou M2, ingénieurs dont 5 ont mené à bien une thèse de doctorat
- 13 étudiants M1
- Jury d'examen d'ingénieur 3e année (~1 par an).

Activités d'enseignement et de formation

❖ *Enseignement (environ 50 heures eq TD par an)*

Les enseignements ont essentiellement porté sur la biologie des mauvaises herbes, l'effet des systèmes de culture sur la dynamique de ces espèces adventices, le mode d'action des herbicides et le développement et la gestion de la résistance aux herbicides. Dans le domaine de l'écologie végétale, les cours concernent la nutrition des végétaux, la réponse aux stress et la dynamique des agrosystèmes.

* Université de Bourgogne

- Préparation CAPES/AGREG (de 1996 à 2006 - Responsable du module d'Ecologie Végétale - 20 heures de cours magistraux. Préparation de l'examen – correction des copies).
- Institut de la vigne et vin - Responsable du module de Malherbologie - 10 heures de cours magistraux, 8 heures de TD et 8 heures de TP. Préparation de l'examen – correction des copies).
- IUFM – Semaine culturelle - 7 heures (de 2003 à 2008).

* SupAgro Montpellier

- De 2000 à 2007 – co-responsable de l'UV de Malherbologie 3e année à l'ENSA-Montpellier. 9 heures de cours magistraux. Organisation des interventions. Correction des copies. Statut de Maître Assistant associé.
- Depuis 2008 – participation à l'UV de Malherbologie ; 6 heures d'intervention.

* AgroSup Dijon

- Depuis 1995 : cours magistraux de 4 heures et encadrement de groupes de travail et de projets d'élèves-ingénieurs.

* Interventions diverses (jusque 2009)

- Université de Rennes (M2), ENITAB- Bordeaux (3è année), ISAB – Beauvais (2è année, Agro Paris Tech. Université d'Orsay, Paris AgroTech …

❖ *Formation*

* Licence d'agriculture raisonnée SupAgro Montpellier (depuis 2000 – 6 heures / an)
* Interventions à l'attention de groupement d'agriculteurs (Agriculteurs Bio, GEDA, techniciens de coopérative agricoles, de Chambres d'Agriculture) ~ 3 par an.

Activités d'animation collectives

* Participations à des jurys de recrutement de chercheurs ou enseignement chercheur
  - 2002 et 2004 - Maîtres de Conférence Université de Bourgogne
  - 2004 - Chargé de recherche 1ère classe
  - 2010 - Maître de conférence INPL Nancy
* Président de jurys Inra recrutement externe de technicien (2005) et d'adjoint technique (2010).
* Responsabilité et fonctions
  - <u>à l'UMR BGA :</u> membre élu au Conseil d'Unité de l'UMR BGA de 2006 à 2008.
  - <u>sur le centre de Dijon et à l'UMR BGA</u>
    - Représentant syndical au CHS et au Conseil Scientifique de Centre.
    - Expert syndical CAPL TR et AGT (de 2000 à 2005).
    - Représentant du Personnel au Chantier 4 - Ressources humaines - chargé d'évaluer les conséquences de la restructuration des implantations bourguignonnes du centre de Dijon sur la vie sociale, familiale du personnel (lettre de mission du Centre Inra Dijon - 1999).
  - <u>au niveau du département EA</u>
    - Membre syndical élu du Conseil de Gestion du Département Environnement Agronomie de 2002 à 2010.

Liste des publications - 2013

- **1. Articles scientifiques publiés** (revues avec comité de lecture)

(les noms soulignés sont ceux des étudiants encadrés)

1989

A. **CHAUVEL B**. GASQUEZ J., DARMENCY H. 1989. Changes of weed seed bank parameters according to species, time, and environment. *Weed Research*, **29**, 213-219.

1992

B. **CHAUVEL B.** 1992. Résistances croisées aux herbicides chez une mauvaise herbe. *C.R. Soc. Biol*. **186**, 287-292.

C. DARMENCY H., **CHAUVEL B**., GASQUEZ J. and MATEJICEK A. 1992. Variation of chlorophyll a/b ratio in relation to population polymorphism and mutation of triazine resistance. *Plant Physiology and Biochemistry*, **30**, 1, 57-63.

1994

D. **CHAUVEL B**., GASQUEZ J. 1994. Relationships between genetic polymorphism and herbicide resistance within *Alopecurus myosuroides* Huds. *Heredity,* **72**, 336-344.

1998

E. **CHAUVEL B.**, COLBACH N., MUNIER JOLAIN N.M. 1998 - How to *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. Journal of Plant Diseases and Protection. Sonderheft* **XVI**, 265-272.

2000

F. **CHAUVEL B**., MUNIER JOLAIN Ni, LETOUZE A., GRANDGIRARD D. 2000. Developmental patterns of leaves and tillers in a black-grass population (*Alopecurus myosuroides* Huds.). *Agronomie*, **20**, 247-257.

G. **CHAUVEL B**., MUNIER-JOLAIN N.M, GRANDGIRARD D., GUERITAINE G. 2002. Effect of vernalization on development and growth within black-grass population (*Alopecurus myosuroides* Huds.). *Weed Research,* **2**, 166-175.

H. COLBACH N., ROGER-ESTRADE J., CANEILL J., **CHAUVEL B**. 2000. Modelling vertical and lateral seed bank movements during mouldboard ploughing. *European Journal of Agronomy*. **13**, 111-124.

2001

I. **CHAUVEL B**., GUILLEMIN JP, COLBACH N, GASQUEZ J 2001. Evaluation of cropping systems for management of herbicide resistant populations of black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.). *Crop Protection,* **20**, 127-137.

2002

J. **CHAUVEL B.**, MUNIER-JOLAIN N.M, GRANDGIRARD D., GUERITAINE G. 2002. Effect of vernalization on development and growth within black-grass population (*Alopecurus myosuroides* Huds.). *Weed Research,* **2**, 166-175.

K. COLBACH N., **CHAUVEL B.**, DÜRR C.,. RICHARD G. 2002. Effect of environmental conditions on blackgrass (*Alopecurus myosuroides* Huds.). I. Effect of temperature, storage conditions and light. *Weed Research,* **42**, 210-221.

L. COLBACH N., DÜRR C., **CHAUVEL B.**, RICHARD G. 2002. Effect of environmental conditions on blackgrass (*Alopecurus myosuroides* Huds.). II Effect of moisture conditions and storage length. *Weed Research,* **42**, 222-230.

M. MUNIER-JOLAIN N.M., **CHAUVEL B.**, GASQUEZ J. 2002. Long term modeling of weed control strategies: analysis of threshold based options for weed species with contrasted competitive abilities (*Alopecurus myosuroides* Huds.). *Weed Research,* **42**, 107-122.

2005

N. **CHAUVEL B.**, GUILLEMIN J.P., LETOUZE A. 2005. Development and growth of *Alopecurus myosuroides* Huds.: effects of light competition and nitrogen availability. *European Journal of Agronomy*, **22**, 301-308.

O. DESSAINT F., **CHAUVEL B.**, BRETAGNOLLE F. 2005. L'ambroisie : chronique de l'extension d'un «polluant biologique» en France. *Médecine/Scien*ces, **21**, 207-209.

2006

P. **CHAUVEL B**., DESSAINT F., CARDINAL-LEGRAND C., BRETAGNOLLE F. 2006. The historical spread of *Ambrosia artemisiifolia* L. in France from herbarium records. *Journal of Biogeography*, **33**, 665-673.

Q. **CHAUVEL B.**, GUILLEMIN J.P., DESSAINT F., DÉLYE C. 2006.Regional study of herbicide resistance of Alopecurus myosuroides Huds. in France. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. Journal of Plant Diseases and Protection. Sonderheft*, **XX**, 57-64.

R. COLBACH N., DÜRR C., ROGER-ESTRADE J., **CHAUVEL B.**, CANEILL J. 2006. AlomySys: Modelling black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) germination and emergence, in interaction with seed characteristics, tillage and soil climate: I. Construction. *European Journal of Agronomy*, **24**, (2) 95-112.

S. FUMANAL B., PLENCHETTE C., **CHAUVEL B.**, BRETAGNOLLE F. 2006. Which role can arbuscular mycorrhizal fungi play in the facilitation of *Ambrosia artemisiifolia* L. invasion in France? *Mycorrhiza,* **17**, 25–35.

T. GRANGEOT M, **CHAUVEL B.**, GAUVRIT C. 2006. Spray retention, foliar uptake and translocation of glufosinate and glyphosate in *Ambrosia artemisiifolia. Weed Research*, **46**, (2), 152-162.

2007

U. COLBACH N., **CHAUVEL B**., GAUVRIT C., MUNIER-JOLAIN N.M. 2007. Construction and evaluation of ALOMYSYS modelling the effects of cropping systems on the blackgrass life-cycle: from seedling to seed production. *Ecological modelling*, **201**, 283–300.

V. DÉLYE C., MENCHARI Y., GUILLEMIN J-P, MATEJICEK A., MICHEL S., CAMILLERI C., **CHAUVEL B.** 2007. Status of black-grass (*Alopecurus myosuroides*) resistance to acetyl-coenzyme A carboxylase inhibitors in France. *Weed Research*, **47**, 95–105.

W. FUMANAL B., **CHAUVEL B.**, SABATIER A., BRETAGNOLLE F. 2007. Variability and cryptic heteromorphism of *Ambrosia artemisiifolia* L. seeds: what consequences for its invasion in France?" *Annals of Botany*, **100**, 305-313; doi: 10.1093/aob/mcm108

X. FUMANAL B., **CHAUVEL B.**, BRETAGNOLLE F. 2007. Estimation of pollen and seed production of common ragweed in France. *Annals of Agric and Environ Med*, **14**, 233-236.

Y. FUMANAL B., GIROD C., FRIED G., BRETAGNOLLE F., **CHAUVEL B.** 2008. Can the large ecological amplitude of *Ambrosia artemisiifolia* explain its invasive success in France? *Weed Research*, **48**, 349-359.

2008

Z. MENCHARI Y., **CHAUVEL B**., DARMENCY H., DÉLYE C. 2008. Fitness costs associated with three mutant acetylcoenzyme A carboxylase alleles endowing herbicide resistance in black-grass *Alopecurus myosuroides*. *Journal of Applied Ecology*. **45,** 939–947. doi: 10.1111/j.1365-2664.2008.01462.x

2009

AA. **CHAUVEL B.,** GUILLEMIN J-P., COLBACH N. 2009. Evolution of a herbicide-resistant population of *Alopecurus myosuroides* Huds. in a long-term cropping system experiment. *Crop Protection,* **28**, 343–349.

BB. BADENHAUSER I., **CHAUVEL B.**, COSSON J-F, DARMENCY H., HOUTE S., LAZRAK E-G, MEDIENE S., BRETAGNOLLE V. 2009. Réconcilier agriculture et environnement dans les paysages céréaliers. *Biofutur,* **305**, 27-30.

CC. FRIED G., **CHAUVEL B.**, REBOUD X. 2009. A functional analysis of large-scale temporal shifts from 1970 to 2000 in weed assemblages of sunflower crops in France. *Journal of Vegetation Science,* **20**, (1), 49-58.

2010

DD. CORDEAU S., REBOUD, X., **CHAUVEL B**. 2010. Relative importance of farming practices and landscape context on the weed flora of sown grass strips Agriculture*, Ecosystems and Environment*, **139**, 595–602. http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2010.10.002.

EE. DÉLYE C., MICHEL S. BERARD A., **CHAUVEL B**., BRUNEL D., GUILLEMIN J-P, DESSAINT F., LE CORRE V. 2010. Geographical variation in resistance to acetyl-coenzyme A carboxylase-inhibiting herbicides across the range of the arable weed *Alopecurus myosuroides* (black-grass). *New Phytologist*, **186**, 1005-1017. doi: 10.1111/j.1469.

FF. DÉLYE C., MICHEL S., PERNIN F., CLEMENT J., PETIT C., **CHAUVEL B.**, LE CORRE V. 2010. High gene flow promotes the genetic homogeneity of arable weed populations at the landscape level*. Basic and Applied Ecology*, **11**, 504-512. doi: 10.1016/j.baae.2010.06.

GG. GABA S., **CHAUVEL B.,** DESSAINT F., BRETAGNOLLE V., PETIT, S. 2010. Weed species richness in winter wheat increases with landscape heterogeneity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **138**, 318-323. doi: 10.1016/j.agee.2010.06.00 8137.2010.03233.x.

HH. GAUVRIT C., **CHAUVEL B.** 2010. Sensitivity of *Ambrosia artemisiifolia* to glufosinate and glyphosate at various developmental stages. *Weed Research*, **50**, 503-510. doi: 10.1111/j.1365-3180.2010.00800.x.

II. MAKOWSKI D., **CHAUVEL B.**, MUNIER-JOLAIN N. 2010. Improving weed population model using a sequential Monte Carlo method. *Weed Research*, **50**, (4), 373-382.

2011

JJ. CORDEAU S., REBOUD X., **CHAUVEL B.** 2011. Farmer's fears and agro-economic evaluation of sown grass strips in France. *Agronomy for Sustainable Development*, **31**, 463–473. doi: 10.1007/s13593-011-0004-6.

KK. DÉLYE C., **CHAUVEL B.**, PETIT C.2011. Non-target-site-based resistance should be the centre of attention for herbicide resistance research: *Alopecurus myosuroides* as an illustration. *Weed Research*, **51** (5), 433-437. doi: 10.1111/j.1365-3180.2011.00864.

LL. COLBACH N., **CHAUVEL B.,** DARMENCY H., TRICAULT Y. 2011 Sensitivity of weed emergence and dynamics to life-traits of annual spring emerging weeds in contrasting cropping systems, using weed beet (*Beta vulgaris* ssp. *vulgaris*) as an example. *Journal of Agricultural Science*, **149**, 679–700. doi: 10.1017/S0021859611000220.

MM. **CHAUVEL B.,** TSCHUDY C., MUNIER-JOLAIN N. 2011. Gestion intégrée de la flore adventice dans les systèmes de culture sans labour*. Cahiers Agricultures*, **20**, (3), 194-203.

NN. **CHAUVEL B.,** CADET É. 2011. Introduction et dispersion d'une espèce envahissante : le cas de l'ambroisie. à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia* L.) en France. *Acta Botanica Gallica*, **158** (3), 309-328.

OO. GUILLEMIN J-P., **CHAUVEL B.** 2011. Effects of seed weight and burial depth on seed behavior of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*). *Weed Biology and Management*, **11**, 217–223. doi: 10.1111/j.1445-6664.2011.00423.x

2012

PP. CORDEAU S., PETIT S., REBOUD X., **CHAUVEL B**. 2012. Sown grass strips harbour high weed diversity but decrease weed richness in adjacent crops. *Weed Research*, **52**, 88–97. doi: 10.1111/j.1365-3180.2011.00892.x

QQ. CORDEAU S., PETIT S., REBOUD X., **CHAUVEL B.** 2012. The impact of sown grass strips on the spatial distribution of weed species in adjacent boundaries and arable fields*. Agriculture, Ecosystems and Environment*, **155**, 35– 40.

RR. **CHAUVEL B.,** GUILLEMIN J-P, GASQUEZ J., GAUVRIT C. 2012. History of chemical weeding from 1944 to 2011 in France: changes and evolution of herbicide molecules. *Crop Protection*, **42**, 320-326.

2013

SS. **CHAUVEL B.,** MARTINEZ Q. 2013. Allergie à l'ambroisie : quels moyens pour empêcher l'invasion ? *Revue française d'allergologie*, **53**, (3), Edition 8e Congrès Francophone d'Allergologie, 229–234. http://dx.doi.org/10.1016/j.reval.2013.01.033. (communication invitée).

TT. TRICHARD A., ALIGNIER A., **CHAUVEL B.**, PETIT S. 2013 Identification of weed community traits response to conservation agriculture. Agriculture, *Ecosystems and Environment*, **179**, 179– 186.

UU. DÉLYE C, DEULVOT C, **CHAUVEL B.** 2013. DNA analysis of herbarium specimens of the grass weed *Alopecurus myosuroides* reveals herbicide resistance pre-dated herbicides. *PLoS ONE,* **8**, 10, e75117. doi:10.1371/journal.pone.0075117.

2. Chapitres d'ouvrage

VV. MUNIER-JOLAIN Ni., **CHAUVEL B.**, GASQUEZ J. 2005. Stratégies de protection intégrée contre les adventices des cultures : le retour à l'agronomie. Chapitre 18. In : Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement du XXIe siècle, C. Regnault–Roger Coord., Tec et Doc Lavoisier, Paris. 411-430.

WW. **CHAUVEL B.**, REAU R., LOMBARD A., METGE P., JUPONT P., CHOLLET D., GAUVRIT C. 2007. Gestions agronomique et sanitaire d'*Ambrosia artemisiifolia* : acquisition de connaissances et test d'une stratégie de lutte à l'échelle d'un territoire. In : "Pesticides : impacts environnementaux, gestion et traitements", Oturan M. et Mouchel J.M. Eds, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 307-316.

XX. BRETAGNOLLE F., **CHAUVEL B.** 2009. *Ambrosia artemisiifolia* Linnaeus, common ragweed (Asteraceae, Magnoliophyta). P.343. Chap 13: Species account of the 100 most invasive alien species in Europe. In: Handbook of alien species in Europe. Springer, ISBN: 978-1-4020-8279-5. 399p.

3. Articles scientifiques publiés dans des revues de vulgarisation scientifique (avec comité de lecture)

1990

1. **CHAUVEL B.,** GASQUEZ J. 1990. Résistance aux urées substituées : le cas du vulpin. *La Défense des Végétaux*. **263**, 22-27.

1998

2. **CHAUVEL B.,** GASQUEZ J. DELATTRE M., GUILLEMIN J.P. 1998. Lutte contre les vulpins résistants : quels moyens agronomiques envisager ? *Perspectives Agricoles*, **241**, 84-89.

2000

3. **CHAUVEL B.,** JOUY L., VERDIER J.L., GUILLEMIN J.P. 2000. Stratégie de Lutte contre les vulpins résistants : conséquences économiques. *Perspectives Agricoles*, **256**, 72-78.

2001

4. **CHAUVEL** B., BIJU-DUVAL L., JOUY L. 2001. Gestion des populations de vulpins résistants : quelles possibilités offrent les pratiques culturales ? *Phytoma, La Défense des Végétaux*, **544**, 30-34.

2002

5. DELYE C., MATEJICEK A., CALMES E., **CHAUVEL** B. 2002. Des marqueurs moléculaires pour un diagnostic rapide de résistances aux herbicides chez le Vulpin et le Ray-grass. *Phytoma, La Défense des végétaux*, **548**, 41- 46.

2003

6. CARVIN C., **CHAUVEL B.**, BRETAGNOLLE F., CUENOT E. 2003. Mise au point sur la présence de l'espèce *Ambrosia artemisiifolia* L. dans les départements de Côte d'Or et de Saône et Loire. *Bulletin Scientifique de Bourgogne*, **51**, 2, 18-23.
7. **CHAUVEL** B., DESSAINT F., COLBACH N., LOUVIOT G. 2003. Cartographie spatiale d'une mauvaise herbe. Quelle utilisation pour un meilleur désherbage ? *Phytoma, La Défense des végétaux*, **558**, 6-10.
8. REBOUD X., LONCHAMP J.P., **CHAUVEL B.**, BOMBARDE M., EL MJYIAD N., DELOS M., MOLIN F. 2003. Les mauvaises herbes les plus communes : des témoins des changements en zone de grande culture ? *Phytoma*, *La Défense des Végétaux*, **564**, 14-17.

2005

9. **CHAUVEL** B., DESSAINT F., LONCHAMP JP., GASQUEZ J. 2005. Cinq élues et des candidates. *Phytoma, La Défense des Végétaux,* **578***,* 16-20*.*
10. **CHAUVEL B**., FUMANAL B., BRETAGNOLLE F. 2005. Développement de l'Ambroisie dans le sud de la Bourgogne. *Brochure Ambroisie, Phytoma, La Défense des Végétaux,* **580***,* 16-18.
11. GAUVRIT C., LOMBARD A., **CHAUVEL B.** 2005. Gestion de l'ambroisie à feuilles d'armoise en interculture – Le glyphosate, certes, mais pourquoi pas le glufosinate ? *Phytoma, La Défense des Végétaux,* **580***,* 5-8.

2006

12. **CHAUVEL B.**, FUMANAL B., DESSAINT F., BRETAGNOLLE F. 2006. Extension d'*Ambrosia artemisiifolia* L. dans le département de la Côte d'Or, *Le Monde des Plantes*, **490**, 1-5.
13. DECOIN M., EHRET P., CUENOT E., GAUVRIT C., **CHAUVEL B.**, JOLLIVET C., PETILLAT M., GILLET H., DURIEUX F., EONNET J. 2006. Côté mauvaises herbes, tir de barrage sur trois envahissantes. *Phytoma, La Défense des Végétaux,* **597**, 22-24.
14. DELYE C., **CHAUVEL B**., GUILLEMIN J.P., MENCHARI Y., MATEJICEK A., MICHEL S., CAMILLERI C., BERARD A., BRUNEL D., DESSAINT F. 2006. Vulpin : quelles résistances aux anti-graminées ? *Phytoma, La Défense des Végétaux,* **598***,* 12-16.
15. FRIED G., **CHAUVEL B.**, REBOUD X., CHOLLET D., BOMBARDE M., DELOS M. 2006. Flore adventice du tournesol, quelle évolution ? *Phytoma, La Défense des Végétaux,* **596**, 37-43.
16. GAUVRIT C., GRANGEOT M, **CHAUVEL B.** 2006. Les paradoxes du glufosinate et du glyphosate – comportement dans l'ambroisie à feuilles d'armoise. *Phytoma, La Défense des Végétaux,* **591***,* 8-11.
17. GUILLEMIN J.P., **CHAUVEL B**., DELATTRE M., DESSAINT F., DELYE C., MATEJICEK A., BISSOT R., KLEIN JN, LAGAUDRIERE D., RADIX A, WAECKEL L. 2006. Résistance du vulpin aux herbicides : son importance et sa répartition en Côte d'Or. *Phytoma, La Défense des Végétaux,* **589***,* 20-23.

2007

18. FUMANAL B., **CHAUVEL B.** 2007. L'ambroisie, pourquoi un tel succès? *Perspectives Agricoles*. Supplément au N°**332**, 6-7.

2008

19. CORDEAU S., **CHAUVEL B**. 2008. Qu'est-ce que les bandes enherbées ? Conséquences environnementales et biologiques. *Bourgogne Nature*, **7**, 97-108.

2009

20. **CHAUVEL B**., FRIED G. 2009. Dans la jungle des milieux cultivés. Dossier Pour la Science, *Numéro spécial Invasions Biologiques*, **65** – La conquête des espèces. 32-37.
21. GIBOT-LECLERC S., CORDEAU S., BONIN L**., CHAUVEL B**. 2009. Changements climatiques : quel avenir pour les mauvaises herbes. *Perspectives Agricoles*, **356,** 20-23.

2010

22. **CHAUVEL B**., GARD B. 2010. Gérer l'ambroisie à feuilles d'armoise. *Phytoma, La Défense des Végétaux*, **633**, 12-16.
23. GASQUEZ J., GUILLEMIN J-P., GAUVRIT C., **CHAUVEL B**. 2010. Lutte contre les mauvaises herbes, dix lustres en lumière. *Phytoma, La Défense des Végétaux*, **639**, 18-22.

2011

24. CORDEAU S. BIJU-DUVAL L., **CHAUVEL B**. 2011. Bandes enherbées - biodiversité sans danger. *Phytoma - La Défense des Végétaux*, **643**, 41-45
25. DÉLYE C., CLEMENT J.A.J., PERNIN F., **CHAUVEL B.**, LE CORRE V. 2010. Résistances aux herbicides, autant en apporte le vent. *Phytoma - La Défense des Végétaux,* **644**, 9-12.

2013

26. FRIED G., **CHAUVEL B**., RODRIGUEZ A., JULLIEN J., REBOUD X. 2013. Un point sur la dynamique récente de la flore adventice du colza dans trois grands bassins de production en France. *Phytoma, La santé des végétaux*, mai 2013, **664**, 8-14.
27. **CHAUVEL B.**, HANSE H., MARTINEZ Q., CUENOT E. 2013. l'ambroisie marche le long des routes. *Phytoma – La santé des végétaux*, – Dossier ZNA, Octobre 2013, **667**, 31-35.
28. MARTINEZ Q., **CHAUVEL B.** 2013. Comment l'ambroisie à feuilles d'armoise réagit à la compétition. *Phytoma, La santé des végétaux,* **669**, 16-19.
29. DEULVOT C., BOUCANSAUD K., MICHEL S., PERNIN F., **CHAUVEL B.,** DÉLYE C. 2013. Herbicides : la résistance existait avant eux... La preuve. *Phytoma, La santé des Végétaux,* **669**, 30-33.

- **4. Articles scientifiques publiés dans des colloques scientifiques (avec ou sans comité de lecture)**

1988

30. **CHAUVEL B.**, GASQUEZ J. 1988. Polymorphisme enzymatique de populations sensibles et résistantes au chlortoluron chez *Alopecurus myosuroides* Huds. *VIIIe Colloque International sur la Biologie, l'Ecologie et la Systématique des mauvaises herbes*, 1, 237-246. (communication orale).

1989

31. **CHAUVEL B.**, GASQUEZ J. 1989. Comparaison des effets de deux résistances chez *Alopecurus myosuroides* Huds. 11e réunion du Groupe de Biologie et de Génétique des Populations. Dijon France, (communication orale).

1990

32. **CHAUVEL B.**, GASQUEZ J. 1990. Hérédité et expression des résistances aux herbicides : le cas du vulpin résistant au chlorotoluron. *XXe Congrès Français des Pesticides*. 166-169. LEPIN le LAC, (poster).
33. **CHAUVEL B.**, GASQUEZ J. 1990. Etude de l'hérédité de la résistance à un herbicide : cas du vulpin résistant au chorotoluron. 12e réunion du Groupe de Biologie et de Génétique des Populations. Bordeaux, France. (communication orale).

1991

34. **CHAUVEL B.**, GASQUEZ J. 1991. Study of the growth of herbicide resistant black-grass populations. In: Herbicide Resistance in Weeds and Crops (Ed. by J.C. Caseley, G.W. Cussans, R.K. Atkin) *Proceedings of the 11th Long Ashton International Symposium* - Bristol, Sept. 1989. England. 431-432. (poster).

1992

35. **CHAUVEL B**. GASQUEZ J., DOUCEY M.A., PERREAU F. 1992**.** Selection for fenoxaprop-ethyl resistance within black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) populations. *IXe Colloque International sur la Biologie, l'Ecologie et la Systématique des Mauvaises Herbes*, Dijon, France. 487-497. (communication orale).

1993

36. **CHAUVEL B.**, GASQUEZ J. 1993. Influence des facteurs culturaux sur la dynamique du vulpin (*Alopecurus myosuroides* Huds.). Colloque sur la *maîtrise des adventices par voie non chimique* de Dijon, France. IVe Colloque IFOAM. Ed. J.M. Thomas Quetigny. France. 43-49. (communication orale).

37. **CHAUVEL B.**, GASQUEZ J. 1993. Le coquelicot est-il symbole de naturel ? Colloque : *Faut-il sauver les mauvaises herbes?* Gap. France. Ed. Conservatoire Botanique National de Gap-Charance. P.237. (poster).

1995

38. **CHAUVEL B.**, GASQUEZ J., DARMENCY H. 1995.Genetic of cross resistance in. *Proceedings of the international Symposium on weed and crop resistance to herbicides*. Cordoba. Spain. De Prado R., Jorrin J. eds., Kluwer Acad. Press : Dordrecht, NL, 142-143. (poster).
39. **CHAUVEL B** BARRALIS G., CHADOEUF R., DESSAINT F. 1995. Développement de populations adventices en situation de jachère annuelle. ANPP, *16e Conférence du COLUMA-Journées Internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes* - Reims, France. 725-734. (communication orale).
40. ASSEMAT L., **CHAUVEL B.,** DE ZAN C., LUCOT F. 1995. Estimation de la production de semences de *Polygonum lapathifolium* L. dans une culture de maïs et élément pour une prévision précoce. ANPP, *16e Conférence du COLUMA-Journées Internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes* – Reims, France. 315-322. (communication orale).

1996

41. **CHAUVEL B.,** ANGONIN C., COLBACH N. 1996. Black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) development and seed production in wheat. Book of abstracts 4th ESA-Congress. Veldhoven-Wageningen. 528-529. (poster).
42. BARRALIS G., CHADOEUF R., DESSAINT F., **CHAUVEL B**. 1996 - Effet d'une jachère annuelle sur le stock semencier adventice. *Xe colloque International sur la Biologie des mauvaises herbes*- Dijon. 271-276. (communication orale).
43. **CHAUVEL B** 1996 - Variabilité de la production de semences chez le vulpin (*Alopecurus myosuroides* Huds.) en fonction de la culture*. Xe colloque International sur la Biologie des mauvaises herbes*- Dijon, France. 43-49. (communication orale).

1998

44. **CHAUVEL B.,** MUNIER JOLAIN Ni, COLBACH N. 1998 - Modélisation des effets des systèmes de culture sur l'évolution démographique des populations de mauvaises herbes. 251-258. VIe Symposium Méditerranéen EWRS, Montpellier France. (communication orale).
45. COLBACH N., **CHAUVEL B.,** ROGER-ESTRADE J., CANEILL J. 1998 - Modelling the effect of moldboard ploughing, in interaction with soil structure, on seed bank movements. Proc. 5th ESA Congress, Nitra, 29 June-2 July 1998, 31-32. (communication orale).
46. **CHAUVEL B.,** DELATTRE M., GUILLEMIN J.P., GASQUEZ J. 1998. Essai de gestion d'une population de vulpin résistante aux herbicides. ANPP, *17e Conférence du COLUMA-Journées Internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes* - Dijon. France, 117-124. (communication orale).
47. **CHAUVEL B.**, RUNSER G. 1998. Détermination du taux de viabilité d'un échantillon de semences de vulpin. ANPP, *17e Conférence du COLUMA-Journées Internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes* - Dijon. France, 31-37. (poster).
48. DULOUT A., **CHAUVEL B.**, DORE T. 1998. Risque de production de semences du vulpin en jachère. ANPP, *17e Conférence du COLUMA-Journées Internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes* - Dijon. France, 47-54. (poster).
49. MUNIER JOLAIN N.M., **CHAUVEL B.,** GASIGLIA F., VAN DER WERF H., LETERME P. 1998 - Association de désherbage mécanique et chimique sur maïs. Quelles conséquences pour l'évolution à long terme de la flore adventice ? *17e Conférence du COLUMA-Journées Internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes* - Dijon. France, 395-402. (poster).

2000

50. **CHAUVEL B.** 2000 - Comparaison de la phase de développement végétative de vulpins (*Alopecurus myosuroides* Huds.) sensibles et résistants au chlorotoluron. *XIe colloque International sur la Biologie des mauvaises herbes*- Dijon, France. 523-530. (poster).
51. COLBACH N., DÜRR C., RICHARD G., **CHAUVEL B.,** 2000. Modelling black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) germination and emergence, in interaction with seed characteristics and

movements and soil climate. *XIe colloque International sur la Biologie des mauvaises herbes*- Dijon, France. 25-32. (communication orale).

2002

52. COLBACH N., DÜRR C., **CHAUVEL** B.,. MEYNARD J.M. 2002. Modelling black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) germination and emergence, depending on seed characteristics, seed movements and soil climate. Seventh Congress of European Society for Agronomy, Cordoba, Spain, 15-18 Juillet 2002, 621-622. (poster).
53. DELYE C., **CHAUVEL** B, MATEJICEK A., CHALOPIN C., MICHEL S., GASQUEZ J., DARMENCY H. 2002. Molecular tools for the diagnosis of resistance to herbicides inhibiting acetyl-Coa carboxylase in three grass weeds. 13 th Australian Weeds Conference. Sept. 2002. Perth Australia. 460-463. (communication orale).
54. DESSAINT F., **CHAUVEL** B., SESTER M. 2002. Blackgrass spatial patterns: influence of the cultural practices. Seventh Congress of European Society for Agronomy, Cordoba, Spain, 15-18 Juillet 2002, 623-624. (poster).

2003

55. DESSAINT F., **CHAUVEL B**., BRETAGNOLLE F. 2003. Structure de dominance des communautés adventices. *1ères Journées francophones de Conservation de la Biodiversité*. P.166. UCBL Villeurbanne - France. (poster).
56. **CHAUVEL** B. 2003 Quel rôle pour une protection intégrée ? *Réflexion sur l'évolution des stratégies de désherbage en France*. Séminaire CGB Impact sur l'Environnement des cultures de colza génétiquement modifié, tolérant à un herbicide, 28 Novembre 2003, Paris, 64-68.
57. **CHAUVEL** B., BRETAGNOLLE F., CARVIN C. 2003. Biologie et Ecologie de l'ambroisie en Bourgogne : premiers résultats. *15e Colloque Pluridisciplinaire de l'AFEDA : Ambroise 2003.* Villeurbanne p.13.

2004

58. COLBACH N., DÜRR C., ROGER-ESTRADE J., **CHAUVEL** B. (2004) Modelling the effects of farming practices on weed emergence. *IWSC Congress 2004, 20-24 June 2004, Durban, South Africa,* P.13.
59. COLBACH N., **CHAUVEL B.** 2004. ALOMYSYS: a model of the effect of cropping systems on weed demography. Example of blackgrass (*Alopecurus myosuroides Huds*.) *Proc. 8th ESA Congress*, Copenhagen, Denmark, 11-15 July 2004 (poster).
60. **CHAUVEL B.**, VIEREN E., FUMANAL B., BRETAGNOLLE B. 2004. Possibilité de dissémination d'*Ambrosia artemisiifolia* L. via les semences de tournesol. *XIIe Colloque International sur la Biologie des Mauvaises herbes* – Dijon. 445-452.
61. **CHAUVEL B.**, NAJEAN C., LOUVIOT G., LONCHAMP J.P., TREMOY M., VIEREN E., BRETAGNOLLE B. 2004. Détermination de la potentialité du stock de semences en messicoles rares d'une friche calcaire. *XIIe Colloque International sur la Biologie des Mauvaises herbes* – Dijon. 375-382.
62. DESSAINT F., **CHAUVEL** B. 2004. Structure de dominance des communautés adventices des sols agricoles de Côte d'Or - France. *XIIe Colloque International sur la Biologie des Mauvaises herbes* – Dijon. 383-390. (poster).
63. **CHAUVEL B.**, BOISSEL A., FUMANAL B., BRETAGNOLLE F. 2004. Problématique de la dispersion des semences d'ambroisie en France. *16e Colloque Pluridisciplinaire de l'AFEDA*. Villeurbanne. P.8. (communication orale).
64. FUMANAL B., PLENCHETTE C., BOISSEL A., ROULIN A., **CHAUVEL B.**, BRETAGNOLLE F. 2004. Premiers résultats sur la biologie d'*Ambrosia artemisiifolia* L. : symbioses mycorhyziennes en France. *16e Colloque Pluridisciplinaire de l'AFEDA. Villeurbanne*. P.9. (communication orale).
65. LOMBARD A., **CHAUVEL B.**, GAUVRIT C. 2004. Lutte chimique contre l'ambroisie : recherche de solutions respectueuses de l'environnement. *16e Colloque Pluridisciplinaire de l'AFEDA*. Villeurbanne. P.17. (communication orale).
66. **CHAUVEL B.**, DESSAINT F., LONCHAMP JP., GASQUEZ J. 2004. Enquête sur les mauvaises herbes envahissantes en France. AFPP – *XIXe Conférence du COLUMA Journées*

Internationales sur La Lutte contre les Mauvaises Herbes. Dijon – France. Décembre 2004. CD-Rom ISBN 2-9519497-8-2. (communication orale).

67. VINCENT G., **CHAUVEL B.**, BOURLIER M. 2004. Effets de faibles doses d'herbicides sur la croissance du Vulpin (*Alopecurus myosuroides* Huds.). AFPP – *XIXe Conférence du COLUMA Journées Internationales sur La Lutte contre les Mauvaises Herbes*. Dijon – France. Décembre 2004. CD-Rom ISBN 2-9519497-8-2. (communication orale).
68. LOMBARD A., **CHAUVEL B.**, GAUVRIT C. 2004. Contrôle chimique d'*Ambrosia artemisiifolia* en situation de non culture. AFPP – *XIXe Conférence du COLUMA Journées Internationales sur La Lutte contre les Mauvaises Herbes*. Dijon – France. Décembre 2004. CD-Rom ISBN 2-9519497-8-2. (communication orale).

2005

69. LOMBARD A., GAUVRIT C., CHAUVEL B. 2005. Chemical control of *Ambrosia artemisiifolia* in non-crop area: are there alternatives to glyphosate? *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences* **70/3**, 447-458. (communication orale).
70. COLBACH N., **CHAUVEL** B. (2005) AlomySys: a model of the effect of cropping systems on weed demography. Example of blackgrass (*Alopecurus myosuroides* Huds.). *13th EWRS Symposium, Bari*, Italy CD-ROM ISBN 90-809789-1-4. (communication orale).
71. GAUVRIT C., LOMBARD A., **CHAUVEL** B., 2005. Lucha quimica contra *Ambrosia artemisiifolia* en areas non cultivadas. *Congreso 2005 de la Sociedad Española de Malherbologia*, Séville, Espagne. 507-510. Capítulo 77, 507-510. Octobre 2005. (poster).
72. **CHAUVEL** B., LOMBARD A., GAUVRIT C. 2005 Gestions agronomique et sanitaire d'*Ambrosia artemisiifolia* : antagonisme ou complémentarité ? XXXVe Congrès du Groupement Français des Pesticides. 18-20 mai 2005. Université de Marne la Vallée. CD-ROM. (communication orale).
73. **CHAUVEL** B., GUILLEMIN J.P., MATEJICEK A., DELYE C. 2005 Analyse de la résistance aux herbicides chez le vulpin à l'échelle de la Côte d'Or - *Symposium Inra - PSDR "Territoires et enjeux du développement régional"* Lyon, 9-10-11 mars 2005. (poster).
74. **CHAUVEL** B., GUILLEMIN J.P., DESSAINT F., DELYE C. 2005. Analyse de la résistance aux herbicides chez le vulpin à l'échelle de la Côte d'Or. Colloque Evolution de l'agriculture et des Territoires Ruraux dans le Développement Régional. Dijon. Octobre 2005. P. 8 (poster).
75. **CHAUVEL** B. 2005. Gestion des populations de mauvaises herbes et évaluation de systèmes de culture intégrés pour une réduction de la pollution par les traitements herbicides (APR 99). Colloque PESTICIDES : Comment réduire les risques associés Palais des Papes – Avignon 14-15-16 Novembre 2005. 155-162. (Poster). + page internet http://www.ecologie.gouv.fr/Gestion-des-populations-de.html. (poster).
76. DREVON A. FUMANAL B., **CHAUVEL** B. 2005. Study of the growth of different populations of *Ambrosia artemisiifolia* L. International workshop on Invasive Plants in the Mediterranean Type Regions of the World. 25 May 2005 - 27 May 2005. Montpellier, France. P.44. (poster).
77. FUMANAL B., **CHAUVEL B**., BRETAGNOLLE F. 2005. Demography of an allergenic European invasive plant *Ambrosia artemisiifolia* L. International workshop on Invasive Plants in the Mediterranean Type Regions of the World. 27 May 2005. Montpellier, France. P. 248. (poster).
78. FUMANAL B., **CHAUVEL B**., BRETAGNOLLE F. 2005. Demography of an allergenic European invasive plant: *Ambrosia artemisiifolia.* BCPC Symposium Proceedings N°81. Plant protection and health in Europe: introduction and spread of invasive species. 9-11 June 2005. Berlin, Germany. 225-226. (poster).
79. **CHAUVEL** B., FUMANAL B., SABATIER A., DESSAINT F. 2005. Variabilité morphologique des semences d'*Ambrosia artemisiifolia* L. «Invasions Biologiques et Traits d'histoire de Vie : de l'approche descriptive à l'approche prédictive». 30 Juin, 1er Juillet 2005, Campus De Beaulieu, Rennes. (poster).
80. DREVON A., **CHAUVEL** B. Utilisation de l'azote lors des premiers stades de développement chez *Ambrosia artemisiifolia* L. «Invasions Biologiques et Traits d d'histoire de Vie : De

l'approche descriptive à l'approche prédictive». 30 Juin, 1er Juillet 2005, Campus De Beaulieu, Rennes. (poster).

81. **CHAUVEL** B., FUMANAL B., BRETAGNOLLE F. 2005. Ambroisie à feuilles d'armoise : situation et état des lieux en France et en Europe. *17e Colloque Pluridisciplinaire de l'AFEDA*. Villars-les-Dombes. P.11. (communication orale).
82. GRANGEOT M., GAUVRIT C., **CHAUVEL** B. 2005. Gestion de l'ambroisie en zone non cultivée : emploi d'herbicides respectueux de l'environnement. *17e Colloque Pluridisciplinaire de l'AFEDA*. Villars-les-Dombes. P.20. (communication orale).
83. FUMANAL B., ROULIN A., GAUJOUR E., **CHAUVEL** B., BRETAGNOLLE F. 2005. Estimation de la production de pollens et de semences d'une plante envahissante en France : *Ambrosia artemisiifolia* L. *17e Colloque* Pluridisciplinaire *de l'AFEDA*. Villars-les-Dombes. P.12. (communication orale).

2006

84. MENCHARI Y.**, CHAUVEL** B., GUILLEMIN J.P., DÉLYE C. 2006. Status of resistance to acetyl-coenzyme Acarboxylase inhibitors in French populations of black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.). *15th Australian Weeds Conference*. Eds C. Preston, J.H.Watts and N.D. Crossman; Adelaides, Sept. 2006. Australia. 522-525. (communication orale).
85. GUILLEMIN J.Ph., FUMANAL B., DENIS A.C., JANNIER M., MORETO M., **CHAUVEL** B. Variabilité des semences chez *Ambrosia artemisiifolia* L. Conséquences sur l'aptitude à la germination *Symposium "Ecologie des Communautés Végétales" – ECOVEG2* ; Avignon, 5-7 avril 2006. p. 39. (poster).
86. FUMANAL B., **CHAUVEL** B., BRETAGNOLLE F. 2006. Potentialité de dissémination des semences d'*Ambrosia artemisiifolia* L. par l'eau. *Symposium "Ecologie des Communautés Végétales" – ECOVEG2* ; Avignon, 5-7 avril 2006. p. 35. (communication orale).
87. DESSAINT F., L. GRELET L., A.C. DENIS A.C., **CHAUVEL** B., INCHAUSTI P., GASQUEZ J. 2006. Structuration de la diversité de la flore adventice à l'échelle d'un paysage agricole. *3e journées de l'Association Française d'Écologie du Paysage* – Rennes, 7-10 Novembre 2006. p.29. (poster)
88. **CHAUVEL** B., BLARD S., FUMANAL B., GUILLEMIN J. P. 2006. Effect of seed size of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) on seedling emergence. *International Symposium Intractable Weeds, Plant Invaders.* July 2006, Ponta Delgada, Azores, Portugal. p19. (communication orale).
89. GAUVRIT, C., **CHAUVEL**, B. 2006. Suppression of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) seed production with glufosinate and glyphosate. *International Symposium Intractable Weeds, Plant Invaders.* July 2006, Ponta Delgada, Azores, Portugal. *P.*20. (communication orale).
90. GAUVRIT C., **CHAUVEL B.** 2006. Eléments de gestion de l'ambroisie à feuilles d'armoise par le glyphosate et le glufosinate – *AFPP – 1ère Conférence sur l'entretien des espaces verts, jardins, gazons, forêts, zones aquatiques et autres zones non agricoles*. Avignon - France. – Octobre 2006. CD – ROM. 217-225. (communication orale).
91. **CHAUVEL B.**, CHARASSE L., SERRE F. 2006. Les jachères florales : quelles possibilités de contrôle sur l'ambroisie. *18e Colloque Pluridisciplinaire de l'AFEDA*. Novembre 2006. Saint Romain en Gal / Vienne. France P.11. (communication orale).
92. FUMANAL B., GIROD C., **CHAUVEL B.**, BRETAGNOLLE F. 2006. Caractérisation des milieux colonisés par l'ambroisie. *18e Colloque Pluridisciplinaire de l'AFEDA*. Novembre 2006. Saint Romain en Gal / Vienne. France p12. (communication orale).

2007

93. **CHAUVEL B**., CADET E., STRBIK F., DESSAINT F. 2007. Flore des champs et flore des marges. *Colloque "Ecologie des Communautés Végétales*" 14 au 16 mars 2007, Université Bordeaux 1 - France. P. 59. (poster).

94. FUMANAL B., GIROD C., FRIED G., BRETAGNOLLE F., **CHAUVEL B.** 2007. L'amplitude écologique *d'Ambrosia artemisiifolia* L. explique-t-elle son succès d'envahissement en France ? *Colloque "Ecologie des Communautés Végétales"* 14 au 16 mars 2007, Université Bordeaux 1 - France. P.65. (poster).
95. DELYE C. MENCHARI Y., CADET É., **CHAUVEL B.**, DARMENCY H. 2007. Fitness variation associated with herbicide-resistant acetyl-CoA carboxylase alleles in black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.). *14th EWRS Symposium*, 17-21 June 2007. Hamar, Norway. P.144. (communication orale).
96. CHAUVEL B., DELATTRE M., GUILLEMIN JP, COLBACH N. 2007. Des pratiques agronomiques peuvent-elles permettre de gérer une mauvaise herbe résistante aux herbicides ? AFPP – *XXe Conférence du COLUMA. Journées Internationales sur la Lutte contre les Mauvaises Herbes*. Dijon – 11 et 12 décembre 2007. 159-168. CD-ROM ISNB 2-905550-13-9.
97. GARDARIN A., TREMOY M., BRETAGNOLLE F., **CHAUVEL** B. 2007. Répartition de la flore adventice à l'échelle d'un paysage : gradient écologique des espèces observées. AFPP – *XXe Conférence du COLUMA. Journées Internationales sur la Lutte contre les Mauvaises Herbes*. Dijon – 11 et 12 décembre 2007. 305-314. CD-ROM ISNB 2-905550-13-9.
98. CADET E., FRIED G., **CHAUVEL B.** 2007. Diversité floristique en jachère faune sauvage : Quels risques d'apparition d'espèces envahissantes ? AFPP – *XXe Conférence du COLUMA. Journées Internationales sur la Lutte contre les Mauvaises Herbes*. Dijon – 11 et 12 décembre 2007. 382-392. CD-ROM ISNB 2-905550-13-9.
99. GAUVRIT C., LAMRANI T., **CHAUVEL B.** 2007. Effet du glufosinate, du glyphosate et du triclopyr sur les productions de pollen et de semences par l'ambroisie à feuilles d'armoise. AFPP – X*Xe Conférence du COLUMA. Journées Internationales sur la Lutte contre les Mauvaises Herbes.* Dijon – 11 et 12 décembre 2007, 74-80. CD-ROM ISNB 2-905550-13-9.
100. CLÉMENT J., **CHAUVEL B.,** DÉLYE C. 2007. Évaluation de la résistance au fénoxaprop chez le vulpin des champs dans des parcelles conduites en agriculture biologique. AFPP – *XXe Conférence du COLUMA. Journées Internationales sur la Lutte contre les Mauvaises Herbes*. Dijon – 11 et 12 décembre 2007, 238-244. CD-ROM ISNB 2-905550-13-9.
101. BOUCHAUD M., MERY B., HACQUET J, **CHAUVEL B.**, CITRON G. 2007. Approche raisonnée de la gestion des adventices en culture de luzerne porte-graine, dans la région Centre-Ouest. AFPP **–** *XXe Conférence du COLUMA. Journées Internationales sur la Lutte contre les Mauvaises Herbes*. Dijon – 11 et 12 décembre 2007. 36-45. CD-ROM ISNB 2-905550-13-9.
102. GAUVRIT C., LAMRANI T., **CHAUVEL B**. 2007. Suppression de la production de pollen par trois herbicides : le glufosinate, le glyphosate et le triclopyr. *19e Colloque Pluridisciplinaire de l'AFEDA*. Vaulx en-Velin. P.15.
103. FUMANAL B., **CHAUVEL B.**, SABATIER A., BRETAGNOLLE F. 2007. Diversité génétique d'une espèce envahissante en Europe : *Ambrosia artemisiifolia* L. Colloque : Invasions biologiques et traits d'histoire de vie. Deuxièmes rencontres francophones - Rennes : Variabilité, plasticité et adaptation. Novembre 2007. *(p*oster). http://www.inra.fr/colloque_invasions.

2008

104. GAUVRIT C., MOSA B., **CHAUVEL B.** 2008. Effet de trois herbicides sur les productions de pollen et de semences par l'ambroisie à feuilles d'armoise. *XXXVIIIe Congrès du Groupe Français des Pesticides (GFP)*. 21 au 23 mai 2008, Brest -France, p.27. (communication orale).
105. BRETAGNOLLE F**., CHAUVEL B.,** GAUVRIT C, FUMANAL B, GUILLEMIN J-P, LAITUNG B., DESSAINT F. 2008. Some aspects of the biology and the ecology of *Ambrosia artemisiifolia* in France. *Europäisches Pollensymposium der Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst*. 28 au 30 mars 2008, Bad Lippspringe - Allemagne. (communication orale).
106. **CHAUVEL B**., DESSAINT D. 2008. Can a historical analysis of the spread of *Ambrosia artemisiifolia* explain its actual success in France? *5th International Weed Science Congress-Weeds – local problems/global challenge*, Vancouver, British Columbia, Canada, June 23 - 27, 2008. P.84. (poster).

107. GUILLEMIN J-P, REIBEL R., GRANGER S., **CHAUVEL B.** 2008. Evaluation of Base Temperature of Several Weed Species. 5th *International Weed Science Congress- Weeds – local problems/global challenge*, Vancouver, British Columbia - Canada, June 23 - 27, 2008. P.274. (présentation de la communication orale).
108. **CHAUVEL B.** 2008. What are the keys of the success of *Ambrosia artemisiifolia* in France? *First International Ragweed Conference*. 10-13 September 2008. Budapest - Hungary. P.17. (communication orale invitée).
109. GUILLEMIN J.P., REIBEL C., **CHAUVEL. B.** 2008. Effect of seed burying on seedling emergence of *Ambrosia artemisiifolia* L. *First International Ragweed Conference*. 10-13 September 2008. Budapest - Hungary. P.17. (communication orale).
110. GAUVRIT C., **CHAUVEL B.** 2008. Suppression of pollen and seed production by three herbicides: identification of a susceptible growth stage. *2nd International Symposium „Intractable Weeds and Plant Invaders*“, Osijek - Croatia - September 14 to 18 2008. ISBN: 978-953-6331-16-6. (poster).
111. CADET E., **CHAUVEL B.** 2008.What are the different seed introduction and dispersal vectors of *Ambrosia artemisiifolia* L. in France? *2nd International Symposium „Intractable Weeds and Plant Invaders“*, Osijek - Croatia - September 14 to 18 2008. ISBN: 978-953-6331-16-6. (poster).
112. CORDEAU S., GARDARIN A., FRIED F., **CHAUVEL B.** 2008. Field boundary: an atypic area and flora. *IALE annual Conference: « Landscape Ecology and Conservation*. 8th - 10th September 2008 – Cambridge –UK. (poster).
113. **CHAUVEL** B. 2008. Biologie et écologie de l'ambroisie - Etat des connaissances. *Colloque Européen des acteurs et des décideurs de la lutte contre l'ambroisie*. Aix les bains - France, le 21 novembre 2008. (communication orale).
114. GAUVRIT C**, CHAUVEL B.** 2008. Suppression des productions de pollen et de semences par l'ambroisie au moyen d'herbicides. *Colloque Européen des acteurs et des décideurs de la lutte contre l'Ambroisie*. Aix les bains - France., le 21 novembre 2008. (poster).
115. GUILLEMIN J-P., REIBEL C., **CHAUVEL B**. 2008. Impact de l'enfouissement sur l'émergence des semences de l'ambroisie à feuilles d'armoise. *Colloque Européen des acteurs et des décideurs de la lutte contre l'ambroisie*. Aix les bains - France., le 21 novembre 2008. (poster).
116. **CHAUVEL B**., CUENOT E., CADET É., MOSA B. 2008. Peut-on facilement identifier l'ambroisie dans un échantillon de sol ? *Colloque Européen des acteurs et des décideurs de la lutte contre l'ambroisie*. Aix les bains - France., le 21 novembre 2008. (poster).
117. FRIED G., **CHAUVEL B.**, REBOUD X. 2008. Evolution de la flore des champs cultivés au cours des dernières décennies : vers la sélection de groupes d'espèces répondant aux systèmes de culture. *Colloque – Maîtrise de la flore adventice en grandes cultures. Carrefours de l'innovation agronomique 2008* – 2 décembre 2008. Editeur : C. Huyghe. Edition Inra. 15-26. (communication orale).
118. PETIT S., THENAIL C., **CHAUVEL B.**, LE CŒUR D., BAUDRY J. 2008. Les apports de l'écologie des paysages pour comprendre la dynamique de la flore adventice. *Colloque – Maîtrise de la flore adventice en grandes cultures. Carrefours de l'innovation agronomique 2008* – 2 décembre 2008. Editeur : C. Huyghe. Edition Inra. 49-61. (communication orale).

2009

119. DESSAINT F., PETIT S., **CHAUVEL B**. 2009. Spatial scale and intensity of species turnover in weed communities. 3rd Workshop of the EWRS Working Group: Weeds and Biodiversity, p.58-59, 12-13 Mars 2009, Lleida - Espagne. (poster).
120. **CHAUVEL B.,** DESSAINT F., CHARBONNIER D., INCHAUSTI P. 2009. Estimation the weed flora observed in the margin strips in the experimental site of Chizé. 3rd Workshop of the EWRS Working Group: Weeds and Biodiversity, p.72, 12-13 Mars 2009, Lleida -Espagne. (poster).

121. CORDEAU S., **CHAUVEL B.** 2009. Sown grass field margin strips: such a rich and biodiverse habitat! 3rd Workshop of the EWRS Working Group: Weeds and Biodiversity, p.74-75, 12-13 Mars 2009, Lleida - Espagne. (poster).
122. GABA S., DESSAINT F., **CHAUVEL B.**, PETIT S. 2009. Weed species richness depends on the spatial heterogeneity of the landscape mosaics. 3rd Workshop of the EWRS Working Group: Weeds and Biodiversity, p.36-37, 12-13 Mars 2009, Lleida – Espagne. (communication orale).
123. CORDEAU S., DESSAINT F., **CHAUVEL B**. 2009. Les bandes enherbées : un milieu riche quoi que l'on y fasse ! 5e Colloque d'Ecologie Végétale – ECOVEG5. P. 20. 8-10 avril 2009, Gembloux - Belgique. (communication orale).
124. DESSAINT F., **CHAUVEL B.** 2009. Diversité des communautés adventices : Rôle des cultures dans les modifications de composition en espèces. 5e Colloque d'Ecologie Végétale – ECOVEG5. P. 66. 8-10 avril 2009, Gembloux -Belgique. (poster).
125. LE GUILLOUX M., **CHAUVEL B.**, PETIT S. 2009. Structuration spatiale des espèces adventices des cultures et leur utilisation de l'espace au sein d'une mosaïque paysagère hétérogène. 5e Colloque d'Ecologie Végétale – ECOVEG5. P. 81. 8-10 avril 2009, Gembloux - Belgique. (poster).
126. **CHAUVEL B.**, DESSAINT F., LE GUILLOUX M, CHARBONNIER D., PETIT S. 2009. Étude de l'effet de variables paysagères sur la richesse des communautés adventices. 5e Colloque d'Ecologie Végétale – ECOVEG5. P. 62. 8-10 avril 2009, Gembloux - Belgique. (poster).
127. **CHAUVEL B.,** TSCHUDY C., MUNIER-JOLAIN N. 2009. Travail du sol et mauvaises herbes : quels enjeux pour les techniques culturales sans labour dans le cadre d'une gestion intégrée ? Académie d'Agriculture de France. Séance du 10 juin 2009 ; les cultures sans labour (TCSL) http://www.academie-agriculture.fr/detail-seance_204.html. (communication orale).
128. PETIT S., GABA S., DESSAINT F**., CHAUVEL B.** 2009. Arable weeds in the agro-ecosystem: landscape effects on species richness and diversity at the regional level. In: European Landscapes in Transformation Challenges for Landscape Ecology and Management, European IALE Conference 2009, Salzburg (Austria), 214-216. (présentation de la communication orale).
129. PETIT S., THENAIL C., **CHAUVEL B**., LE CŒUR D., BAUDRY J. 2009. Landscape ecology, agronomy and the dynamics of the arable weed flora. In: European Landscapes in Transformation Challenges for Landscape Ecology and Management, European IALE Conference 2009, Salzburg (Austria), 547-548. (présentation de la communication orale).
130. **CHAUVEL B.,** FUMANAL B. 2009. Production de semences d'*Ambrosia artemisiifolia* L. en conditions limitantes. XIIIe Colloque International sur la Biologie des Mauvaises Herbes. Dijon - France. 8 - 10 septembre 2009. 465-472. CD Rom N° ISBN 978-2-950550-17-0. (poster).
131. CORDEAU S., GIBOT-LECLERC S., **CHAUVEL B.** 2009. Mise en place des bandes enherbées : quels ressentis et quelles craintes malherbologiques de la part des agriculteurs ? XIIIe Colloque International sur la Biologie des Mauvaises Herbes. Dijon – France. 8 - 10 septembre 2009. 16-27. CD Rom N° ISBN 978-2-950550-17-0. (communication orale).
132. DESSAINT F., GASQUEZ J., CHARBONNIER D., **CHAUVEL B.** 2009. Flore adventice des chaumes de blé d'hiver en Poitou Charentes : quelles conséquences pour la conduite des cultures ? XIIIe Colloque International sur la Biologie des Mauvaises Herbes. Dijon *Ann. Agric Environ Med* 8 - 10 septembre 2009.60-69. CD Rom N° ISBN 978-2-950550-17-0. (poster).
133. CASALS M.-L., J. HACQUET, F. DENEUFBOURG, **CHAUVEL B.**, CITRON G. 2009.Inventaire floristique et recherche de facteurs agronomiques pour une gestion raisonnée des adventices en production de semences de luzerne. *XIIIe Colloque International sur la Biologie des Mauvaises Herbes*. Dijon - France. 8 - 10 septembre 2009. 230-237. CD Rom N° ISBN 978-2-950550-17-0. (communication orale).
134. SY O., **CHAUVEL B**., GAUVRIT C. 2009. Relationship between biomass and seed production by *Alopecurus myosuroides* after an herbicide treatment. *XIIIe Colloque International sur la Biologie des Mauvaises Herbes.* Dijon - France. 8 - 10 septembre 2009. 179-186. CD Rom N° ISBN 978-2-950550-17-0. (poster).

135. **CHAUVEL B.**, VARRAILLON T. 2009. Données biologiques et écophysiologiques sur l'ambroisie à feuilles d'armoise. Quelles pistes de gestion pour les zones non agricoles ? AFPP – *2e conférence sur l'entretien des espaces verts, jardins, gazons, forêts, zones aquatiques et autres zones non agricoles*. Angers - France., 328-336. CD Rom N° ISBN 2-905550-19-8. (communication orale).

2010

136. DÉLYE C., MICHEL S., PERNIN F., CLEMENT J., PETIT C., **CHAUVEL B.**, LE CORRE V. 2010. Local evolution of the global resistance to ACCase inhibitors in *Alopecurus myosuroides*. 15th Symposium EWRS, Kaspovàr -Hungary. 12-15 July 2010. P.33. (poster).
137. CORDEAU S., PETIT S., REBOUD X., **CHAUVEL B**. 2010. Sown grass strips: opportunity or threat for the management of weeds in arable landscapes? 15th Symposium EWRS, Kaspovàr, - Hungary. 12-15 July 2010. P.110. (communication orale).
138. PETIT S., LE GUILLOUX M., **CHAUVEL B**.; GABA S.; SAUZEAU B., LECOEUR D. 2010. Quantifier les effets du paysage sur la flore des champs cultivés : synthèse des connaissances et perspectives*. Ecologie 2010 - Colloque National d'Ecologie scientifique*, 2-3-4 Septembre 2010, Montpellier - France., Ed. Bertrand J-C., Bonis A., Caquet T., Franc A., Garnier E., Olivieri I., Thébaud C. P.43. (communication orale).
139. CELLA R. BOURSAULT A., PETIT S., **CHAUVEL B**. 2010. Estimation et analyse de la prédation des semences d'adventices par deux communautés biologiques - *Phasianidae* et *Carabidae*. *AFPP – 21e Conférence du COLUMA,* Dijon - France. – 8 et 9 Décembre 2010. 194-203. CD Rom ISBN : 978-2-905550-21-7. (poster).
140. CORDEAU S., AUROUSSEAU Q., CADET É., **CHAUVEL B**. 2010. Le ramassage des foins dans les bandes enherbées contribue-t-il à exporter des semences ? *AFPP – 21e Conférence du COLUMA,* Dijon - France. – 8 et 9 Décembre 2010. 185-193. CD Rom ISBN : 978-2-905550-21-7. (poster).
141. DELYE C., CLEMENT J., PERNIN F., **CHAUVEL B.**, LE CORRE V. 2010. Quand la biologie moléculaire se mêle d'agronomie : à quelle échelle spatiale raisonner la gestion des adventices ? *AFPP – 21e Conférence du COLUMA,* Dijon - France. 8 et 9 Décembre 2010. 281-290. CD Rom ISBN : 978-2-905550-21-7. (communication orale).
142. GASQUEZ J., GUILLEMIN J-P., GAUVRIT C., **CHAUVEL B**. 2010. Historique de l'utilisation des herbicides en France : premières analyses. *AFPP – 21e Conférence du COLUMA,* Dijon - France. 8 et 9 Décembre 2010. 291-301. CD Rom ISBN : 978-2-905550-21-7. (poster).
143. GUILLEMIN J-P., BONDUELLE D., JUILLET S., LAKHMI A., MAZEL M., GASQUEZ J., **CHAUVEL B.** 2010. Histoire de l'utilisation des herbicides sur deux grandes cultures en France. *AFPP – 21e Conférence du COLUMA,* Dijon - France. 8 et 9 Décembre 2010. 506-513. CD Rom ISBN : 978-2-905550-21-7. (poster).
144. MARTINEZ L., MILDER J., **CHAUVEL B.** 2010. Diversité de la flore adventice au pied des arbres d'alignement de la ville de Dijon. *AFPP – 21e Conférence du COLUMA, Dijon - France.* 8 et 9 Décembre 2010. 211-218. CD Rom ISBN : 978-2-905550-21-7. (poster).
145. REIBEL C., GUILLEMIN J-P., CORDEAU S., **CHAUVEL B**. 2010. Aptitude à la levée et à l'installation d'adventices dans des bandes enherbées. *AFPP – 21e Conférence du COLUMA,* Dijon - France. 8 et 9 Décembre 2010. 177-184. CD Rom ISBN : 978-2-905550-21-7. (poster).

2011

146. DESSAINT F, **CHAUVEL B.** 2011. Sampling strategies to assess biodiversity of weeds: what is carried out today? *4th Workshop of the EWRS Working Group. Weeds and Biodiversity*. AgroSup, Dijon, - France. P.3. Invited Speaker. 28 February - 2 March 2011. (présentation de la communication orale).
147. **CHAUVEL B.** 2011. How to define a pernicious weed? *4th Workshop of the EWRS Working Group. Weeds and Biodiversity*. AgroSup, Dijon, - France. P.37. 28 February - 2 March 2011. (poster).

148. CADET É., **CHAUVEL B.**, PETIT S., DESSAINT F. 2011. Weed survey during inter-cropping period: a better weed estimation? *4th Workshop of the EWRS Working Group. Weeds and Biodiversity*. AgroSup, Dijon, - France. P.27. 28 February - 2 March 2011. (poster).
149. CORDEAU S., **CHAUVEL B.** 2011. Which species are adapted to grow in sown grass strips? not annual ! *4th Workshop of the EWRS Working Group. Weeds and Biodiversity*. AgroSup, Dijon, - France. P.15. 28 February - 2 March 2011. (poster).
150. TRICHARD A. **CHAUVEL B**., PETIT S. 2011. Weed seed predation by ground beetles in no-tillage systems. *4th Workshop of the EWRS Working Group. Weeds and Biodiversity*. AgroSup, Dijon, - France. P.48. 28 February - 2 March 2011. (poster).
151. **CHAUVEL B**., MILDER J., MARTINEZ L. 2011. Quelle place pour la flore adventice au pied des arbres en zone urbaine ? 7e colloque d'Ecologie des Communautés Végétales, EPFL – Lausanne (Suisse). P.122 (poster).
152. CORDEAU S., **CHAUVEL B**. 2011. Les bandes enherbées : des éléments du paysage qui modifient la répartition de la diversité floristique. ECOVEG 7 - 7e colloque d'Ecologie des Communautés Végétales, EPFL – Lausanne (Suisse). P.46. (communication orale).
153. DÉLYE C., CLEMENT J.A.J., **CHAUVEL B.**, PERNIN F., LE CORRE V. 2011. Come with the wind: resistance is not a private problem for growers. In: *European Weed Research 4th Workshop on herbicide resistance*, EWRS, Gand (Belgique) 24-25-10. (communication orale).
154. CORDEAU S., PETIT S., REBOUD, X., **CHAUVEL B.** 2011. Impact de l'établissement de bandes enherbées sur la distribution de la biodiversité végétale dans une mosaïque agricole. *5èmes Journées Françaises de l'Ecologie du Paysage – IALE France*. La Baume, Aix-en-Provence – 7 au 10 novembre 2011. P. 13. (communication orale).
155. **CHAUVEL B**, MARTINEZ Q. 2011. Création de l'observatoire de l'ambroisie : un outil pour une gestion intégrée et efficace de l'ambroisie ? Plaquette d'information "Ambroisie France 2011", Ed. RNSA. 2-3.

2012

156. MARTINEZ Q., PAUL C., **CHAUVEL B.** 2012. Création et rôle de l'observatoire de l'ambroisie. Colloque Européen Ambrosia 2012. 29-30 mars 2012. Lyon - France. P.28.
157. **CHAUVEL B.,** MARTINEZ Q. 2012. How to explain the introduction of common ragweed into Europe during the XIXth century? II^{d} International Ragweed Conference. March 28-29, 2012. Lyon - France. (communication orale).
158. FRIED G., **CHAUVEL B.** 2012. Predicting the potential global range of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) using biologically informed and correlative species distribution models. II^{d} International Ragweed Conference. March 28-29, 2012. Lyon - France., (poster).
159. TRICHARD A., AUGUSTE C., MARTINEZ Q., PETIT S. et **CHAUVEL B.** 2012. Ragweed seed predation by invertebrates in cultivated area. II^{d} International Ragweed Conference. March 28-29, 2012. Lyon - France. (poster).
160. COFFIN A., GABA S., **CHAUVEL B.** 2012. Stratégie d'échantillonnage de la flore des bordures herbacées des parcelles cultivées. *Le réveil du Dodo, IVe Journées Francophones des Sciences de la Conservation*. Dijon - France. 2-4 mai 2012. P.80. (poster)
161. LEGRAND C., LOUVIOT G., COFFIN A., BLEOMELEN A., **CHAUVEL B.** GABA S. 2012. Valeur écologique de la flore adventice des bordures herbacées pour les pollinisateurs. *Le réveil du Dodo, IVe Journées Francophones des Sciences de la Conservation*. Dijon - France. 2-4 mai 2012. P.80. (poster)
162. BOCKSTALLER C., RICOU C., SCHNELLER C., GABA S., **CHAUVEL B.**, AMIAUD B., PLANTUREUX, S. 2012. Assessing the pollination value of field margin flora by means of a predictive indicator. *Abstracts of ESA12, the 12th Congress of the European Society for Agronomy, Helsinki,* Finland 20-24 August 2012. Edited by F.L. Stoddard and Pirjo Mäkelä. Helsinki, Finland: Univ. of Helsinki, Department of Agricultural Sciences publication series, volume 14. ISBN is 978-952-10-4323-9 (online). 110-111. (communication orale).

163. GUILLEMIN J-P, GASQUEZ J., GAUVRIT C., **CHAUVEL B.** 2012. Historique des herbicides en France depuis la seconde guerre mondiale. 42e congrès du Groupe Français des Pesticides, 30 mai – 1er juin 2012, Poitiers - France. (communication orale).
164. MARTINEZ Q., **CHAUVEL B.** 2012. Creation and role of the Observatory of ragweed in France. NEOBIOTA 2012. Halting Biological Invasions in Europe: from Data to Decisions 7th European Conference on Biological Invasions. Pontevedra (Spain), 12-14 September 2012. P.177. (poster).
165. **CHAUVEL B.**, MARTINEZ Q. Ambrosia 2012. 1er Cru, Journal d'information du Centre Inra de Dijon. P.2.
166. **CHAUVEL B**., MARTINEZ Q., GUILLEMIN J-P. 2012. Importance of seeds in the process of common ragweed invasion. *International Symposium: Current Trends in Plant Protection. Proceedings*, 25–28 September, 2012, Belgrade – Serbia. 70-78.

2013

167. THIBAUDON M., MARTINEZ Q., SINDT C., POILANE S., **CHAUVEL B.** 2013. Mesure de l'efficacité de la lutte contre l'ambroisie : étude de faisabilité. 8e Congrès Francophone d'Allergologie. Paris - 16 au 19 avril 2013. Revue française d'allergologie. 53, (3), 384-385. http://dx.doi.org/10.1016/j.reval.2013.01.154 (poster).
168. **CHAUVEL B.,** FRIED G. MANDON I., MARTINEZ Q. et THIBAUDON M. 2013. Quelles utilisations des cartes de distribution d'une espèce envahissante ? Le cas de l'ambroisie à feuilles d'armoise. IXe Colloque d'Ecologie des Communautés Végétales. Tours - France. 3-5 avril 2013. P.84. (poster).
169. THIBAUDON M., MARTINEZ Q., SINDT C., POILANE S., **CHAUVEL B.** 2013. Measuring the effectiveness of the fight against ragweed: feasibility study. *EAACI-WAO World Allergy and Asthma Congress,* 22–26 June 2013, Milano – Italy. (poster).
170. CORDEAU S. and **CHAUVEL B**. 2013. Consequences of the establishment of grass-margin strips for weed species. *Proceedings 16th Symposium EWRS*. Samsun -Turquie. 24-27 June, 2013. non paginé. (poster).
171. TRICHARD A., ALIGNIER A., PETIT S., **CHAUVEL B.** 2013. First results of weed evolution in no-tillage systems in winter wheat in France. *Proceedings 16th Symposium EWRS*. Samsun - Turquie. 24-27 June, 2013. P. 142. (poster).
172. GUILLEMIN J-P., GAUVRIT C., GASQUEZ J., **CHAUVEL B.** 2013. A database for the herbicide use in France. *Proceedings 16th Symposium EWRS*. Samsun -Turquie. 24-27 June, 2013. P. 251. (poster).
173. MARTINEZ Q., TRICHARD A., **CHAUVEL B.** 2013. Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) management in different habitats. *Proceedings 16th Symposium EWRS*. Samsun -Turquie. 24-27 June, 2013. P. 256. (poster).
174. **CHAUVEL B.**, HANSE H., MARTINEZ Q., CUENOT E. 2013. l'ambroisie le long des voies de communication : le problème des bords de route. *AFPP – 3e Conférence sur l'entretien des espaces verts, jardins, gazons, forêts, zones aquatiques et autres zones non agricoles,* Toulouse - France. – 15, 16 et 17 octobre 2013. 617-626 (communication invitée).
175. FRIED G., **CHAUVEL B.** et REBOUD X. 2013. Exploitation des données d'épidémiosurveillance à l'échelle de la décade : les pratiques culturales en colza influencent aussi indirectement la composition de la flore adventice du blé d'hiver. *AFPP – 22e Conférence du COLUMA. Journées Internationales sur la Lutte contre les Mauvaises Herbes*. Dijon - France. – 10, 11 et 12 Décembre 2013. 153-162. (communication orale)
176. TRICHARD A., **CHAUVEL B.** et PETIT S. 2013. Un état des connaissances sur la prédation des graines adventices par les invertébrés. *AFPP – 22e Conférence du COLUMA. Journées Internationales sur la Lutte contre les Mauvaises Herbes*. Dijon - France. – 10, 11 et 12 Décembre 2013. 807-816. (communication orale)
177. DÉLYE C., DEULVOT C., BOUCANSAUD K., MICHEL S., PERNIN F. et **CHAUVEL B.** 2013. Les herbicides ne fabriquent pas la résistance : la preuve par les collections d'herbiers. *AFPP –*

22e Conférence du COLUMA. Journées Internationales sur la Lutte contre les Mauvaises Herbes. Dijon - France. – 10, 11 et 12 Décembre 2013. 547-546. (communication orale)

178. THIBAUDON M., SINDT C., MARTINEZ Q., **CHAUVEL B**. 2013. Mesure de l'efficacité de la lutte contre l'ambroisie : étude de faisabilité. *AFPP – 22e Conférence du COLUMA. Journées Internationales sur la Lutte contre les Mauvaises Herbes*. Dijon - France. – 10, 11 et 12 Décembre 2013. 62-67. (communication orale)
179. GASQUEZ J., GUILLEMIN J.-P., GAUVRIT C. et **CHAUVEL B.** 2013. Réduction du nombre de molécules herbicides : conséquences par culture. Problématique particulière de la gestion de la flore adventice. *AFPP – 22e Conférence du COLUMA. Journées Internationales sur la Lutte contre les Mauvaises Herbes*. Dijon - France. – 10, 11 et 12 Décembre 2013. 62-67. (communication orale)
180. MARTINEZ Q. et **CHAUVEL B.** 2013. Croissance de l'ambroisie a feuilles d'armoise selon différents niveaux de compétition interspécifique. *AFPP – 22e Conférence du COLUMA. Journées Internationales sur la Lutte contre les Mauvaises Herbes*. Dijon - France. – 10, 11 et 12 Décembre 2013. 68-76. (communication orale)

- **6. communications scientifiques à but de vulgarisation scientifique (sans comité de lecture)**

181. **CHAUVEL** B. 2000 – Des pratiques culturales qui domptent les vulpins résistants. La France Agricole. 2861, 26-27.
182. **CHAUVEL** B. 2001 Limiter le recours aux herbicides en jouant sur les techniques de culture. Info Presse, n° 239, Nov. 2001. http://www.inra.fr/presse/nov01/nb4.html
183. **CHAUVEL B.** 2004. L'ambroisie – une plante venue du Nouveau Monde. Nouvelles – Bulletin Municipal de Bourgoin-Jallieu. P.5.
184. **CHAUVEL B.,** GAUVRIT C., CHOLLET D. 2004. L'ambroisie dans les systèmes agricoles. Journée Ambroisie – Nîmes – 23 Septembre 2004 – Communication orale – Invité.
185. **CHAUVEL** B. 2004. L'ambroisie : une nouvelle mauvaise herbe de votre jardin ? 1er Cru N°56 – Journal interne Inra Dijon. Décembre 2004.
186. **CHAUVEL** B., FUMANAL B.2005. Journée d'information «*Ensemble contre l'ambroisie*». 21 et 22 septembre 2005. Lyon Saint Exupéry, Etoile sur Rhône. Recueil des communications. Responsable de l'Atelier 2. «*Connaissance de la Plante*». (5 posters).
187. **CHAUVEL** B., DESSAINT F. 2006. Le point : Ambroisie à feuilles d'armoise – une enquête sur son passé. *Inra mensuel*, **125**, 16-22.
188. **CHAUVEL** B. 2006 L'ambroisie : une plante envahissante dans les cultures*. Info Presse, n° 283, Mai 2006. (*Fiche de Presse Info. 16/05/2006 - http://www.inra.fr/presse/l_ambroisie)
189. FRIED G., **CHAUVEL** B. 2006. Les plantes messicoles. Poster réalisé dans le cadre de l'exposition. Alimentation, Agriculture, Environnement. 60e Anniversaire de l'Inra. Exposition Conseil Régional de Bourgogne. Octobre 2006.
190. **CHAUVEL B.** 2006. L'ambroisie : une biologie adaptée à l'envahissement - La lutte et la réglementation. Ambroisie – France, p. 4-5, Plaquette d'information, Ed. RNSA. P.16.
191. **CHAUVEL B.**, FUMANAL B. 2007. Chronique d'une progression annoncée? 4-5. Plaquette d'information "Ambroisie France 2007", Ed. RNSA. P.16.
192. **CHAUVEL B**. 2007. Etats des lieux et répartition de l'ambroisie en Côte d'Or. Journées d'échanges et d'information sur l'ambroisie en Côte d'Or. Dijon, 22 novembre 2007. 5-12.
193. **CHAUVEL B.** 2008. Vers une naturalisation de l'espèce sur l'ensemble du territoire ? 4-5. Plaquette d'information "Ambroisie France 2008", Ed. RNSA. P.16.

- **7. Produits destinés à un public large ; documents à vocation pédagogique**

194. **CHAUVEL B.** 2008. Des nouvelles de l'ambroisie. 1er Cru N°68 – Journal interne Inra Dijon. Septembre 2008. P.6.

195. **CHAUVEL B.**, MARTINEZ Q. Ambrosia 2012. 1er Cru, Journal d'information du Centre Inra de Dijon. P.2.
196. **CHAUVEL B.** 2009. La recherche et les herbiers. La dispersion de l'Ambroisie et la génétique du Vulpin. Fête de la Science : évolution et révolution, 21 et 22 nov. 2009, Dijon. (poster).
197. **CHAUVEL B**., MARTINEZ Q. et NAJEAN C. 2013. Des plantes indésirables débarquent ! Zoom sur l'Ambroisie à feuilles d'armoise. *Le sabot de Vénus*, 38, juillet 2013, P.17.
198. **CHAUVEL B**., MARTINEZ Q. 2013. Envahissante Ambroisie. Bien Public. Edition du 23 juin 2013. P.31.
199. **CHAUVEL B**., CORDEAU S. 2013. Quelques bonnes nouvelles pour les mauvaises herbes. Bien Public. Edition du 15 décembre 2013. P.28.
200. **CHAUVEL B**., MARTINEZ Q. et al. 2012 à 2013 (en cours). *Lettre de l'Observatoire des ambroisies*. Lettre mensuelle d'informations sur la problématique des ambroisies en France. 17 numéros édités en 2012 et 2013. Disponibles sur www.ambroisie.info.

- **8. Documents relatifs à l'animation de la recherche, à son évaluation, à sa gestion**

201. PLANTUREUX S., BELLON S., BUREL F, **CHAUVEL B**, DAJOZ I, GUY P, LELIEVRE V, RANJARD L., ROGER-ESTRADE J., SARTHOU J-P et VIAUX P. 2009. Prospective Agriculture et Biodiversité. Département Environnement et Agronomie. P.310.

- **9. Documents de recherche personnels**

202. **CHAUVEL B.** 1987. Approche du stock semencier d'un peuplement adventice : étude des structures spatiales et génétiques des populations de *Alopecurus myosuroides* Huds. et *Chenopodium album* L. Diplôme d'Etudes approfondies. Université de Paris Sud, centre d'Orsay. P.42.
203. **CHAUVEL B.** 1991. Polymorphisme génétique et sélection de la résistance aux urées substituées chez *Alopecurus myosuroides* Huds. Thèse pour obtenir le grade de Docteur en Science. Université de PARIS Sud, centre d'Orsay. P.114.

Liste des figures

Figure 1 : pressions de sélection subie par une mauvaise herbe au cours de son cycle de développement

Figure 2 : (a) Partitionnement des espèces en groupes fonctionnels (MCA, axes 1 et 2) basés sur la similarité des traits. (b) Représentation simplifiée du changement de flore en fonction de groupes fonctionnels (espèces stables (=), espèces en régression (↘) ou en extension (↗).

Figure 3 : apparition des feuilles et des talles primaires sur le maître-brin suivant la somme de température accumulée (base de température de 1°C).

Figure 4 : effets des facteurs compétition et ressource trophique sur le nombre de talles (C) et la biomasse aérienne (D) ; (N1D1 (□), N1D2 (■), N2D1 (△) and N2D2 (▲).

Figure 5 : phénogramme des 19 populations de vulpins étudiées. Analyse en cluster utilisant la distance génétique de Nei (non biaisée). Origine des populations : All : Allemagne ; Fra : France ; Gbr : Grande Bretagne ; Isr : Israël

Figure 6 : a) distribution géographique du vulpin à l'échelle de l'Europe. b) Structuration géographique de la résistance au fénoxaprop. Les points de couleurs indiquent la classe de résistance. Blanc : 0% de plante résistante - jaune : de 1–20% de plantes résistantes – orange : de 21–50% de plantes résistantes - rouge : plus de 50% plantes résistantes.

Figure 7 : fréquence des plantes résistantes aux herbicides de la famille des aryloxyphénoxypropionates en fonction du nombre d'années sous conduite en agriculture biologique.

Figure 8 : cycle de l'ambroisie à feuilles d'armoise.

Figure 9 : a – Mise en évidence de la présence d'une association mycorhizienne (Ro : racine, Hy : hyphes mycéliens, Ve : vésicules). b - Présence de champignons mycorhyziens chez l'ambroisie à feuilles d'armoise (■) et fréquence de plantes mycorhizées par population (□) dans différents types d'habitats

Figure 10 : distribution de la masse des akènes collectés sur différentes populations en fonction de leur aptitude à flotter (□ : semences flottantes ; ■ : semences non flottantes).

Figure 11 : Proportion de plantes pluriannuelles, bisannuelles et annuelles selon l'âge de la bande enherbée (en année depuis son implantation).

Figure 12 : distribution de la richesse spécifique en relation avec la distance à la bordure herbacée en fonction de la présence ● ou de l'absence ■ d'une bande enherbée. □, ○ : points utilisés pour le calcul de l'étendue de la zone de bordure

Figure 13 : évolution de l'occupation du territoire au cours du temps réalisée à partir des spécimens d'herbier retrouvés dans 157 localités en France. En vert foncé les départements où la plante a déjà été signalée et en vert clair, les nouveaux départements.

Figure 14 : évolution du nombre de substances actives et association de molécules herbicides de 1944 à 2012.

Avant-Propos

Après une formation Universitaire à Dijon et à Paris-Orsay dans les domaines de l'écologie végétale, mon activité scientifique a évolué depuis mon recrutement comme chargé de recherche en 1993 à l'Inra suivant les nouveaux objectifs du département Environnement–Agronomie. L'intérêt que je porte au respect de l'environnement et la protection de la diversité végétale a été valorisé par les évolutions scientifiques liées d'une part au changement de structure de mon unité et d'autre part au changement de contextes politique, agricole et social. La protection de l'environnement à travers la réduction des intrants, avant sa concrétisation récente par le Grenelle de l'Environnement (agriculture durable – limitation du recours aux produits chimiques, préservation des ressources en eau, rôle de la biodiversité …) est aujourd'hui un des objectifs prioritaires fixés par l'Inra dans lequel je me retrouve pleinement. La réduction volontaire de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques par le cadre du plan Ecophyto 2018 (Anonymous 2008) et plus récemment l'émergence de l'agroécologie en France (Wezel et al. 2009; Stassart et al. 2012), ont guidé et orientent le développement de mes travaux. De même si la prise en compte de la diversité de la communauté végétale non semée des parcelles cultivées de l'agrosystème est devenue récemment plus forte, cette démarche a toujours été présente dans mes travaux du fait de ma formation initiale en écologie végétale.

Par goût mais aussi par volonté de valoriser et de partager mes acquis avec différents publics, j'ai tenu à entretenir une activité d'enseignements et de formations en direction de publics d'étudiants universitaires, d'écoles d'Ingénieurs de BTS agricoles, mais aussi des « publics agricoles » - agriculteurs et techniciens de différents organismes. La variabilité de la demande (étudiants Capes-AGREG, futurs ingénieurs, formation professionnalisante) oblige à un constant exercice d'adaptation du discours. Les domaines d'enseignement concernent le végétal (écologie végétale, physiologie végétale, invasion biologique …), mais c'est surtout dans le domaine de la malherbologie au sens large que se sont exercées ces activités.

Mes activités de recherche depuis mon recrutement à l'Inra se sont pour l'essentiel déroulées, en collaboration avec des chercheurs de mon unité et de façon plus sporadique avec des chercheurs d'unités extérieures (CNRS Chizé, AgroparisTech, Anses Montpellier). Suivant les collaborations, c'est dans le cadre de compétences en agronomie (effets de systèmes de culture), de génétique des populations (résistances aux herbicides) et d'écologie (invasions biologiques, régulations biologiques) que ces échanges ont été mis en place. Toutefois, quelles que soient les thématiques abordées, le sujet d'étude est resté centré sur la communauté des mauvaises herbes des systèmes cultivés.

I- Contexte général - un objet d'étude : la communauté des mauvaises herbes

Les références bibliographiques extérieures sont en fin de texte

Les références propres sont entre crochets [X] et sont référencées suivant la liste des publications du currriculum vitae

I-A. Concept de «mauvaise herbe»

Le concept de «mauvaise herbe» est en partie lié à l'occupation naturelle par des espèces végétales de milieux ouverts pour y être cultivés. Cette dénomination désigne l'ensemble des plantes (Bouscasse 1883) qui, par leur développement, vont générer une gêne ou une dégradation dans des zones utilisées pour des activités humaines. De ce fait, la présence de ces plantes va générer une action de régulation ou de destruction de la part des personnes chargées de la gestion de ces surfaces. D'un point de vue plus global, une définition très générale de « plante indésirable où elle se trouve » permet d'englober des situations très variables, qui vont des populations de bryophytes qui se développent sur les toits, aux algues qui prolifèrent dans une baie, à la flore des champs cultivés (espèces adventices et repousses de cultures), jusqu'aux angiospermes néophytes qui envahissent des écosystèmes naturels.

La gestion de ces végétaux jugés indésirables peut se faire de façons directes ou indirectes. L'action directe va limiter le cycle de développement de la plante (pâture, fauche, broyage …) ou la détruire par un arrêt de la croissance du végétal (désherbage chimique, thermique ou mécanique …). L'action indirecte vise à modifier les caractéristiques du milieu pour que celui-ci ne soit plus favorable à ces plantes (paillage, drainage, chaulage, couvert végétal …). Le document qui suit, se limitera au cas particulier des milieux cultivés et des espèces végétales annuelles connues sous la dénomination de mauvaises herbes des champs. De façon très générale, les mauvaises herbes des milieux cultivés présentent la particularité de pouvoir être présentées de deux façons pratiquement opposées :

- Ces espèces peuvent être perçues comme **une gêne** pour l'espèce cultivée et la réalisation de certaines activités agricoles. Par leur présence, elles peuvent constituer une source de pertes de revenus pour l'agriculteur en réduisant la quantité et la qualité de la récolte ou en ralentissant le travail. Si cette nuisibilité semble une évidence – de par la dénomination globale de « mauvaise herbe » – elle n'est pourtant que très rarement quantifiée (Oerke et Dehne 1997 ; Oerke 2006) et, souvent, à travers d'indicateurs indirects qu'il est difficile de considérer comme complètement fiables (Silvy 1995 ; Parker 2012). Il est en effet aujourd'hui difficile d'attribuer de façon certaine des pertes de rendements à la présence d'espèces adventices, à l'exception de quelques espèces parasites (Parker 2012). Néanmoins, les espèces adventices sont souvent désignées comme un verrou important à la mise en place de nouvelles pratiques culturales. Des pratiques innovantes liées à une meilleure utilisation de l'azote (semis précoces de colza – Dejoux et al. 2003), à la protection des sols par la réduction du travail du sol (Torresen et Skuterud 2002) ou au développement de nouveaux systèmes de culture tels que l'agriculture biologique (Van der Weide et al. 2008), ou l'agriculture de conservation (Triplett et Warren 2008), sont à un moment donné confrontés à un problème de gestion des populations de mauvaises herbes. Des changements de pratiques (gel des terres, (Rodriguez et Mamarot 1994) ; suppression des triazines ; Fried et al. 2005) ou des aménagements paysagers (bandes enherbées ; Hooks et al. 1983 ; [JJ]) peuvent être sources de craintes d'infestions 'majeures' de mauvaises herbes mais qui ne se ont que rarement vérifiées.
- Bien que depuis longtemps souligné par différents auteurs (Aymonin 1962 ; Altieri et Whitcomb 1979 ; Jauzein 1995 ; Hillocks 1998 ; …), **le bénéfice** que peuvent procurer des mauvaises herbes a été redéfini dans les synthèses réalisées par le Millemium Assessment (Millennium Ecosystem Assessment 2005) en termes de services écosystémiques. Les services attribués aux espèces adventices sont très variables et englobent la protection des sols, la protection des nappes contre l'entraînement de diverses molécules, l'accueil d'auxiliaires des

cultures (Landis et al. 2000) mais aussi un rôle de ressources trophiques à travers la fourniture de nectar, de feuilles et des semences pour les invertébrés (insectes) et vertébrés (oiseaux, micromammifères ; (Marshall et al. 2003 ; Holland et al. 2006 ; Storkey 2006). Sans doute de façon marginale, les populations humaines, pour elles-mêmes ou pour leur troupeaux (fourrages complémentaires), ont bénéficié ou bénéficieraient encore aussi de ces services par les propriétés médicinales ou culinaires (Joigneaux 1863 ; Hillocks 1998) dont l'utilisation a été récemment remise au goût du jour. Leurs valeurs en tant que plantes bio-indicatrices rencontrent un réel succès chez de nombreux agriculteurs et jardiniers (Ducerf et Thiry 2010 ; Griffith-Jones 1978). Mais la quantification des services rendus réellement par la flore adventice est là aussi souvent vague et difficilement quantifiable.

Dans ces différentes études, la mise en balance des services et des contraintes générés par ces espèces amène à la différentiation d'espèces adventices globalement "bénéfiques" par opposition à des espèces adventices globalement "nuisibles" (Storkey et Westbury 2007). Cette classification des espèces adventices suivant les services potentiellement rendus et plus globalement le pilotage de cette diversité végétale, n'ont été encore que très peu discutés (Hillocks 1998).

Les espèces dites « mauvaises herbes » représentent la flore 'naturelle' des agrosystèmes. Parmi les 6000 à 7500 espèces vasculaires actuellement répertoriées en France (Duhautois et Hoff 2000 ; Fédération des Conservatoires botaniques nationaux 2014), environ 1200 espèces (Jauzein 1995, 2001a), quasi exclusivement des angiospermes, sont aptes à survivre dans des agrosystèmes, se sont adaptées aux perturbations plus ou moins intensives du substrat par les outils de travail du sol et peuvent supporter la compétition exercée par les espèces cultivées. Depuis le début du XIXe siècle, la pression liée aux stress chimiques engendrés par l'utilisation des engrais puis plus tard des molécules herbicides, est venue s'ajouter aux pressions de sélection plus anciennes (labour, jachère). Au cours des dernières décennies, l'intensité des pressions de sélection est devenue si importante qu'une partie de ces espèces végétales des agrosystèmes, environ 300 (Jauzein 2001a) serait menacée ou serait sur le point de disparaître (Aymonin 1962 ; Aymonin 1973). Leur régression peut être dans un certain nombre de cas attribuée à un facteur précis comme l'assèchement du milieu par le drainage (*Myosurus minimus* L.; Meerts 1993) ou l'efficacité du tri des semences cultivée (*Cuscuta* sp., Fron 1917 ; *Agrostemma githago* L. ; Olivereau 1996). Plus généralement, c'est une accumulation de facteurs liés à l'intensification de l'agriculture (simplification des rotations, introduction d'une nouvelle culture et des pratiques liées, fertilisation, désherbage chimique …) qui a contribué à la raréfaction de certaines de ces espèces. Pour d'autres mauvaises herbes, le degré de mimétisme ou de spécialisation à un milieu (culture du lin pour les espèces dites linicoles ; Meerts 1993) ou la disparition d'une pratique donnée (re-semis avec les céréales) qui avait permis de sélectionner une adaptation très fine, n'a pas permis une ré-adaptation au moment de la disparition de la pratique ou de la culture (et donc de l'habitat favorable). Faute de pouvoir trouver une autre niche écologique favorable, ces espèces ont pu ou peuvent donc potentiellement disparaître.

C'est dans ce contexte bibliographique très vaste, souvent incomplet et imprégné de partis-pris, que se situe la notion de « mauvaise herbe ». Les définitions de spécialistes peuvent néanmoins aider à mieux cerner les fonctions de ces espèces. Définies par (De Candolle 1832) comme "*Toutes les herbes qui naissent d'elles-mêmes dans les terrains cultivés pour d'autres, sont réputées mauvaises herbes, quelle que puisse être d'ailleurs leur utilité* », les espèces végétales qui occupent les milieux cultivés ont fait l'objet de travaux tentant de mettre en avant leurs caractéristiques communes (traits de réponse) qui leur permettent de maintenir des populations dans des milieux aussi « hostiles » de par l'intensité et la fréquence des perturbations (Baker 1965). Face aux degrés de perturbation rencontrés, ce sont donc essentiellement des espèces dites thérophytes et géophytes selon la classification de (Raunkiær 1934) qui peuvent subsister dans les zones cultivées. Les autres groupes de végétaux (chaméphytes, phanérophytes) sont trop sensibles aux perturbations du milieu pour survivre mais peuvent occuper occasionnellement des habitats cultivés avec un plus faible niveau de perturbations (rang de vigne, bandes enherbées, prairies) ou des milieux sous gestion de systèmes de

culture particuliers où la perturbation liée au travail du sol est plus limitée (technique culturale simplifiée, semis direct). Les milieux cultivés sont donc caractérisés par une proportion importante d'espèces annuelles monocarpiques, à cycle de développement généralement court. Le rôle très important du stock de semences dans la dynamique de ces espèces n'est retrouvé que dans quelques autres milieux naturels (Bossuyt et Honnay 2008) tels que les pelouses sèches (Chabrerie et al. 2002), les milieux à fort amplitude hydrique (Bornette et al. 2008), les zones soumises à des feux fréquents ou aux stress salins (Beeftink 1985), les habitats avec les éphémérophytes des déserts (Faurie et al. 2011), les zones fréquemment soumises aux activités animales (Lavorel et al. 1998). Une année donnée, les plantules levées dans une parcelle cultivée, ne représentent en fait qu'une phase transitoire et éphémère qui ne sert qu'à la multiplication et à la ré-alimentation du stock de propagules contenus dans le sol.

I-B Tout un vocabulaire

La dénomination de « mauvaise herbe » étant empreint d'un jugement de valeur négatif, tout un vocabulaire a été utilisé pour renommer ces espèces qu'aucune unité botanique ne permet de réunir dans un groupe facilement dénommable. La nuisibilité intrinsèque de ces plantes est elle-même discutée depuis longtemps : « *Nous voulons croire à l'existence de plantes absolument malfaisantes, créées peut-être à seule fin de mettre en relief celles qui nous rendent des services, mais ces plantes absolument malfaisantes sont bien rares »* (Joigneaux 1863). L'adjectif adventice, du latin adventicius (*qui vient du dehors*) désignerait des plantes qui surviennent de façon inattendue, accidentelle et qui sont issues d'un milieu voisin pour s'installer dans une zone cultivée (Godinho 1984). Après avoir longtemps désigné dans les revues botaniques les espèces néophytes, le qualificatif « adventice » a été aussi utilisé pour désigner toutes les plantes qui se développent spontanément dans les milieux spontanément modifiés par l'homme (Meunault et Rousseau 1902 ; Hamel et Dansereau 1949).

Dans un objectif de description plus précise du type de milieu occupé dans l'agrosystème, les termes de plantes spontanées, 'commensales', 'ségétales', 'messicoles' (Jauzein 1997), 'linicoles' (Jauzein 1995), 'arvicoles' (Aymonin 1973) ou cultigènes ont été ou sont encore utilisés par les spécialistes de ces communautés. Parmi tout ce vocabulaire, le mot « messicole » demeure le plus utilisé de par l'attention particulière qui est liée à ce groupe d'espèces pour lequel a été proposé un projet de plan national d'action en leur faveur au Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement (2011 ; http://www.consultations-publiques.developpement-durable.gouv.fr/projet-de-plan-national-d-actions-en-faveur-des-plantes-messicoles).

Dans ce document, les dénominations « mauvaises herbes » et « espèces adventices » seront utilisées de façon indifférente bien que d'un point de vue purement théorique, toutes les espèces adventices ne soient pas des mauvaises herbes et toutes les mauvaises herbes ne puissent pas être qualifiées de plantes adventices. La connotation péjorative de l'expression « mauvaise herbe » tend à éliminer cette locution dans les instances scientifiques et naturalistes au profit d'« espèce adventice ». Ce glissement sémantique est actuellement très net allant jusqu'à la dénomination de l'Unité de recherche dans laquelle j'ai évolué qui, de Unité de « Malherbologie et Agronomie » est devenue Unité de « Biologie et gestion des adventices » pour se fondre dans l'ensemble plus large d'« Agroécologie ».

I-C – Organisation du manuscrit

Dans ce manuscrit, j'ai fait appel aux résultats des travaux de recherche que j'ai réalisés ou dans lesquels j'ai été impliqué. La quasi-totalité de ces résultats est issue de travail d'équipe et de nombreuses personnes ont été associées à la réflexion ou aux analyses qui ont amené leur mise en

place ou dans le travail d'analyses dont est issue la publication. Les travaux présentés portent sur l'**adaptabilité des populations de mauvaises herbes aux systèmes de culture**, qui constitue le thème principal auquel je me suis intéressé depuis mon arrivée à l'Inra. Je me suis aussi impliqué dans des études sur les pratiques culturales permettant d'obtenir un contrôle des populations de mauvaises herbes dans un contexte de réduction de l'utilisation des herbicides.

Deux grandes questions peuvent résumer l'ensemble de ces travaux :

- Quelles sont les grandes évolutions qu'a subies la flore adventice au cours de ces dernières décennies ?
- Quelles sont les pratiques culturales de gestion de la flore adventice les plus adaptées pour répondre aux différents objectifs fixés à l'agriculture ?

Ce mémoire s'articule autour de deux grandes parties. Dans un premier temps, je présenterai les résultats de mes travaux de recherche et mes activités transversales puis j'exposerai mon projet de recherche avant de conclure. Afin de simplifier la lecture, les références des travaux auxquels j'ai participé sont numérotées suivant la liste donnée ci-dessus. Les autres références sont notées de façon classique (auteur et année) et la bibliographie complète est présentée à la fin de ce document.

II - Travaux scientifiques

Les espèces appartenant à la flore des milieux cultivés ont des origines multiples, ce qui a pour conséquences une diversité très importante sur les plans systématique et écologique. Une partie de ces espèces sont des espèces envahissantes introduites, soit au néolithique en même temps que les premières céréales cultivées, soit au cours des échanges commerciaux réalisés par l'homme lors de périodes plus ou moins récentes (Jauzein 1995), [20]). A ce cortège d'espèces envahissantes, s'ajouteraient des espèces relictuelles des peuplements antérieurs, sur lesquelles les connaissances actuelles sont très faibles.

La flore adventice est donc constituée d'un complexe d'espèces dont le point commun est l'aptitude de survivre aux pressions de sélection exercées par les perturbations et les stress liés à l'ensemble des pratiques culturales. Cette flore est par définition en constante évolution avec l'apparition et la disparition de nouvelles espèces au fur et à mesure de l'évolution des pratiques agricoles (Jauzein 2001a ; Jauzein 2001b). La sélection exercée par les herbicides depuis la seconde guerre mondiale n'a cessé d'augmenter jusqu'à très récemment, au point de devenir le facteur majeur d'évolution des espèces adventices. La régression de certaines d'entre elles, qui est une conséquence du désherbage des cultures, pose néanmoins un réel problème en termes de diversité des espèces annuelles. Les milieux cultivés peuvent aussi constituer des milieux refuges dans lesquels des espèces transgressives *Arenaria serpyllifolia*, *Cardamine hirsuta*, *Bromus* sp. (plantes annuelles, monocarpiques) trouvent un refuge du fait de la disparition de leur niche d'origine (steppe, pelouse sèche ; Jauzein 1995).

II. A. Adaptation de la flore adventice au niveau des communautés

II.A.1. Rôle des stocks de semences

Dans les milieux agricoles, les populations de mauvaises herbes sont soumises à des pressions de sélection répétées dans le temps, qui sont extrêmes d'un point de vue intensité, et dont la nature est liée à la culture en place et aux prises de décision de l'agriculteur. Le gradient d'intensité des pressions de sélection lié au système de culture est complexe et se traduit par la sélection d'adaptations très variables (Gaba et al. 2014). D'un point de vue écologique, les interventions de travail du sol entre la récolte et le semis de la culture peuvent s'apparenter à une remise « à zéro » annuelle de la communauté adventice.

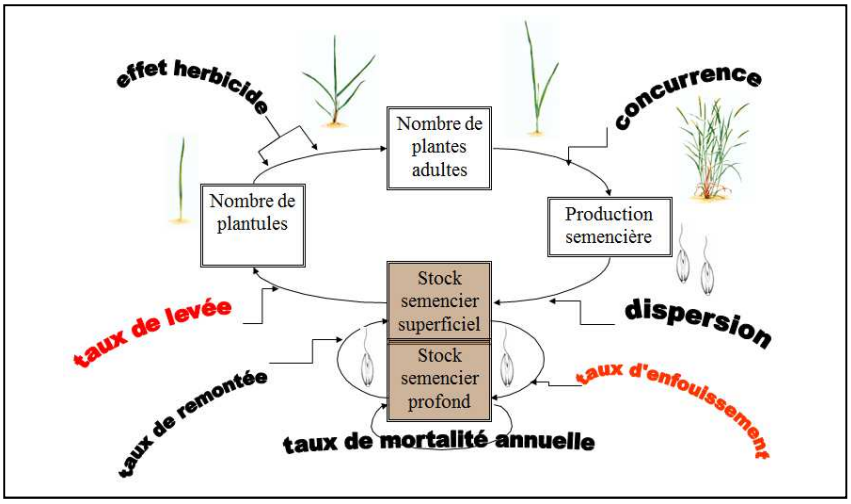


Figure 1 : pressions de sélection subie par une mauvaise herbe au cours de son cycle de développement

Peu de populations végétales sont soumises à une telle fréquence et une telle intensité de perturbations ; les espèces adventices annuelles doivent pouvoir terminer de façon très rapide leur cycle de développement, tout en maximisant leur production de semences viables qui iront réintégrer pour une période plus ou moins longue le stock de semences (figure 1).

La connaissance du stock de semences semble donc une étape indispensable à une étude de la dynamique des populations adventices. On peut considérer que les espèces adventices sont essentiellement présentes sous forme de semences qui, le temps d'un cycle quelque fois très court, vont être visibles sous la forme d'une plantule, parfois même d'une plante adulte. La quantification et l'identification de cette réserve de propagules (semences, rhizomes, bulbes …) apparaît indispensable à une bonne prédiction de l'évolution des populations adventices. Toutefois, l'échantillonnage des semences contenues dans le sol constitue une problématique complexe tant d'un point de vue spatial (où échantillonner ? à quelle profondeur ?) que d'un point de vue temporel (avant le semis, en cours de saison ?), que d'un point de vue statistique (nombre de prélèvements, grille d'échantillonnage) avec de nombreuses difficultés techniques (lavage du sol, taille des graines souvent petites, observations sous loupe, …).

Les travaux réalisés dans cette thématique avaient pour objectif d'analyser sur un dispositif expérimental l'effet du relâchement depuis neuf années de la pression de sélection engendrée par l'action des herbicides et d'en mesurer les effets sur la structuration génétique de deux mauvaises herbes communes : le vulpin des champs (*Alopecurus myosuroides* Huds.) et le chénopode blanc (*Chenopodium album* L.).

> *Le stock semencier a été estimé à partir d'un prélèvement de 198 carottes dans le sol de la parcelle non traitée (30 cm de profondeur pour 4.7 cm de diamètre) alors que 400 prélèvements identiques ont été réalisés dans la partie désherbée chimiquement. Le nombre de semences a été déterminé après élimination de la terre et des débris végétaux. L'analyse de la structure génétique a été réalisée à l'aide marqueurs électrophorétiques à partir des plantules issues de la germination des semences prélevées dans le sol.*

Lors de cette étude, plus de 16 300 semences/m² ont été retrouvées dans la zone témoin non désherbée contre 3400/m² dans la zone désherbée. Le nombre d'espèces et la diversité estimée par l'indice de Shannon étaient plus faibles dans la partie désherbée (tableau 1).

Le relâchement du désherbage chimique s'est traduit au fil des dix années par une augmentation de la densité et du nombre d'espèces. Mais on peut noter que la nature des espèces a aussi changé, indiquant des capacités d'adaptation aux pratiques culturales : l'espèce qui occupe le premier rang dans la zone non désherbée (*Thlaspi arvense* L.) n'est retrouvée qu'au 13e rang dans la zone désherbée. Le stock de semences constitue une mémoire de l'historique cultural de la parcelle, en cumulant des semences issues des différentes années.

Il apparaît que l'arrêt du désherbage chimique permet de favoriser une plus grande diversité spécifique et peut entraîner une modification de la structuration génétique d'une espèce : la population de *C. album* est majoritairement composée d'individus hexaploïdes (63%) dans la zone désherbée chimiquement alors qu'ils ne représentent que 36% des plantes dans la zone non traitée où les individus tétraploïdes sont majoritaires [202].

L'étude du stock de semences permet donc d'estimer une variabilité qui serait certainement masquée si la même étude était réalisée sur la flore levée une année donnée. Le travail sur le stock permet d'explorer la flore potentielle et donc d'identifier des espèces qui ne seraient pas exprimées du fait de conditions écologiques défavorables (date de semis, déficit hydrique …). Mais cet indicateur reste difficilement accessible par une approche simple (Forcella 1992). Le coût en temps de travail et les problèmes d'échantillonnage limitent son utilisation en tant qu'outil prédictif. Un travail réalisé à partir de cet échantillonnage et de données complémentaires obtenues par des instituts techniques a permis de confirmer la variabilité du niveau d'agrégation de la distribution des semences de mauvaises herbes dans les parcelles [A]. De nombreux facteurs peuvent faire varier la

distribution spatiale des semences des espèces au cours du temps, ce qui rend difficile la mise au point de protocoles généralisables pour ce type d'étude.

Tableau 1 : nombre de semences par espèce du stock semencier selon la stratégie de désherbage (carottage : h-30 cm, d-4,7 cm). Parcelle non désherbée depuis 9 années ; parcelle désherbée chimiquement chaque année suivant les cultures en place.

	Parcelle non désherbée 198 carottes	**Parcelle désherbée 400 carottes**
Nombre de semences total	5608	1187
Nombre d'espèces	38	26
Indice de Shannon	2,485	2,062
Équitabilité	0,316	0,302
Espèces	**Nombre de semences (rang)**	
Thlaspi arvense	1105 - (1)	10 - (13)
Sinapis arvensis	1079 - (2)	12 - (11)
Chenopodium album	881 - (3)	40 - (5)
Alopecurus myosuroides	527 - (4)	-
Fallopia convolvulus	409 - (5)	4 - (16)
Galium aparine	280 - (6)	96 - (4)
Anagallis arvensis	191 - (7)	252 - (2)
Amaranthus retroflexus	155 - (8)	208 - (3)
Polygonum aviculare	133 - (9)	4 - (16)
Euphorbia exigua	114 - (10)	387 - (1)
Aethusa cynapium	81 - (14)	28 - (8)
Kikxia spuria	48 - (17)	30 - (7)

Cette première approche des communautés de mauvaises herbes par le stock de semences met en avant la difficulté des problèmes d'échantillonnage (représentativité, effort d'échantillonnage, dépouillement des données, analyse de données) rencontrés dans ces milieux perturbés. Ce sont plusieurs millions de semences par hectare qui sont contenues dans les sols agricoles, cette estimation pouvant être interprétée à la fois comme une menace (risques de fortes densités de plantes dans les parcelles), mais aussi comme une richesse (diversité des communautés des plantes annuelles dans les espaces cultivés).

II.A.2. Evolution dans des communautés adventices dans le temps

Dans une étude réalisée par Guillaume Fried [CC], l'évolution des communautés adventices a été suivie à travers l'utilisation des traits des espèces au cours d'une période de 40 années dans une situation particulière : la culture du tournesol.

Le travail a été réalisé grâce à deux séries de relevés de flore sur tournesol, l'une ayant été faite entre 1973 and 1976 et la seconde ayant été faite en 2007 sur les mêmes parcelles dans le cadre du réseau Biovigilance Flore. Cette comparaison a été rendue possible du fait d'une stratégie d'échantillonnage identique entre les deux périodes (zone de 2000 m² ; 40 m × 50 m).

Dans cette culture estivale, une forte évolution des espèces observées a été analysée (figure2) : sélection d'espèces estivales à cycle court, nitrophilie et héliophilie accrues, tolérance au désherbage chimique, mimétisme vis-à-vis de la culture qui amènent à un changement important de la composition et des effectifs des espèces constituant la communauté adventice.

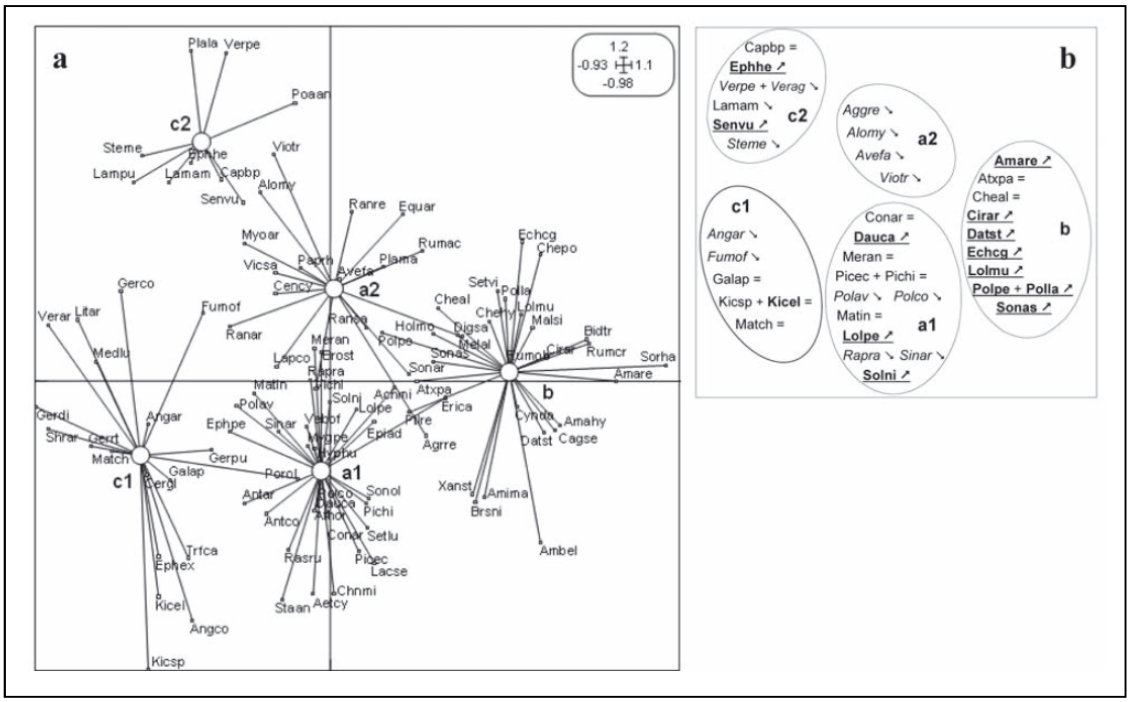


Figure 2 : (a) partitionnement des espèces en groupes fonctionnels (MCA, axes 1 et 2) basés sur la similarité des traits. (b) Représentation simplifiée du changement de flore en fonction de groupes fonctionnels (espèces stables (=), espèces en régression (↘) ou en extension (↗).

Cette approche fonctionnelle a mis en évidence la sélection d'espèces possédant une combinaison de quelques traits favorisés et à l'opposé la disparition d'espèces ne possédant quelquefois qu'un seul trait non sélectionné. L'évolution des espèces adventices à travers les traits de réponse sélectionnés, constitue le point essentiel du travail et elle peut être interprétée par l'histoire agronomique de la culture qui permet de mieux cerner les conditions de milieu créées par la culture (et les systèmes de culture) dans lesquelles ont survécu les populations de mauvaises herbes. La culture du tournesol, apparue en France à la fin de la seconde guerre mondiale, a fait l'objet de nombreuses adaptations (fertilisation, écartement des rangs, sélection variétale …) qui ont exercé une pression de sélection sur les communautés adventices. L'extension du tournesol a véritablement démarré à la fin des années 70 (premiers relevés de flore de l'étude) et la mise au point d'hybrides précoces à fort potentiel de rendement a permis une extension de la plante vers le nord du territoire permettant l'introduction de nouvelles espèces adventices. L'évolution du pool de mauvaises herbes présentes dans le tournesol n'est certainement pas terminée et la mise récente sur le marché de variétés de tournesol résistantes à certains herbicides constitue un nouveau type de pression de sélection dont on peut penser qu'il va influencer une nouvelle évolution des populations de mauvaises herbes.

Cette étude a été réalisée à partir du réseau biovigilance (Fried et al. 2008) dont le jeu de données très vaste (10 années de suivi, plus de 5000 relevés) est d'une très grande richesse et donne lieu à des articles scientifiques et de vulgarisation dont certains sont en cours de soumission (évolution de la flore sur la culture du colza en France).

II. B. Adaptation de la flore adventice au niveau des espèces

Comme observé précédemment dans la culture du tournesol, une adaptation possible pour les espèces adventices consiste à privilégier un cycle de développement qui soit le plus proche possible de celui de la culture dans laquelle elles se développent, permettant ainsi la production de semences avant la récolte. Ce type d'adaptation peut être poussé à l'extrême chez certaines plantes parasites (*Cuscuta epilinum)* et chez certaines espèces messicoles qui ne survivent strictement qu'à travers une seule espèce cultivée. C'est le cas des espèces mimétiques telles que *Lolium temulentum* L. qui présente deux lignées adaptées, par la taille de leurs semences, soit aux céréales soit à la culture du lin (Naylor 1960). Globalement, les études réalisées ces dernières décennies montrent que des espèces à amplitude écologique large (espèces ubiquistes) progressent, au dépend d'espèces aux besoins écologiques stricts (Fried et al. 2010). J'ai pu mettre en évidence ces deux types de stratégies d'adaptations dans les études suivantes :

II.B.1. le cas du vulpin des champs

II.B.1.a Mimétisme de développement de la culture

Le vulpin des champs (*Alopecurus myosuroides* Huds.) est une graminée très répandue en France et en Europe. Elle est présente dans les cultures des régions tempérées de pratiquement toute la surface du globe (Naylor 1972). Très liée aux cultures annuelles (préférentiellement les céréales d'automne) en Europe tempérée, cette espèce messicole est plutôt considérée comme une espèce rudérale dans les pays méditerranéens comme Israël (Rubin et al. 1985). Devenue une mauvaise herbe majeure après la réduction de densité des 'dicotylédones' dans les céréales par le désherbage chimique du début des années 1950, le vulpin semble avoir été favorisé par un ensemble de techniques agricoles : monoculture du blé, fortes fertilisations, réduction du travail du sol, précocité des semis. Ce n'est que vers la fin des années 1960 que la mise au point d'herbicides spécifiquement dirigés contre les graminées et plus spécialement contre le vulpin, a permis son contrôle efficace dans les céréales. La potentialité de développement de l'espèce, modèle d'étude privilégié pour le développement des résistances aux herbicides, est de plusieurs millions d'hectares en Europe.

Mes travaux sur le cycle de développement du vulpin, ont concerné l'écophysiologie de cette espèce et avaient pour objectifs de répondre à deux questions :

- Sur quel modèle biologique se développe cette graminée adventice ?
- Quelle est son adaptation aux systèmes de culture ?

Les études sur le développement et la croissance ont été réalisées en condition semi-contrôlées en serre et au champ. L'émission des feuilles et des talles a été suivie plante à plante en faisant varier la densité des individus et l'alimentation en azote pour avoir une idée la plus précise possible des facteurs pouvant influer sur le développement foliaire.

Les résultats ont monté que le cycle de développement du vulpin est calé sur celui des grandes céréales cultivées. Le mode d'apparition des feuilles et des talles se fait sur un modèle identique à celui du blé, avec une apparition des feuilles et des talles sur la tige principales avec une variabilité entre pieds de vulpin (figure 3)

L'ensemble des expérimentations réalisées sur le suivi de croissance du vulpin suggère que la variabilité de développement est faible entre les plantes pour des conditions de croissance données, mais que la vitesse d'apparition des feuilles varie de façon importante selon les dates de semis et les conditions de croissance. On peut noter que l'émission des talles et des feuilles se fait suivant un

modèle très similaire à celui du blé (Masle-Meynard 1980) ou des graminées prairiales pérennes (Moore et Moser 1995).

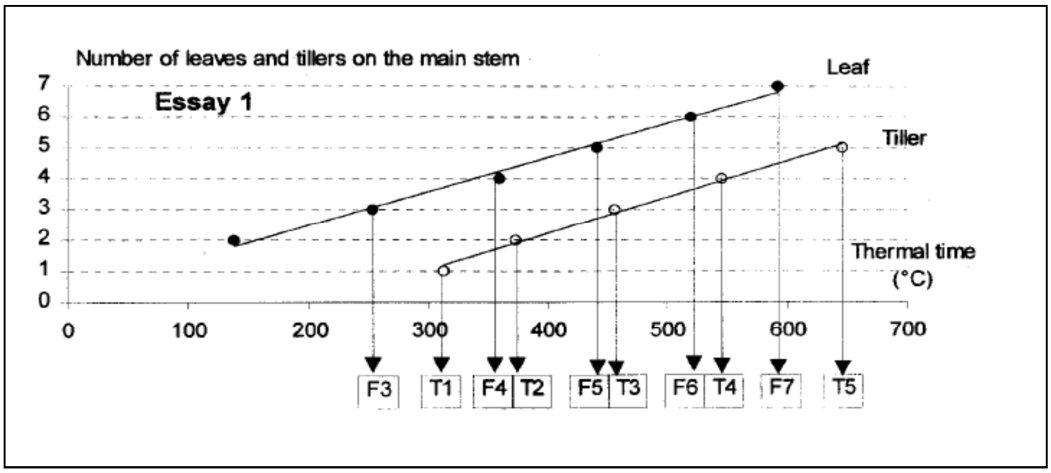


Figure 3 : apparition des feuilles et des talles primaires sur le maître-brin du vulpin en fonction de la somme de température accumulée (base de température de 1°C).

Le vulpin des champs est donc capable de s'adapter aux conditions de croissance qui lui sont imposées par les conditions de milieu sous l'effet des pratiques culturales (variabilité des traits de réponse) pour pouvoir produire des semences et réalimenter le stock quelles que soient les conditions de croissance.

Tableau 2 : effet de la date de semis sur la croissance et le développement d'*Alopecurus myosuroides* au champ (base 0°C)

Date d'émergence	Phyllochrone (degré-jour)	Nombre de feuilles final sur le maître-brin	Date de floraison (stade anthèse)
20 août 1996	85.0	14.8	1955 / Fin avril
30 sept. 1996	92.1	10.6	1296 / Fin avril
31 oct. 1996	104.3	8.1	1012 / Fin avril
12 fév. 1997	98.8	8.3	949 / De mi à fin mai
02 mars 1997	73.2	8.2	829 / De mi à fin mai
15 mars 1997	66.7	8.7	922 / Début juin
15 avril 1997	69.2	10.3	1244 / Début juin
01 mai 1997	75.3	15.0	1456 / De mi à fin juin
15 mai 1997	81.1	pas de floraison	pas de floraison
02 juin 1997	n.e.[2]	pas de floraison	pas de floraison
	7.33	*1.26*	*101.74*
d.f.	*118*	*50*	*90*

L'action combinée du rayonnement global et de la photopériode modifie les valeurs de phyllochrone, ce qui permet une adaptation de la vitesse de développement et de floraison à la culture dans laquelle elle se trouve (Tableau 2). L'espèce va donc pouvoir boucler son cycle aussi bien dans les cultures d'hiver que dans certaines cultures de printemps par un raccourcissement de son cycle végétatif. La durée nécessaire à l'émergence des inflorescences est réduite par la période de vernalisation. La seule limite à la capacité d'adaptation observée reste la capacité à fleurir, qui est liée à la quantité de froid reçue (vernalisation) et donc à produire des semences.

De la même façon que pour le blé, l'apparition des talles chez le vulpin est influencée par des facteurs abiotiques (eau, azote, lumière) et par l'intensité de la compétition. En situation de ressources trophiques suffisantes, la capacité de tallage de la plante est extrêmement élevée avec plus de 100 talles par plante. Ces travaux ont montré (figure 4) les capacités de réponses de l'espèce aux stress induits par les pratiques culturales en croisant un stress d'origine biotique (compétition pour la lumière) et un stress d'origine abiotique (apport d'azote).

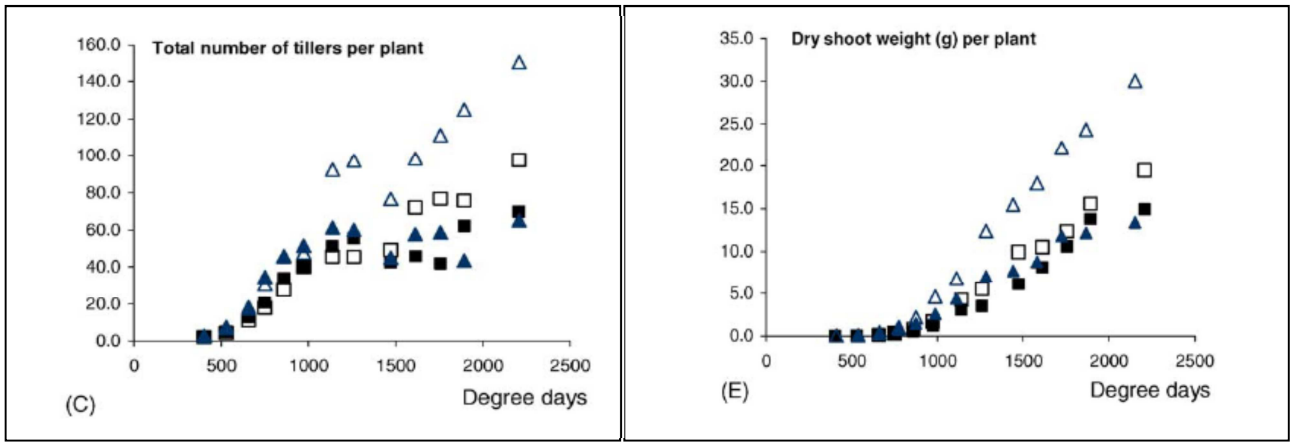


Figure 4 : effets des facteurs compétition et des ressources trophiques sur le nombre de talles (C) et la biomasse aérienne (D) ; (N1D1 (□), N1D2 (■), N2D1 (△) and N2D2 (▲). N1 : azote limitant ; N2 : azote en quantité importante ; D1 faible densité, D2 forte densité.

Dans une situation de ressources limitantes (lumière, azote), la compétition intra-spécifique limite fortement la croissance du vulpin, qui ne semble donc pas avoir développé d'adaptations particulières à la compétition. Mais on peut aussi noter que la plante est apte à utiliser les ressources disponibles, ce qui lui permet de maximiser sa production de semences (Tableau 3), y compris dans des situations de compétition très stressantes.

Tableau 3 : effet des différents traitements sur la croissance de *A. myosuroides* (N1 : 1 meq. N/L, N2 : 7,5 meq. N/L ; D1 : 40 pots/m2 ; D2 : 160 pots/m2). Les valeurs suivies d'une lettre différente sont significativement différentes au seuil de 5%.

Traitement	Nombre de plantes	Date de floraison (°C)	Nombre de semences/plante	Poids de 100 caryopses (mg)	% de viabilité
N1D1	15	1106,8 *(a)*	5160 (bc)	165,8 (b)	88,3 *(a)*
N1D2	15	1133,8 *(a)*	3116 *(a)*	148,3 *(a)*	85,2 *(a)*
N2D1	15	1071,6 *(a)*	5905 *(c)*	167,2 *(ba)*	87,0 *(a)*
N2D2	15	1129,3 *(a)*	4924 (ab)	142,2 *(a)*	87,6 *(a)*

Ces travaux réalisés sur une espèce donnée permettent d'entrevoir les limites de la capacité d'adaptation d'une mauvaise herbe annuelle. Capable de disséminer des semences aussi bien dans des cultures d'hiver que de printemps précoces, la capacité de développement du vulpin ne semble limitée que par son incapacité à fleurir (perte de l'induction liée à la vernalisation) et dans une moindre mesure à germer tardivement (Stryckers et Delputte 1965).

II.B.1.b Adaptation par sélection de gènes induisant une résistance aux herbicides

Le développement de mécanismes de résistance à une molécule herbicide constitue sans doute un des cas extrêmes d'adaptation des populations de mauvaises herbes. Ce type de résistance aux pesticides a été observé chez d'autres composantes biologiques des agrosystèmes soumises à des pressions de sélection similaires, principalement chez les insectes, les agents phytopathogènes et, à un degré moindre, les rongeurs. Dans le cas des plantes adventices, le problème est en train de devenir majeur (http://www.weedscience.org/summary/home.aspx). Deux mécanismes majeurs - mutation de la cible et détoxication de la molécule herbicides –sont aujourd'hui la cause des principales résistances observées sur le terrain, d'autres mécanismes ayant été plus récemment mis en avant (Yu et al. 2010).

II.B.1.b.1 Conséquences sur la structuration génétique des populations et sur la fitness des plantes résistantes aux urées substituées

Le vulpin des champs (*A. myosuroides* Huds.) a développé au cours de ces 30 dernières années des résistances à diverses familles d'herbicides (tableau 4). Les travaux débutés au cours de la de la thèse portait sur une caractérisation génétique de la résistance et sur une caractérisation de la résistance au niveau des individus et des populations.

Tableau 4 : résistances à des molécules herbicides connues chez le vulpin des champs

Familles	Groupe HRAC	Mécanisme	Molécules	Références
Triazines	C1	cible	Atrazine	(Yaacoby et al. 1986)
Urées substituées	C2	détoxication	Méthabenzthiazuron	(Niemann et Pestemer 1984)
			Chlortoluron	(Moss et Cussans 1985)
Aryloxyphénoxy -propionates	A	cible détoxication	Fénoxaprop Clodinafop	(Délye et al. 2002)
Sulfonylurées	B	cible détoxication	Inhibiteurs de l'acétolactate synthase	(Délye et Boucansaud 2008)

Ces études sur la résistance aux herbicides se sont ensuite prolongées sous forme de différentes collaborations sur le même modèle biologique : le vulpin des champs. Le travail réalisé a tout d'abord porté sur la résistance aux herbicides de la famille des urées substituées, qui a été principalement observée en Grande Bretagne et en Allemagne. Cette résistance est liée à une amplification de la capacité à dégrader la molécule herbicide qui ne peut alors plus bloquer la photosynthèse. Les travaux ont été réalisés à partir d'un échantillonnage européen de populations de vulpins décrites

comme résistantes aux herbicides de la famille des urées substituées (Allemagne ; Grande Bretagne) et des triazines (Israël). L'objectif du travail était de décrire la variabilité génétique des populations échantillonnées pour estimer l'effet de la présence des gènes de résistance sur la structure génétique des populations.

> *Le travail a été réalisé à partir de quatre isoenzymes foliaires sur gel d'acrylamide en utilisant six loci polymorphes soit un total de seize allèles. 19 populations provenant de France, Allemagne, Grande Bretagne et d'Israël ont été étudiées à raison de 130 individus par population.*

L'étude a montré qu'aucune structuration génétique particulière liée à l'acquisition de la résistance [D ; 203] n'était décelable sur les populations étudiées, et ceci quelle que soit l'origine géographique en Europe (figure 5). Si ce résultat a été confirmé dans des travaux récents avec des marqueurs génomiques plus performants [EE], il s'opposait à l'époque à la conception générale issue de travaux liés à la résistance aux triazines, qui était la mieux connue dans les années 1990 (Darmency et Gasquez 1990). Pour cette dernière résistance d'origine chloroplastique, la sélection des gènes de résistance s'accompagnait d'une réduction de variabilité génétique.

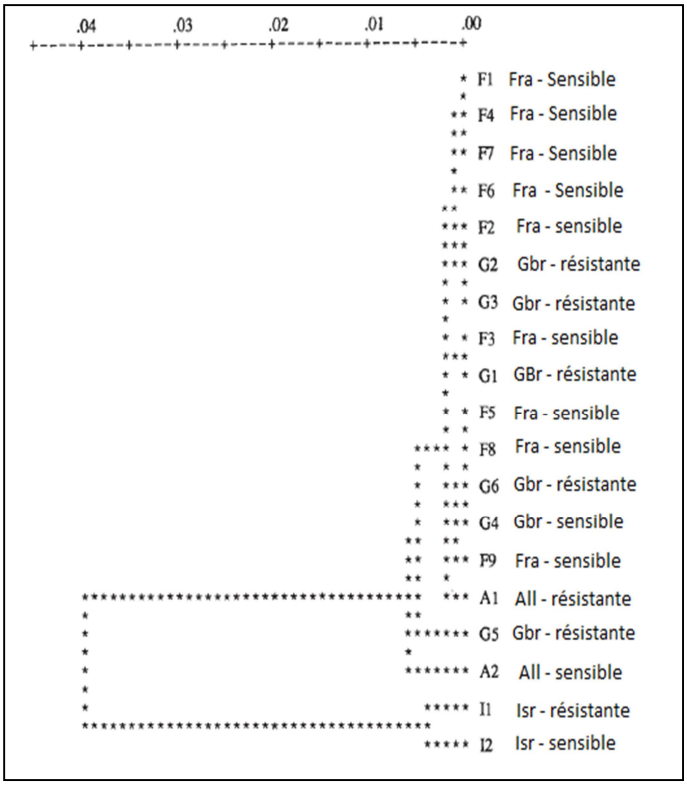


Figure 5 : phénogramme des 19 populations de vulpins étudiées. Analyse en cluster utilisant la distance génétique de Nei (non biaisée)

Origine des populations :

All : Allemagne ; Fra : France ; Gbr : Grande Bretagne ; Isr : Israël

Dans le cas du vulpin, le régime de reproduction strictement allogame de l'espèce, les flux de gènes à courtes et moyennes distances par le pollen à travers les parcelles cultivées et la dispersion des semences par les engins agricoles, ont sans doute contribué à une homogénéisation de la variabilité génétique des populations. L'importance de ces flux de gènes a par ailleurs été confirmée dans un travail plus récent [FF] où il a été montré que les gènes de résistance aux herbicides de la famille des aryloxyphénoxypropionates avaient diffusé dans des populations de vulpin dans des parcelles gérées en agriculture biologique. Enfin, on peut émettre l'hypothèse que la sélection des gènes de résistance a pu se produire de façon indépendante à différents endroits, la sélection des individus résistants se faisant à partir de gènes pouvant être déjà présents dans les populations. Nos études des lignées résistantes ont montré que le caractère polygénique de la résistance aux urées substituées est vraisemblable [203]. Le caractère polygénique de l'hérédité de la résistance aux urées substituées semble vraisemblable (hérédité nucléaire avec au moins deux gènes indépendants) si l'on

considère les observations faites sur les lignées résistantes [38], malheureusement cette hypothèse n'a pas pu être définitivement validée par manque de matériel génétique.

Dans la suite de cette approche génétique, des travaux ont été réalisés sur le développement comparatif des individus résistants et sensibles : l'acquisition d'un ou plusieurs gènes de résistance se traduit-elle par un coût visible au niveau de la croissance des individus résistants ?

Un suivi du développement et de croissance a été réalisé en chambres climatisées et en parcelles jardinées. La réponse à l'herbicide n'est pas binaire (résistant ou sensible) mais se fait sur un gradient de réponses suivant l'accumulation de gènes de résistance. L'utilisation d'un test de fluorescence nous a permis de classer les plantes en quatre groupes (de très résistantes à complètement sensibles) suivant leur réponse à une dose discriminante d'herbicides et donc de comparer plus finement l'effet de la présence de gène(s) de résistance.

Tableau 5 : Développement et croissance du vulpin suivant le niveau de résistance RR : plante très résistante ; RI : plante à résistance intermédiaire ; RS : plante provenant de la population résistante (pop R), mais ayant une réponse vis à vis du test de fluorescence identique à un individu sensible ; SS : plante témoin sensible (pop S). Les valeurs suivies d'une lettre différentes sont significativement différentes au seuil de 5%.

Biotypes	Plantes résistantes						Plantes sensibles	
	RR		RI		RS		SS	
Phyllochrone (°j)	99,50	a	102,50	*a*	95,10	*a*	97,80	a
Hauteur* (cm)	3,60	c	3,94	*c*	4,11	*c*	4,16	c
Surface foliaire (cm²)*	5,23	c	6,46	*c*	5,87	*c*	5,28	c
Nombre de talles (par plante)	15,28	a	12,39	*b*	13,67	*ab*	15,33	a
Biomasse foliaire (g/plante)	0,28	a	0,26	*a*	0,26	*a*	0,30	a
Biomasse racinaire (g/plante)	0,16	ab	0,14	*b*	0,17	*ab*	0,22	a

(*) mesurée sur la dernière feuilles de la tige du maître-brin

Pour la résistance étudiée, le suivi du développement des individus n'a pas permis, dans nos conditions expérimentales, de montrer de différences significatives dans le développement et la croissance des individus sensibles et résistants (tableau 5). La présence des gènes de résistance ne semble donc pas se traduire par un désavantage en terme de vitesse de développement ou de croissance, contrairement à des études antérieures où, les individus résistants des espèces étudiées présentaient généralement une réduction de la fitness (Darmency et Gasquez 1990). Cette étude a été confirmée par la suite par d'autres travaux réalisés sur la résistance aux herbicides (aryloxyphénoxypropionates) chez le vulpin des champs, allant même jusqu'à montrer un avantage pour certains génotypes résistants [Z].

A partir de l'ensemble de ces travaux, l'hypothèse a été émise que la sélection des gènes de la résistance de détoxication (ou de mécanismes similaires) se faisait non pas seulement à partir d'une mutation apparue au hasard, mais probablement à partir de gènes préexistants dans le fond génétique des populations et simplement sélectionnés au cours du temps en fonction de l'intensité de l'utilisation des molécules herbicides.

II.B.1.b.2 Sélection expérimentale d'individus résistants

La vérification de l'hypothèse de la pré-existence des gènes pouvant conférer la résistance à des molécules herbicides a été rendue possible par un travail de sélection réalisé avec un herbicide qui n'avait pas encore été mis sur le marché (fénoxaprop).

> *A partir de traitements successifs avec un herbicide foliaire (fénoxaprop) sur près de 10000 plantes, il a été opéré une sélection des individus qui survivaient au traitement. A chaque génération, les plantes survivantes étaient repiquées, puis amenées à graines et leurs descendances étaient soumises au même traitement.*

A partir des quelques plantes recueillies à la première génération, la fréquence de la résistance augmente très rapidement avec 44,3 % de plantes résistantes pour la seconde génération et plus de 90% des plantes à la quatrième génération (tableau 6).

Tableau 6 : effectif et fréquences de plantes présentant une résistance au fénoxaprop suivant les différentes générations

Génération	1	2	3	4
Nombre de plantes étudiées	9605	79	837	168
Nombre de plantes ayant survécu au traitement	48	35	671	153
% de plantes résistantes	0,5 %	44,3 %	81,2%	91,5%
Variabilité du % de plantes résistantes	-	-	49,9 à 100 %	87 à 100 %

A partir de la 3e génération, des descendances ont pu être isolées pour connaître la variabilité plante à plante de l'expression de la résistance. A la génération 3, la résistance dans une descendance varie de 49% à 100% des individus alors qu'à la génération 4, toutes les familles ont un pourcentage de plantes résistantes supérieur à 87%.

Dans ce cas précis, et pour la première fois dans le domaine de la résistance aux herbicides, il a été possible de montrer qu'une nouvelle molécule mise sur le marché pour son efficacité sur le vulpin, avait déjà une efficacité réduite voire nulle sur les individus résistants [35]. Le travail n'a toutefois pas eu de développement génétique.

Cette hypothèse vient d'être confirmée à partir d'un travail réalisé sur des échantillons issus de collections d'herbier (Dijon, Genève, Montpellier) de vulpin des champs [UU].

> *Nous avons recherché une mutation particulière dans l'ADN de plantes issues de parts d'herbier collectées entre 1788 and 1975, Cette mutation confère une résistance aux herbicides de la famille des aryloxyphénoxipropionates. Les premières molécules de cette famille ayant été mis sur le marché en 1978, aucune sélection par ces herbicides ne peut être soupçonnée. Parmi les 734 plantes examinées, 685 ont pu être étudiées par PCR.*

Il a été possible d'identifier un individu mutant hétérozygote, échantillonné en 1888 (région de Bordeaux). Cette découverte confirme le fait que l'apparition de la résistance est un processus de sélection Darwinien et que des mutations provoquant une résistance à un herbicide peuvent être présentes chez des individus indépendamment de la sélection par l'herbicide. Elle suggère également que la fréquence initiale de certaines mutations dans les populations d'adventices pourrait être plus

élevée que la fréquence déduite du taux « de mutation ». Autrement dit, la fréquence initiale des plantes résistantes dans les parcelles pourrait être supérieure à ce que l'on pensait jusqu'ici. Il est donc possible d'imaginer que des mutations non associées à des effets pléïotropiques négatifs peuvent exister dans les populations adventices en tant que potentiel de variation génétique de ces espèces. Les fréquences très variables de ces mutations peuvent donc être à l'origine de développement plus ou moins rapide des phénomènes de résistances observés dans les parcelles cultivées.

II.B.1.b.3 Résistance aux herbicides – évolution avec les nouveaux modes d'action

La poursuite des travaux sur la résistance s'est faite sur le même modèle biologique en abordant la problématique sous l'angle de la distribution spatiale. Plusieurs échelles d'étude ont été abordées :

- A l'échelle d'un département français

Un premier travail a été réalisé en 2003 en collaboration avec une coopérative locale et la Chambre d'agriculture de Côte d'Or sur l'importance de la résistance à différents herbicides foliaires (inhibiteurs de l'ACCase : acétyl-coenzyme A carboxylase ; ou de l'ALS : acétolactate synthase) communément utilisés pour lutter contre le vulpin des champs.

A partir de 125 populations prélevées dans des parcelles de blé d'hiver choisies au hasard chez des agriculteurs de villages de Côte d'Or. La résistance a été étudiée par un test biologique non destructif, puis le mécanisme de résistances des plantes a été identifié par une recherche des allèles de résistance.

Tableau 7 : Résultats des tests biologiques sur l'évaluation de la résistance à trois herbicides sur des populations prélevées au champ (ACCase : acétyl-coenzyme A carboxylase ; ALS : acétolactate synthase*).*

Herbicide	Cible	Populations testées	Populations avec des individus résistants	% moyen d'individus résistants par population *(minimum – maximum)*	Populations avec des individus tous sensibles
fenoxaprop	ACCase	125	125	80,1 % *(35 % - 100%)*	0
flupyrsulfuron	ALS	124	121	50,1 % *(0 % - 80%)*	3
clodinafop	ACCase	124	73	18,6 % *(0 % - 93%)*	51

Cette étude [Q ; V] a permis de mettre en avant que la diffusion des gènes de résistance était très importante au point que, pour un des herbicides étudiés – le fénoxaprop, molécule très couramment utilisée depuis 1989 - plus aucune population ne pouvait être considérée à l'échelle spatiale de la Côte d'Or comme un témoin sensible (avec 100% d'individus sensibles – tableau 7).

Dans le cas du fénoxaprop, si le niveau de résistance reste variable, plus des deux-tiers des échantillons présentent plus de 75% de plantes résistantes, ce qui d'un point de vue agronomique, correspond à des situations au champ difficilement gérables.

Pour les autres molécules herbicides testées, le développement de la résistance est moins marqué et il est encore possible de trouver des populations 'sensibles'. Néanmoins la fréquence des plantes résistantes est déjà très élevée, au point de rendre aussi dans ce cas, les molécules 'agronomiquement' inefficaces. Du point de vue du territoire, le changement de réponse à la pression chimique se fait donc à une échelle très vaste.

Pourtant, le travail d'enquête réalisé auprès des agriculteurs n'a pas permis de relier de façon claire les pratiques de désherbage et le pourcentage de plantes résistantes observées. En effet, un pourcentage élevé de plantes résistantes pour un herbicide peut être observé dans des parcelles n'ayant que très peu ou pas été désherbées avec la molécule étudiée. Les flux de gènes à travers le transport du pollen et des semences ont rapidement rendu difficile toute analyse agronomique précise à l'échelle de la parcelle.

- A l'échelle européenne

Dans le but de valider ces premières données spatiales sur la distribution spatiale des gènes de résistance, une seconde enquête a alors été menée à une échelle plus vaste qui correspond globalement à l'aire de distribution du vulpin en Europe.

La structuration de la résistance à la famille des inhibiteurs de l'acetyl-coenzyme A carboxylase a été analysée sur 297 populations de vulpin par la recherche de sept mutations d'ADN conférant la résistance par mutation de la cible à cette famille et par l'utilisation d'un test biologique sur 1000 plantes par population (autres mécanismes de résistance) dans six pays européens.

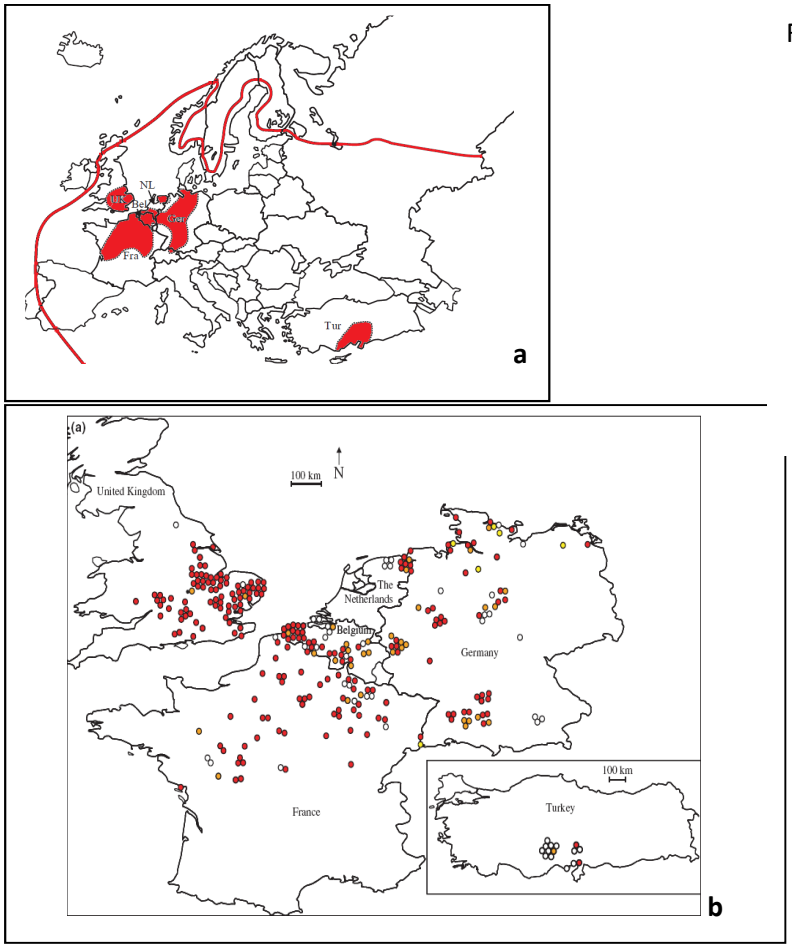


Figure 6 :
a) Distribution géographique du vulpin à l'échelle de l'Europe.
b) Structuration géographique de la résistance au fenoxaprop. Les points de couleurs indiquent la classe de résistance. Blanc : 0% de plante résistante - jaune : de 1–20% de plantes résistantes – orange : de 21–50% de plantes résistantes) - rouge : plus de 50% plantes résistantes.

Tableau 8 : distribution des populations de vulpins suivant leur classe de résistance de 1 (faible niveau) à 4 (niveau élevé de résistance)

Pays	Nombre de populations	Classe de résistance au fénoxaprop			
		1 0 %	2 1 à 20%	3 21 to 50%	4 + de 50 %
France	66	15,2	0,0	6,1	78,8
Grande Bretagne	84	2,4	0,0	2,4	95,2
Belgique	41	17,1	0,0	24,4	58,5
Allemagne	75	14,7	8,0	21,3	56,0
Pays Bas	14	42,9	0,0	14,3	42,9
Turquie	15	80,0	0,0	6,7	13,3
Ensemble des populations	*295*	*16,3*	*2,0*	*11,9*	*69,8*

La résistance à cette famille a été retrouvée sur l'ensemble des zones d'étude. Si l'on considère le seuil de 50% de plantes résistantes par population, on observe un pourcentage de populations 'résistantes' (tableau 8) qui varie de 13 % (Turquie) à plus de 90 % (Grande Bretagne ; figure 6). Du point de vue des mécanismes de résistance, les mutations de cible ne représentent qu'une part mineure des résistances observées et la distribution des allèles ne semble pas répondre à un gradient ou à une répartition précise. Globalement, l'expression de la résistance semble influencée par des pressions de sélection exercées localement par les herbicides avec des variations régionales [EE].

La variation des réponses observées est certainement influencée par la règlementation locale sur l'utilisation des herbicides et le contexte agricole national (dates de semis, rotations particulières, existence de populations résistantes à d'autres herbicides, travail du sol [EE] ...

- Conséquences des flux de gènes

L'ensemble de ces résultats nous a amené à nous intéresser plus globalement aux flux de gènes de résistance entre populations de vulpins. Le vulpin étant présent dans les céréales d'hiver en densités importantes aussi bien dans des parcelles gérées de façon conventionnelle (utilisation de produits phytosanitaires) que dans des parcelles gérées en agriculture biologique (désherbage essentiellement mécanique), il était normal de s'interroger sur l'état des plantes présentes dans les parcelles en agriculture biologique qui ne reçoivent plus de désherbant chimique depuis des périodes plus ou moins importantes [FF]. En se repositionnant à l'échelle d'un département, un échantillonnage de populations de vulpins a été réalisé sur des champs de blé d'hiver gérés suivant les deux systèmes de culture.

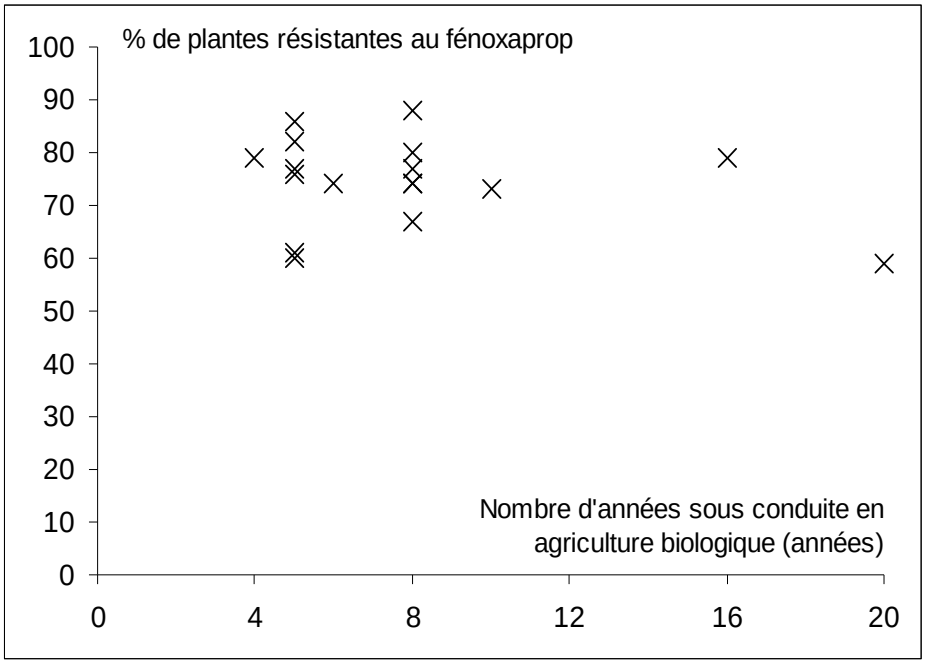
Tableau 9 : pourcentage de plantes résistantes au fénoxaprop dans les systèmes de culture étudiés

Système de culture	Nombre de populations	% de plantes résistantes au fénoxaprop		
		Minimum	Médiane	Maximum
Systèmes sous agriculture biologique	17	59,0	76,0 *	88,0
Système conventionnel	127	13,0	82,0 *	100,0

* : Valeur significatives

La fréquence de plantes résistantes retrouvées sur les parcelles conduites en système biologique (76%) est très élevée (tableau 9) et confirme l'hypothèse de flux de gènes importants d'une parcelle à l'autre. La durée pendant laquelle la population est gérée sans herbicide, ne semble pas influer sur la fréquence des individus résistants dans la population (figure 7) alors que l'hypothèse selon laquelle des parcelles plus récemment gérées en agriculture biologique, contenait plus d'individus résistants semble *a priori* raisonnable.

Figure 7 : Fréquence des plantes résistantes aux herbicides de la famille des aryloxy-phénoxypropionates en fonction du nombre d'années sous conduite en agriculture biologique.



Deux voies de dispersion, par le pollen et par les semences, peuvent expliquer les fréquences observées de gènes de résistance dans les parcelles conduites en agriculture biologique.

- ✓ *Dispersion des gènes par les semences* : les semences de vulpin ne sont que très faiblement dispersées par le vent (anémochorie) et ne sont pas connues comme étant transportées par des animaux (zoochorie). Mais la dispersion des semences peut être favorisée par l'utilisation de différents outils de travail du sol, par les moissonneuses-batteuses au moment de la récolte passant d'une parcelle conventionnelle à une

parcelle conduite en agriculture biologique, par l'utilisation de semences de céréales qui auraient été mal nettoyées ou par une fumure organique (entre deux parcelles conduites en agriculture biologique).

- ✓ *Dispersion des gènes par le pollen* : le vulpin est une plante anémophile, strictement allogame dont le pollen peut passer d'une parcelle à l'autre. Des individus présents dans des parcelles proches, ou dans les bordures, ne peuvent pas être considérés comme isolés dans le paysage agricole et peuvent donc participer à la dispersion des gènes de résistance de proche en proche sur des distances plus ou moins grandes. C'est cette hypothèse qui a été validée par un travail de modélisation.

L'intérêt de ce travail a été de mettre en avant l'existence de flux de gènes importants qui connectent les populations de vulpin entre parcelles. D'un point de vue agronomique, une conséquence singulière de ce travail serait qu'un agriculteur qui décide de maintenir les espèces de la flore adventice à faible densité (=gestion intégrée) va limiter le risque de sélectionner des mécanismes de résistance par ses propres pratiques mais risque de favoriser le transfert des gènes de résistance des populations voisines potentiellement résistantes à forte densité (compétition pollinique) vers ses propres plantes. La résistance aux herbicides et, par extension, tout trait adaptatif fortement sélectionné, ne devrait donc pas se gérer uniquement à l'échelle de la parcelle, mais à des échelles plus larges en prenant en compte l'échelle paysagère. L'objectif serait alors de maintenir des populations à de faibles niveaux de densités sur l'ensemble du paysage [FF].

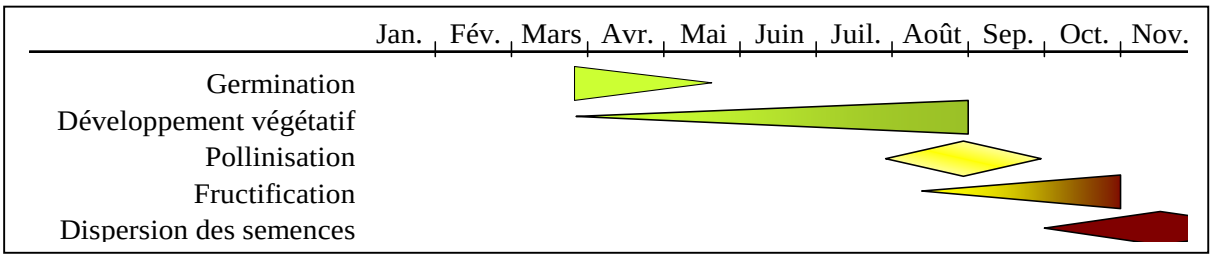
Dans ce cas, il semblerait que la réduction des risques d'adaptation des adventices aux pratiques culturales pourrait passer par un désherbage qui devrait être raisonné de manière collective, à l'échelle d'au moins quelques km² [KK]. Cette suggestion, qui heurte certainement le libre choix des agriculteurs, entre aussi en conflit avec le principe de la lutte intégrée qui préconise des interventions « à la parcelle », en fonction de la flore adventice effectivement présente. Toutefois, cette question d'une gestion concertée à l'échelle du paysage est actuellement d'actualité dans le cas des espèces végétales envahissantes comme de l'ambroisie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia* L.) ou la mise en place des variétés tolérantes aux herbicides (Beckert et al. 2011). Dans le cadre de travaux de recherche à l'échelle des paysages agricoles, ce type de réflexion mérite certainement d'être réfléchie et développée pour différents types de problèmes agronomiques.

II.B.2 le cas du l'ambroisie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia* L.).

L'ambroisie à feuilles d'armoise (*A. artemisiifolia* L.) est aujourd'hui reconnue comme une des principales plantes envahissantes en France (Muller 2004). Originaire d'Amérique du Nord, les premières introductions vers 1863 sont liées à des importations de trèfle violet (*Trifolium pratense* L. ; [P]). Par la suite, de nombreuses introductions ont eu lieu au cours du 20e siècle partout en France [NN]. L'ambroisie à feuilles d'armoise (appelée ambroisie dans le reste du document) est particulièrement présente dans la vallée du Rhône, mais progresse actuellement vers le nord (Bourgogne), vers le sud (nord du Languedoc) et vers l'ouest (Poitou-Charentes). Cette espèce annuelle est surtout connue par le grand public du fait des allergies qu'elle provoque (Déchamp et Méon 2002) et, à un degré moindre, du fait des problèmes de gestion que cette adventice annuelle pose dans les milieux cultivés (Chollet et al. 1998). La dispersion des semences de l'ambroisie est principalement liée à des facteurs anthropiques (transports de matériaux, machines agricoles) et à

une dispersion par les cours d'eau. Cette espèce annuelle germe au printemps et boucle son cycle en produisant des semences au mois d'octobre (figure 8).

Figure 8 : cycle de l'ambroisie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia* L.) [10].



Les travaux réalisés sur l'ambroisie ont eu pour objectifs de mettre en avant les caractéristiques biologiques et écologiques pouvant expliquer le succès de cette espèce. Considérée aussi comme envahissante dans sa zone d'origine (Bassett et Crompton 1975), l'ambroisie est décrite comme une plante pionnière qui ne résiste pas à la concurrence liée à la fermeture du milieu. Cette espèce à germination printanière, à production de semences très tardive, montre une grande tolérance à la sécheresse et au stress causé par le sel au bord des routes (DiTommaso 2004). Réalisés en grande partie dans le cadre d'une thèse (Fumanal 2007), les travaux ont porté sur une meilleure caractérisation de l'ensemble du cycle de la plante.

II.B.2.a Adaptation à une large amplitude de types de sol et mycorhization

Une étude réalisée sur des populations d'ambroisie sur un gradient nord-sud dans le couloir rhodanien a montré que si l'espèce était retrouvée préférentiellement sur des sols à dominance sableuse, la plante était en fait capable de se développer sur des milieux extrêmement variables en termes de texture, pH ou en teneur en éléments nutritifs, etc.

> *Les racines de 671 plantes prélevées sur 35 populations d'ambroisie ont été collectées sur différents habitats en France afin de vérifier l'existence de mycorhizes. Une expérimentation en serre a permis de vérifier le rôle positif de la symbiose dans la croissance des plantes.*

La texture du sol ne constitue donc pas une limitation à l'implantation de l'espèce, ce qui permet à l'ambroisie de s'introduire et de coloniser tous types de milieux perturbés et plus particulièrement tous les milieux liés aux activités humaines (tableau 10). Par la suite, son aptitude à produire des semences, malgré des niveaux élevés de perturbations de stress, assure sa dispersion dans des milieux proches.

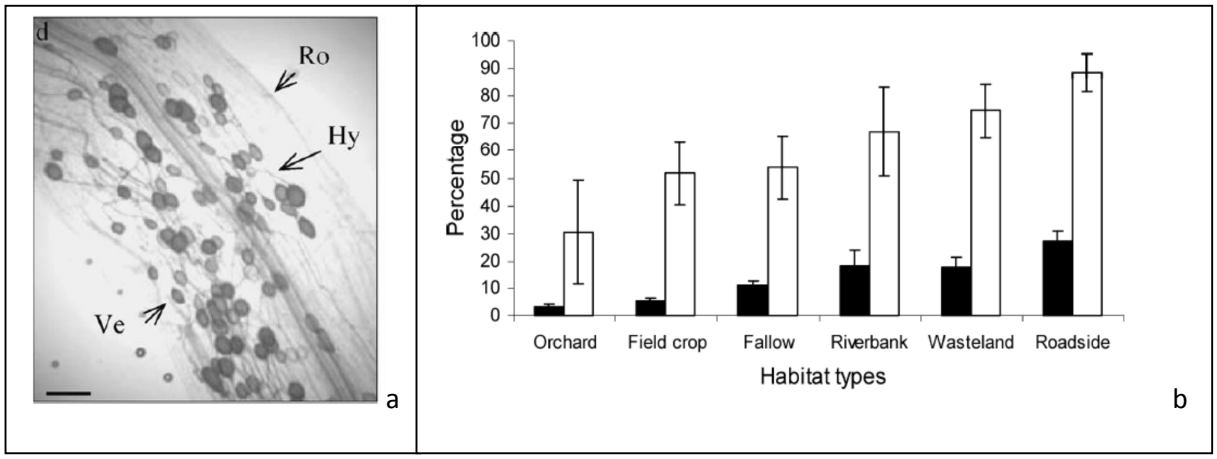
Tableau 10 : caractérisation des sols des habitats dans lesquels des ambroisies à feuilles d'armoise [S]. CV : coefficient de variation.

	Minimum	Médiane	Maximum	CV (%)
Argile % (<2 μm)	1,8	14,7	42,8	65,7
Limon % (2 – 50 μm)	0,8	23,8	64,0	62,7
Sable % (50 – 2000 μm)	11,5	62,4	97,4	45,5
Azote (g/kg)	0,1	1,4	1,9	75,9
Rapport C/N	0,7	10,7	14,3	54,4
pH (KCl)	4,1	7,7	7,9	14,8
Matière organique (g/kg)	0,6	26,8	46,6	100,1
CaC03 (g/kg)	0,2	94,1	761,0	119,0

Il a été possible de montrer que cette aptitude à se développer sur tous les types de milieux même très pauvres en ressources nutritives, était favorisée par des associations endomycorhiziennes. (avec des champignons tels que *Glomus constrictum, Glomus mosseae, Scutellospora sp.* ; figure 9). Sur un échantillon de 34 populations d'ambroisie, la présence de champignons endomycorhiziens a été retrouvée sur 94 % de ces populations avec un gradient entre les populations agricoles (faiblement endomycorhizées) et des populations des milieux abandonnés où la mycorhization est importante [S].

Il est donc très probable que la capacité d'invasion de l'ambroisie soit facilitée par cette symbiose et par cette capacité à occuper des milieux pauvres d'un point de vue ressources trophiques où ne s'exerce qu'une très faible compétition des communautés végétales à partir desquelles l'espèce va pouvoir potentiellement se disperser.

Figure 9 : a – Mise en évidence de la présence d'une association endomycorhizienne (Ro : racine, Hy : hyphes mycéliens, Ve : vésicules) ; b - Présence de champignons endomycorhyziens chez l'ambroisie à feuilles d'armoise (■) et fréquence de plantes endomycorhizées par population (□) dans différents types d'habitats



II.B.2.b. Poids des semences

Comme cela peut être observé pour de nombreuses espèces thérophytes, il existe chez *A. artemisiifolia* une variabilité importante de la morphologie des semences qui est susceptible de conférer à l'espèce une meilleure capacité d'adaptation au changement de milieu.

La variabilité du poids des akènes a été testée sur six populations d'ambroisies. Un échantillon de 30 akènes par plante a permis la mesure individuelle du poids des akènes (15 plantes par population).

Il a été observé que le poids des akènes varie de 1,72 à 4,28 mg suivant les populations avec une variabilité entre plantes (plus de 60 % de la variance totale), à l'intérieur d'une même population (plus de 20 %) entre les populations (plus de 14% ; tableau 11). D'un point de vue général, le poids d'une semence est considéré comme représentant un compromis dans la stratégie d'occupation des milieux par une espèce végétale (Leishman et al. 2000). Dans le cas de l'ambroisie, la variabilité de la taille et de la masse des semences pourrait expliquer son aptitude à coloniser des milieux qui sont soit soumis à des perturbations régulières du sol (milieu cultivé), soit soumis à des perturbations irrégulières (berges de rivières) ou soit des milieux avec une faible perturbation (bords de route).

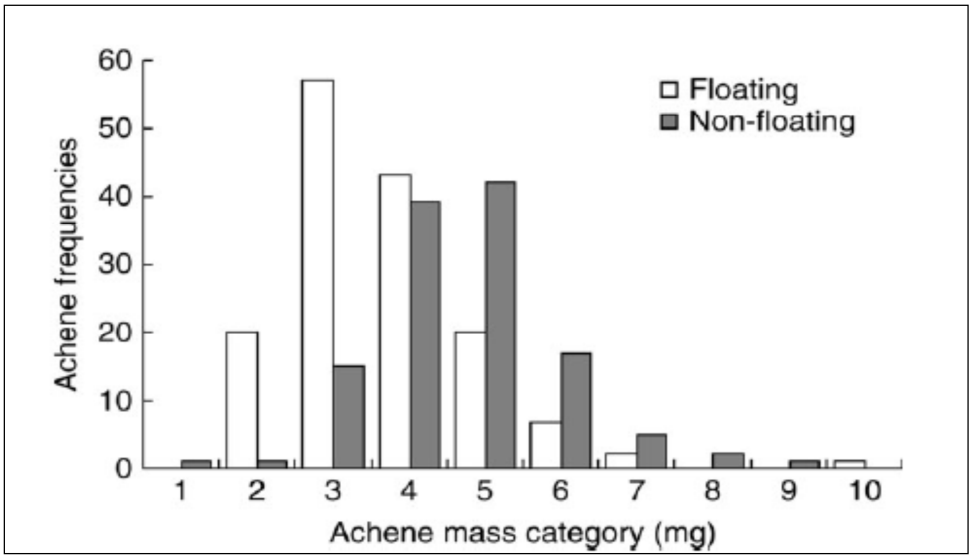
Dans le cas de l'ambroisie, cette variabilité s'accompagne d'une caractéristique importante pour la dispersion l'espèce. Le poids important des semences d'ambroisie et leur forme exclut pratiquement toute dispersion par le vent. Les protubérances (« épines ») observées sur les akènes ne semblent pas permettre un accrochage suffisant pour l'exozoochorie et aucune preuve d'endozoochorie n'a été démontrée en France. Aussi, c'est essentiellement par des vecteurs de l'activité humaine (déplacement de terres, moissonneuses-batteuses, …) que les semences de l'ambroisie.

Tableau 11 : Poids moyen des akènes d'ambroisie en fonction des populations étudiées. (30 semences/ plante, 15 plantes/ population ([W] ; Guillemin, communication personnelle)

	Poids moyen d'un akène (mg)	Ecart type	Variabilité	Coefficient de variation (%)
Population 1	1,72	0,04	0,4 – 6,6	88,8
Population 2	3,07	0,08	0,2 – 9,8	73,4
Population 3	3,08	0,08	0,2 – 7,6	75,8
Population 4	3,28	0,08	0,4 – 7,7	45,2
Population 5	3,48	0,07	0,3 – 8,0	43,8
Population 6	3,60	0,06	0,4 – 7,2	40,2
Population 7	4,08	0,05	1,2 – 7,7	34,6
Population 8	4,10	0,05	1,1 – 8,0	33,4
Population 9	4,21	0,04	0,9 – 9,0	30,2
Population 10	4,28	0,09	1,3 – 9,1	60,7

Toutefois, il nous a été possible de montrer que les semences d'ambroisie étaient capables de flotter [W]. Deux sortes d'akènes semblent exister chez cette espèce : 50% des akènes sont capables de flotter de 3,5 à 10,5 heures suivant les populations, mais la majorité des akènes (90 %) coule après 24 heures dans l'eau (figure 10). Il est apparu que les akènes flottants sont plus légers et germent plus vite que les akènes non flottants. De plus, dans nos conditions expérimentales, les plantes qui sont issues d'akènes capables de flotter ont une meilleure croissance initiale que ceux issus d'akènes non flottants.

Figure 10 : distribution de la masse des akènes collectés (mg) sur différentes populations en fonction de leur aptitude à flotter (□ : semences flottantes ; ■ : semences non flottantes)



C'est donc un ensemble de caractéristiques qui confère à l'ambroisie son aptitude à étendre son aire de répartition en France. Des travaux réalisés par des équipes étrangères sur l'aptitude à tolérer les pratiques de fauches (Simard et Benoît 2011 ; Delabays et al. 2008), à coloniser et à se déplacer suivant les linéaires de circulation (Vitalos et Karrer 2009) ou à résister aux herbicides (résistance presque exclusivement observée sur le continent nord-américain (Taylor et al. 2002) mettent en avant un ensemble de facteurs qui contribue séparément ou conjointement à favoriser son extension. Toutefois il reste difficile de savoir si ces différents points sont suffisants pour expliquer le succès de l'espèce. Parmi les hypothèses à tester, la taille de la semence de l'ambroisie, supérieure à la moyenne des autres espèces de la communauté des mauvaises herbes, pourrait contribuer au succès de cette espèce dont la production de semences est relativement faible proportionnellement à d'autres adventices (au maximum quelques milliers de semences par plante).

D'un point de vue écologique, peu de barrières semblent exister pour limiter l'extension de l'ambroisie en France. Les froids précoces semblent le seul facteur « abiotique » qui, en réduisant la production de semences, a jusqu'aujourd'hui limité le développement de l'espèce. Il serait alors intéressant d'utiliser le gradient de latitude existant en Europe et plus particulièrement en France pour acquérir des données en vue de simuler le développement de l'espèce au cours de ces prochaines années suivant des scenarii climatiques de changement de climat.

II.B.2.c. Ambroisie et désherbage

La présence de l'ambroisie en forte densité dans les zones non agricoles a amené à s'interroger sur l'efficacité du désherbage chimique dans ce type de milieu. Ces travaux réalisés en collaboration avec C. Gauvrit ont concerné essentiellement des herbicides non sélectifs de type glyphosate et glufosinate [GG].

> *Réalisées en situation de terrain, ces expérimentations avaient pour objectifs d'estimer les limites du désherbage chimique (conditions limitantes d'efficacité) et d'approfondir les connaissances sur la biologie de l'espèce. L'efficacité des molécules chimiques a été mesurée par le nombre de plantes survivantes mais aussi par la production de semences et la viabilité des semences récoltées.*

Il a été montré que le désherbage chimique est efficace en situation de non culture, même à demi-dose autorisée, sur divers stades de développement (plus de 90% d'efficacité). Toutefois, on peut observer sur les stades précoces en situation de forte infestation, qu'après destruction totale du couvert, de nouvelles ambroisies qui se développent de façon importante du fait de l'ouverture du milieu. Par contre, si l'application de ces herbicides intervient au stade bouton floral, cette action, même unique, permet d'empêcher à la fois la production de pollen et de semences [HH].

De plus, si ces résultats indiquent une gestion possible de l'espèce par des herbicides à impacts toxicologiques et écotoxicologiques limités en interculture, bords de route ou en zones péri-urbaines, il reste néanmoins le problème de la gestion des zones « naturelles » (lits de rivières méditerranéennes, gravières …) où l'emploi d'herbicides n'est pas envisageable pour des raisons environnementales. Plus globalement, le succès de l'ambroisie ne s'explique donc pas par une tolérance particulière au désherbage chimique.

II.C. Quelles utilisations des pratiques culturales pour répondre à la capacité d'adaptation des mauvaises herbes : quels intérêts d'étudier les traits de ces espèces adventices ?

Les connaissances acquises sur les capacités d'adaptation des mauvaises herbes peuvent avoir deux types d'utilisation :

- D'une part de développer localement des programmes de conservation d'espèces rares (messicoles en régression – *Cyanus segetum* Hill.) comme cela est aujourd'hui le cas dans le Projet de plan national d'action en faveur des plantes messicoles développé par le ministère de l'Ecologie du développement durable et de l'énergie (http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/PNA_messicoles.pdf). Le principe est de mettre en place des habitats agricoles favorables (cultures, rotation) au développement de ces espèces sténoéciques.
- D'autre part de permettre de développer des pratiques culturales permettant de limiter pour certaines espèces les plus agressives, des augmentations de densités trop importantes incompatibles avec une gestion durable des parcelles. C'est dans ce dernier axe de recherche que j'ai consacré une partie de mon travail de proposition de systèmes

de culture intégrés pour la gestion des mauvaises herbes en travaillant sur une espèce modèle : le vulpin des champs (*Alopecurus myosuroides* Huds.).

II. C. 1 Effets de systèmes de cultures

La mise en place de systèmes de culture intégrés est un des objectifs majeurs développés par l'Inra depuis le milieu des années 1990. Ces systèmes, qui visent à gérer une composante biotique (mauvaises herbes, agents phytopathogènes …) sous contraintes de réduction des intrants (systèmes à bas intrants), sont basés sur des raisonnements multi-critères intégrant à la fois des objectifs agronomiques, économiques et environnementaux de façon à obtenir une production suffisante pour assurer un revenu correct à l'agriculteur. Les pratiques mises en place sont choisies en fonction des connaissances des traits de la cible biologique visée (maladies, espèces adventices …) et de son adaptabilité. Ces systèmes sont généralement réalisés sur des plates-formes expérimentales (*https://www.dijon.inra.fr/les_recherches/plateformes_experimentales/domaine_experimental/systemes_de_culture_pic*) dans l'objectif de pouvoir tester des pratiques culturales innovantes qui sortent des pratiques habituelles des agriculteurs.

Dans le cas étudié ci-après, le travail a été réalisé suite à la demande d'une coopérative agricole locale (Dijon Céréales) qui se trouvait face à des niveaux de désherbage insuffisants sur *A. myosuroides*. Des tests réalisés par traitement en serre à partir d'échantillons prélevés sur le terrain ont montré que la population était composée en grande partie de vulpins résistants au fénoxaprop (herbicide foliaire). Le projet a donc consisté, à partir des connaissances biologiques acquises sur l'espèce, de proposer différentes combinaisons de pratiques culturales permettant de répondre au problème rencontré localement. L'essai a été facilité par les travaux déjà réalisés sur les traits de réponse de l'espèce étudiée aux pratiques non chimiques, issus de données plus ou moins anciennes (Moss 1990 ; Gournay (de) X 1963).

> *Le projet a nécessité la mise en place d'un type d'essai original dans le domaine de la gestion de la flore adventice. Réalisé in situ par l'agriculteur, le protocole a nécessité un certain nombre d'étapes préalables de validation auprès de l'agriculteur et du technicien-conseil pour pouvoir mettre en place un tel essai, sans pour autant perdre de vue les objectifs scientifiques. D'un point de vue scientifique, la décision de ne pas mettre en place des répétitions a été faite dans l'objectif de conserver une taille réaliste des parcelles dans lesquelles seraient réalisés les différents systèmes (110 * 20 m). L'absence de répétions implique un abandon des comparaisons statistiques des densités de chaque parcelles au profit d'un simple classement des systèmes étudiés.*

Les six années d'expérimentation ont montré un effet rapide des itinéraires techniques préconisés sur la densité de vulpin avec une très forte réduction de la population de vulpins résistants, quel que soit le système mis en place [I ; AA]. Toutefois, l'utilisation intégrée et combinée des pratiques non chimiques (labour (CV1), faux semis (CV3), diversification de la rotation (NW2 et NW3)) a permis un contrôle plus rapide de la population de vulpins à la récolte (tableau 12). L'insertion de cultures de printemps avec des pratiques de mécaniques (NW1) peut même faire disparaitre la plante une année donnée (NW2). En jouant sur les pratiques et les traits de réponse, des densités allant de 0 à 14 plantes au m² étaient observés dans les différents systèmes au bout de six années d'essai (plus de 300 plantes/m² étaient observées au départ de l'expérimentation).

Tableau 12 : densité (plantes/m²) sur les six années d'étude

	96–97			97–98			98–99			99–00			00–01			01–02		
	Ncp	S1	S2	Ncp	S1	S2	Ncp	S1	S2	Ncp	S1	S2	Ncp	S1	S2	Ncp	S1	S2
CV1	Ne	391.14	113.24	73.20	96.62	16.80	132	9.33	0.75	0	0.82	0.75	0.5	2.20	1.50	48.1	32.66	7.10
CV2	Ne	58.47	25.49	18.00	8.51	0.01	4.75	0.82	0.002	0	0.00	0.25	0	0.27	0.03[a]	3.2	0.25	0.02[a]
CV3	Ne	239.08	32.35	18.80	46.39	12.00	150.5	28.82	1.75	0	2.47	2.75	7.5	4.67	3.00	198.2	73.29	5.44
CV4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0	0.55	1.00	1	1.92	1.75	38.5	50.78	13.74
NW1	2354.8	13.45	5.39	92.00	30.20	0.10	18.25	1.92	0.008	6	0.00	0.006[a]	0	0.02	0.00[a]	0	0.00	0.02[a]
NW2	2752.5	39.53	13.73	67.2	18.66	0.10	8.5	1.37	0.001	6	0.00	0.001[a]	0	0.00	0.00[a]	0	0.00	0.00[a]
NW3	1369.9	17.29	19.12	88.80	14.55	1.70	63.08	10.43	2.35	24.5	3.02	0.043[a]	0	2.20	1.25[a]	20.8	15.65	5.51
NW2b/ NW4	2752.5	32.66	19.61	92.4	16.74	0.01	33.5	0.27	0.001	6	0.00	0.012[a]	0	0.00	0.00[a]	0	1.65	1.75

Les pratiques non chimiques correctement positionnées dans la rotation, peuvent, pour cette espèce, pallier des baisses d'efficacité du désherbage chimique et éviter l'apparition de fortes densités qui peuvent exiger des traitements complémentaires. Ces pratiques permettent une gestion préventive en compensant les années qui sont défavorables en positionnant l'application des techniques curatives sur des densités plus faibles de la plante.

Le choix des stratégies chimiques a été réalisé en fonction des connaissances acquises sur la biologie de la plante et sur l'efficacité théorique (expertise scientifique sur les résistances croisées) et locale des produits (expertise du technicien conseil) ce qui a permis d'avoir une efficacité optimale, sans doute supérieure à celle observée dans une situation classique. Si on peut penser que l'essai a atteint ses objectifs de départ (réduction de la densité de vulpin allant jusqu'à la disparition de la plante sur un système), cette plate-forme a aussi permis de tester un certain nombre d'hypothèses comme celles du "redémarrage" de la densité de plantes résistantes par des pratiques favorisantes (CV4 ; NW4). Si l'hypothèse d'une très faible différence de fitness entre individus résistants et sensibles laissait penser que les gènes de résistance étaient toujours bien présents, il était intéressant de montrer sur l'essai l'impossibilité de réutiliser avec efficacité la famille d'herbicides concernés par la résistance.

D'un point de vue agronomique, nous avons eu la possibilité de pouvoir tester au champ un certain nombre d'hypothèses concernant, d'une part les interactions entre la biologie de cette mauvaise herbe et les pratiques culturales et, d'autre l'effet cumulatif des techniques utilisées. Cette plate-forme a servi de vitrine au niveau régional, ainsi qu'un seconde zone d'essai similaire réalisée en collaboration avec l'équipe du domaine d'Epoisses [4], visitées par plusieurs groupes d'agriculteurs. L'intérêt du dispositif a été de confronter une démarche scientifique à la réalité de terrain, en recueillant les ressentis des agriculteurs.

Globalement, l'essai réalisé à Lux, que l'on peut considérer comme étant scientifiquement à risque et fortement consommateur de temps (six années continues de suivi) a fait l'objet de deux publications sur l'effet des pratiques sur l'évolution des densités [I ; AA], et a servi à valider trois articles portant sur des travaux de modélisation par le jeu de données apporté [M ; U, JJ].

II. C. 2 Insertion de nouveaux éléments dans l'agrosystème : les bandes enherbées

La conditionnalité des aides agricoles a contraint les agriculteurs à installer en bordure de leurs parcelles des linéaires herbacés dans l'objectif de protéger les cours d'eau de l'érosion hydrique des sols et des pollutions diffuses (entraînement des molécules phytosanitaires et des engrais par

ruissellement et/ou par dérive). Dénommées « bandes enherbées », ces zones herbacées de cinq mètres de large, mises en place sans contrepartie financière, sont exemptes de tout désherbage chimique, de fertilisation et de travail du sol. Mis en place pour des raisons environnementales, le rôle potentiel de ces linéaires pour la flore adventice a été étudié lors d'une thèse (Cordeau, 2010 – co-encadrement, direction X. Reboud). Le rôle de ce nouvel habitat dans le paysage agricole peut être envisagé de plusieurs points de vue au regard de ses conséquences sur les communautés adventices :

- Ces zones peuvent être considérées potentiellement comme un refuge potentiel pour certaines espèces de la flore adventice ;
- A l'opposé, elles peuvent être considérées comme des « réservoirs » de mauvaises herbes avec une forte potentialité de dissémination dans les parcelles cultivées voisines augmentant le risque malherbologique pour les agriculteurs [JJ].

Plus globalement, ces linéaires, situés en bord des champs, posent un questionnement quant à leur statut d'un point de vue de la diversité des communautés végétales que l'on peut y trouver. Quels sont les traits généraux qui permettront aux espèces adventices de s'y installer et d'y survivre ? Cette zone exempte de traitement herbicide constitue-t-elle un habitat supplémentaire pour les espèces adventices en régression dans les milieux cultivés ? Pour la flore adventice, ces zones interstitielles vont-elles constituer des corridors de dispersion ?

II. C. 2. a Quelle flore dans les bandes enherbées ?

Afin d'identifier la flore présente dans les bandes enherbées, des relevés floristiques ont été réalisés sur des bandes enherbées situées sur la zone atelier « Plaine & Val de Sèvres » (CNRS de Chizé - 79) et sur la zone atelier de Fénay (Inra de Dijon – 21).

Les relevés floristiques indiquent que ces bandes étudiées hébergent au total 187 espèces non semées avec 26 espèces en moyenne par bande (6 à 50 espèces) dont 89,9% sont des espèces potentiellement présentes dans les parcelles cultivées (48,9% étant considérées comme « fréquentes » dans les champs). Les bandes enherbées constituent des milieux favorables pour 31 de ces espèces qui ont une fréquence supérieure à 30% (tableau 13). A côté de ces espèces de base, beaucoup d'espèces ont été retrouvées à de faible fréquence (76 espèces « rares » avec une fréquence inférieure à 5%). Du point de vue du nombre d'espèces, les bandes sont globalement au moins deux fois plus riches que les parcelles cultivées voisines.

Parmi les espèces les plus fréquentes (Tableau 13), de nombreuses espèces de la famille des Astéracées ont la particularité de disperser leurs semences par le vent (*Cirsium arvense, Sonchus asper Taraxacum* sect. *vulgaria* …). On y rencontre également des espèces de zones humides du fait de la proximité d'habitats favorables à ces espèces (*Dipsacus follunum, Carex* sp.*)*. Il est observé une évolution assez rapide de la communauté végétale avec une réduction des espèces annuelles au profit d'espèces bisannuelles et pluriannuelles (DD ; figure 11).

Tableau 13 : caractéristiques des 20 espèces les plus fréquentes dans les bandes enherbées [DD].

Rang	Nom vernaculaire	Nom latin	Famille botanique	Cycle de vie	Chizé (79)	Fénay (21)
					Fréquence (%)	Fréquence (%)
1	Chardon des champs	*Cirsium arvense*	Asteraceae	Vivace	83.0	100.0
2	Liseron des champs	*Convolvulus arvensis*	Convolvulaceae	Vivace	88.7	83.3
2	Laiteron rude	*Sonchus asper*	Asteraceae	Annuelle	84.9	91.7
4	Pissenlit	*Taraxacum* sect.*vulgaria*	Asteraceae	Vivace	81.1	75.0
5	Picris fausse-épervière	*Picris hieracioides*	Asteraceae	Vivace	84.9	62.5
6	Ronce	*Rubus sp.*	Rosaceae	Vivace	66.0	66.7
7	Dactyle aggloméré	*Dactylis glomerata*	Poaceae	Vivace	50.9	83.3
8	Helminthie fausse vipérine	*Picris echioides*	Asteraceae	Vivace	81.1	8.3
9	Cabaret des oiseaux	*Dipsacus follunum*	Dipsacaceae	Vivace	54.7	41.7
10	Chiendent rampant	*Elytrigia repens*	Poaceae	Vivace	47.2	54.2
11	Laitue scarole	*Lactuca serriola*	Asteraceae	Vivace	56.6	25.0
11	Verveine officinale	*Verbena officinalis*	Verbenaceae	Vivace	56.6	25.0
13	Torilis des champs	*Torilis arvensis*	Apiaceae	Annuelle	62.3	8.3
14	Avoine à chapelet	*Arrhenatherum elatius*	Poaceae	Vivace	50.9	29.2
14	Crépis à feuille de pissenlit	*Crepis vesicaria*	Asteraceae	Annuelle	52.8	25.0
16	Liseron de haies	*Calystegia sepium*	Convolvulaceae	Vivace	32.1	66.7
16	Chardon vulgaire	*Cirsium vulgare*	Asteraceae	Vivace	45.3	37.5
18	Millepertuis perforé	*Hypericum perforatum*	Clusiaceae	Annuelle	43.4	33.3
19	Rumex à feuilles obtuses	*Rumex obtusifolius*	Polygonaceae	Vivace	41.5	37.5
20	Trèfle rampant	*Trifolium repens*	Fabaceae	Vivace	39.6	41.7

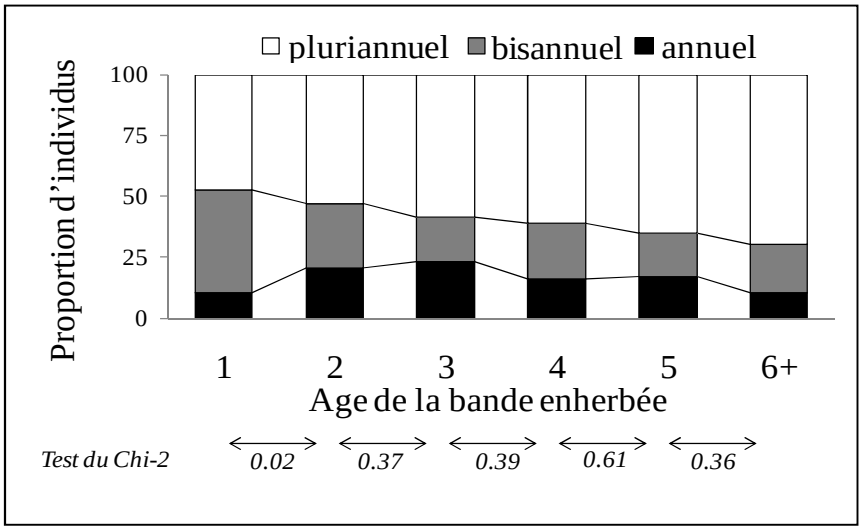


Figure 11 : proportion de plantes pluriannuelles, bisannuelles et annuelles selon l'âge de la bande enherbée (en année depuis son implantation).

II.C.2.b Effet des bandes enherbées sur la dispersion des espèces à partir des bordures

Parmi les craintes évoquées par les agriculteurs vis-à-vis du risque malherbologique lié à la mise en place des bandes enherbées, figure le problème d'envahissement d'espèces (dispersion naturelle) potentiellement favorisées par le non-désherbage chimique depuis la bande enherbée.

Ce risque potentiel a été quantifié par des relevés floristiques sur des transects de quadrats juxtaposés de 0.25 m², perpendiculaires à la bordure et allant jusqu'à 30 m à l'intérieur du champ. Sur chaque parcelle ont été comparés un coté de la parcelle cultivée jouxté par une bande enherbée et un côté jouxté par une bordure herbacée classique.

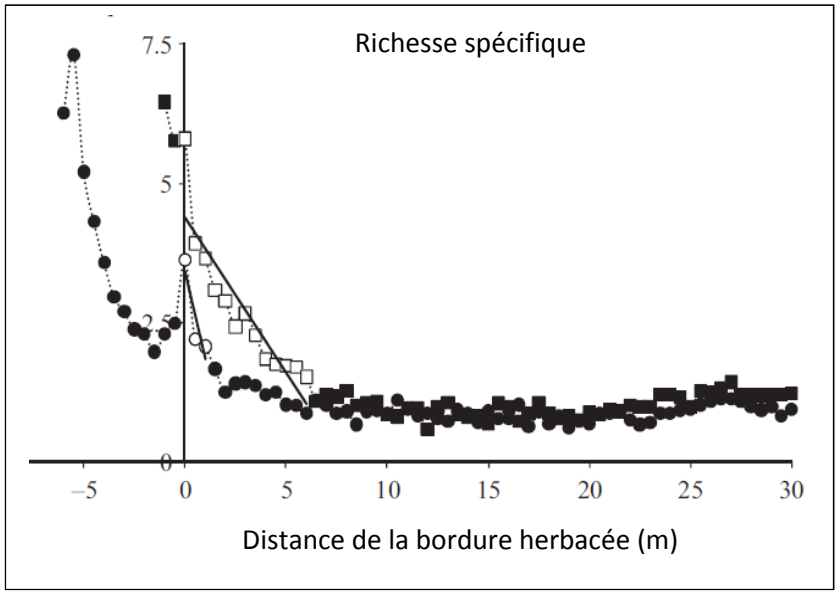


Figure 12 : distribution de la richesse spécifique en relation avec la distance à la bordure herbacée en fonction de la présence ● ou de l'absence ■ d'une bande enherbée. Quadrats où la bordure herbacée ○ ou bande enherbée□ influencent la flore du champ

Le dénombrement des espèces le long du transect vers le centre de la parcelle montre que la mise en place des bandes enherbées réduit le nombre d'espèces adventices dans les premiers mètres de la parcelle (figure 12). En effet, en absence de bande enherbée, la bordure extérieure du champ semble avoir une influence sur la composition de la flore du champ jusqu'à 6,5 m (richesse spécifique plus élevée) alors que, en présence d'une bande enherbée, cette distance tombe à 1,5 m (figure 12) ; [PP].

Les bandes enherbées, en tant qu'habitats non perturbés par le travail du sol, constituent une zone favorable aux espèces végétales habituellement présentes dans les bordures herbacées (*Plantago lanceolata*, *Arrhenatherum elatius*, *Carex* sp.) et peuvent même constituer une zone tampon pour des espèces annuelles telles que *Sonchus asper ou Anagallis arvensis*. L'ensemble de nos résultats indiquent que seules quelques espèces adventices – *Cirsium arvense*, *Bromus* sp., *Elytrigia repens*) semblent favorisées par la mise en place de ce nouvel habitat.

II. C. 2.c Effet indirect de la mise en place de bandes enherbées

D'un point de vue agronomique, les bandes enherbées ne semblent pas poser de problèmes, leur positionnement sur le bord de la parcelle peut poser une question plus globale de gestion diversité des communautés végétales [QQ]. En effet, les bords intérieurs des parcelles, par la plus faible pression des herbicides qui y est généralement observée, peuvent servir de zones refuge à des espèces rares (espèces messicoles). Aussi, la mise en place d'un couvert compétitif sur ces zones peut être problématique, les espèces présentes sous forme de semences dans le stock n'ayant plus alors qu'une faible possibilité de s'exprimer (Marshall, 2009). Dans un certain nombre de cas,

l'implantation de ces bandes – mesure environnementale ayant pour objectif de protéger les eaux de surface - pourrait donc constituer une menace pour un certain nombre d'espèces dont les populations seraient confinées au bord des parcelles (effet négatif sur la diversité des communautés végétales, plus particulièrement sur des espèces rares).

II. D. Approches historiques

Au cours des différents travaux réalisés, j'ai été amené à me poser la question du fonctionnement global des parcelles cultivées et de l'agrosystème au cours des dernières décennies précédentes, afin de resituer le sujet d'étude (communauté adventice, pratiques culturales, espèces envahissantes) dans un contexte plus général. J'ai été amené à développer de façon sporadique des approches de type « historique» que j'ai choisies de présenter séparément dans le document

Replacer l'évolution des communautés adventices dans un plan historique, même récent, n'est pas aisé. L'histoire de ces espèces varie beaucoup suivant leurs origines (archéophytes, anciennes espèces cultivées, plantes des lisières, néophytes …) et dans un article de synthèse pour la revue "pour la science" sur les invasions végétales dans les milieux cultivés [20], toute la complexité de cette histoire a été soulignée. L'arrivée des céréales cultivées au néolithique, a été accompagnée par un cortège de plantes 'sauvages' (coquelicots, bleuet, miroir de vénus ou adonis), issues des mêmes zones géographiques et qui ont profité de l'ouverture des milieux réalisés pour occuper de nouveaux territoires (Baker 1965 ; Jauzein 1997). Toutes ces espèces font maintenant partie intégrante de notre patrimoine végétal, bien qu'ayant été d'anciennes espèces envahissantes. Toutefois l'histoire de ces communautés anciennes ou récentes reste très floue du fait de descriptions souvent peu informatives. Les ouvrages français tournés vers la connaissance des mauvaises herbes sont peu nombreux (Jussiaux et Péquignot 1962) et beaucoup d'affirmations sur la composition ancienne des communautés de mauvaises herbes sont basées sur des données rares voire sur des visions quelquefois idéalistes de la flore des champs cultivés. Les travaux réalisés récemment par G. Fried autour du réseau biovigilance constituent une exception avec l'apport de données chiffrées très précieuses avec des comparaisons sur une quarantaine d'années (Fried et al. 2005 ; [CC] ; [175]). A l'opposé, il existe une bibliographie anglo-saxonne très- fournie avec la sortie régulière d'ouvrages autour de la malherbogie : Klingman et Ashton 1975 ; Naylor 2002 ; Holzner et Numata 1982 ; Cousens et Mortimer 1995 ; … avec un historique qui est sans doute mieux renseigné.

II. D.1. Historique de l'introduction et du développement de l'ambroisie en France

Parmi les espèces envahissantes arrivées plus récemment en France, l'ambroisie à feuilles d'armoise (A. artemisiifolia) a fait l'objet d'une approche historique plus particulière en utilisant d'une part les informations contenues sur les parts des collections d'herbiers de plus de cinquante sites principalement en France [O ; P], d'autre part en réalisant une étude bibliographique la plus complète possible à partir des données naturalistes de 1860 à aujourd'hui [OO].

L'analyse des parts d'herbiers indique une zone initiale d'introduction de la plante au XIXe siècle (vallée de l'Allier, région de Lyon), puis une extension lente à partir de ces zones mais aussi

l'introduction de la plante en de nombreux autres endroits indépendamment des zones originelles (figure 13).

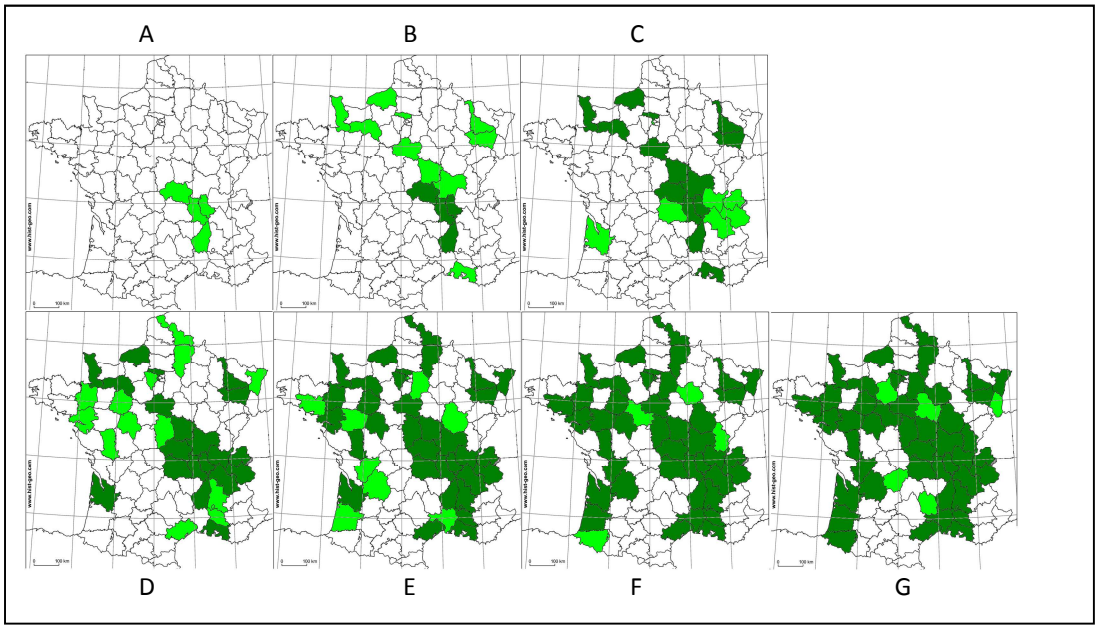


Figure 13 : Evolution de l'occupation du territoire au cours du temps réalisée à partir des spécimens d'herbier récoltés dans 157 localités en France. En vert foncé les départements où la plante a déjà été signalée et en vert clair, les nouveaux départements. A : avant 1880; B : de 1880 à 1900 ; C : de 1900 à 1920 ; D : de 1920 à 1940 ; E : de 1940 à 1960; F : de 1960 à 1980 ; G : de 1980 à 2006).

En complément de ce travail de cartographie historique, nous avons pu montrer une évolution au cours du temps des habitats occupés par la plante : on peut noter que l'ambroisie a tout d'abord été identifiée principalement au cours des trente premières années dans des parcelles cultivées. L'ambroisie semble ensuite occuper les milieux rudéraux et les voies de communication. Les habitats anthropisés prennent ensuite de plus en plus d'importance au point de devenir majoritaires dans les observations récentes de certaines régions. Les berges des rivières semblent avoir été occupées de façon un peu plus tardive, mais constituent un élément important dans la dissémination de l'espèce (tableau 14).

Tableau 14 : évolution des milieux d'*Ambrosia artemisiifolia* entre 1863 et 2006 en utilisant les données recueillies sur les parts d'herbier et dans la bibliographie.

	Milieux cultivés	Voies de communication	Zones anthropisées	Milieux non cultivés	Berges	Non décrit
1860-1890	27	1	4	1	0	26
1891-1920	32	15	21	4	2	48
1921-1950	25	19	42	3	13	40
1951-1980	33	18	17	1	16	23
1981-2006	9	14	23	0	6	10

Ce type d'approche permet d'avoir le recul historique pour relativiser les données actuelles sur l'extension de l'espèce. D'un point de vue plus scientifique, ces connaissances ont permis la comparaison de populations issues du prélèvement sur des échantillons d'herbiers (il a été possible de reconstituer des « populations » à partir de parts d'herbiers récoltées simultanément et retrouvées dans les différents herbiers visités) et des populations actuelles prélevées sur les mêmes zones (Chun et al. 2010). Cette étude a montré que les populations actuelles montrent une plus grande diversité allélique et génétique que les populations historiques. Ces résultats suggèrent que les populations actuelles sont soumises à de nombreux flux de gènes et ont intégré de nouveaux allèles issus des vagues successives d'introductions.

L'utilisation de ces données historiques pose le problème du cas particulier du processus d'envahissement dans le cas de l'ambroisie à feuilles d'armoise. L'arrivée des semences d'ambroisie dans les années 1860 en provenance de zones fortement infestées par la plante, se serait concrétisée immédiatement par la formation d'importantes populations. Cette espèce annuelle envahissante, qui ne possède pas de mécanisme de dispersion particulièrement efficace, n'a sans doute pas partout subi les effets de « lag-Phase » ou de « *bottleneck »* tels que cela est décrit habituellement. Les dernières études génétiques réalisées indiquent une structuration génétique qui ne varie que faiblement ente les zones d'origine et les zones d'introduction et semblent confirmer en Europe l'hypothèse de différentes périodes d'introductions (Gladieux et al. 2011). Sans être fondamentale pour la gestion de l'ambroisie, cette connaissance du passé n'est pas à négliger : assiste-t-on réellement partout à un envahissement de l'espèce ? N'assiste-t-on pas plutôt – dans un contexte de recherche plus intense de la plante - à une expression plus forte de populations anciennes favorisées par un ensemble de facteurs (réduction de l'utilisation des herbicides, changement de température, réduction du travail du sol, jachère florale …). La difficulté d'identification et de quantification des vecteurs de dispersion laisse actuellement planer le doute entre dispersion à partir de zones fortement touchées et la détection de petits foyers isolées de plantes qui étaient stables depuis de nombreuses années et dont les densités augmentent actuellement.

II. D.2. Historique de l'utilisation des herbicides

Dans le cadre du développement de l'agroécologie, ce travail est issu d'une réflexion globale sur l'utilisation des pesticides en France et d'un besoin personnel de connaître un historique d'utilisation assez mal décrit. L'intérêt d'une telle démarche était d'être aussi capable de répondre de façon satisfaisante aux nombreuses interrogations de la part de différents publics (étudiants, agriculteurs …). Si les herbicides constituent un des moteurs importants de l'évolution récente (environ 60 ans) des flores adventices, il existe aujourd'hui une certaine méconnaissance sur l'historique de leur utilisation dans les cultures et de leur rôle dans les variations de l'évolution des communautés de mauvaises herbes.

Débuté par un simple travail d'étudiants à partir des index phytosanitaires de l'ACTA (Acta, 1961-2011) sur quelques années, ce travail a pu être poursuivi grâce à la compétence de deux chercheurs de l'unité dans le domaine des herbicides J. Gasquez et C. Gauvrit en réalisant une enquête la plus exhaustive possible sur l'utilisation de ces molécules. Il a même été possible pour la première fois d'avoir accès aux archives du ministère de l'Agriculture par

l'intermédiaire de l'ANSES et donc de travailler sur les données des premières années d'homologations depuis 1944.

L'étude des documents récents et des archives nous a montré que l'utilisation à grande échelle des premiers herbicides de synthèse a débuté en France juste après la seconde guerre mondiale. Au total, 228 substances actives ont été homologuées depuis 1944 (figure 14) dont plus de la moitié d'entre elles a été aujourd'hui retirée pour des raisons de sélectivité ou d'efficacités réduites et parce que des substances actives mieux adaptées et surtout moins nocives pour l'environnement et la santé ont été homologuées [RR].

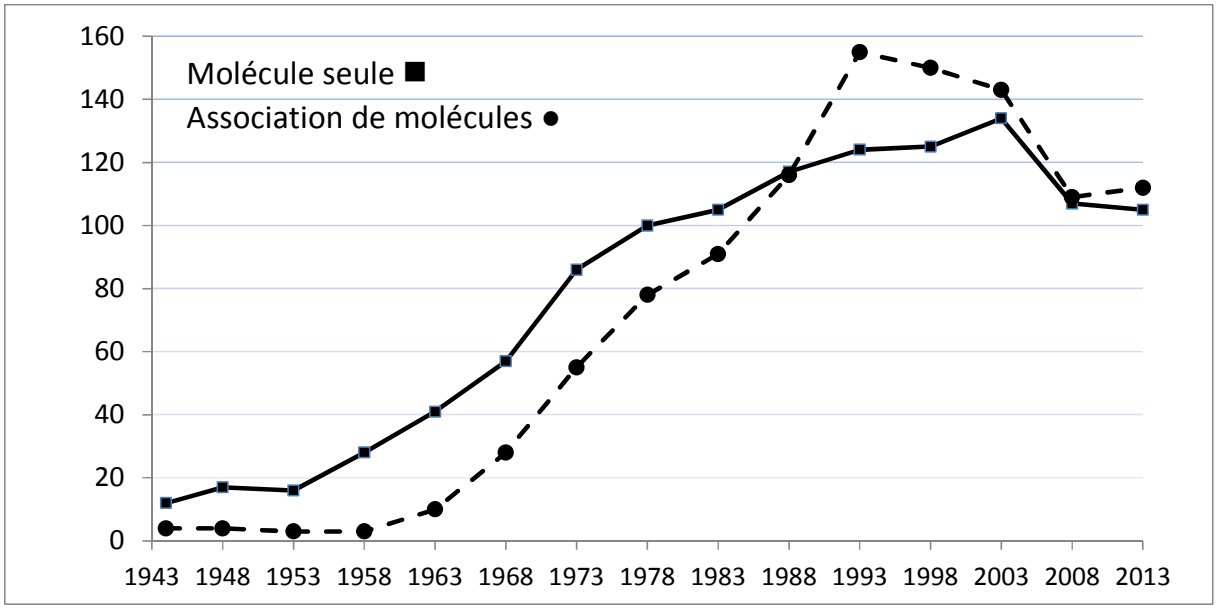


Figure 14 : évolution du nombre de substances actives et association de molécules herbicides de 1944 à 2012.

Si de 1991 à 2004, plus de 130 substances actives étaient encore homologuées, leur nombre a diminué régulièrement depuis pour arriver à 105 en 2013. Par décennie, on peut observer jusque dans les années 2000 une augmentation du nombre de molécules, de familles et de types de mode d'action (tableau 15). Ce n'est qu'au cours des 15 dernières années qu'une diminution peut être observée. Cette réduction est, au-delà du durcissement de l'exigence réglementaire, à mettre en relation avec la chute du nombre de brevets déposé depuis plusieurs décennies ; de 2005 à 2009 compris, aucune nouvelle molécule n'a été homologuée en France (dernier mode d'action homologué 1993). En France, plus d'une centaine de cultures (de la vigne aux prairies, des céréales aux cultures maraîchères et tropicales) sont conduites sur plus de 32 millions d'hectares, ce qui constitue, un élément d'explication du niveau élevé d'utilisation des herbicides et de produits commerciaux. Pourtant, il est seulement utilisé en France environ le tiers des molécules homologuées au niveau mondial. Enfin, la difficulté à gérer la flore adventice est sans doute aussi une explication au maintien d'une variété importante de molécules herbicides.

Cette base de données est complétée annuellement et pourrait inclure à l'avenir des nouvelles indications telles que les doses utilisées et des informations toxicologiques. Un complément est en cours de réalisation sur la résistance aux herbicides et leurs risques d'apparition. Les synthèses réalisées à partir de cette base de données seront destinées à être mises à la disposition du plus

grand nombre dans un objectif de recherche ou d'enseignement sous la forme de pages internet sur un site qui reste à déterminer (http://www.histoire-des-herbicides.info/).

Tableau 15 : diversité des herbicides utilisés sur une échelle de dix années.

	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
Molécules seules	20	29	72	102	125	131	103
Association de molecules	5	5	39	85	131	151	99
Produits commerciaux	63	142	268	439	602*	755*	586*
Nombre de familles chimiques	4	12	26	37	40	46	42
Nombre maximum de molécules actives par famille	3.5	2.0	2.0	2.0	4.0	3.5	3.0
Nombre maximum de molécules active par famille	17	9	26	35	37	26	31
Nombre de modes d'action	4	10	14	18	22	24	23
Nombre moyen de molécules actives par groupes HRAC	3.5	2.5	4.0	3.0	4.0	2.5	2.0
Nombre maximum de molécules active par groupes HRAC	12	6	14	18	19	17	23

*: le nombre exact de préparation commerciale à base de glyphosate n'est pas connue avec exactitude ce qui entraîne une certaine sous-estimation.

Le manque de recul historique sur la gestion des populations adventices est encore plus net aujourd'hui avec le départ progressif en retraite des chercheurs qui ont constitué le noyau de la malherbologie sur le site de Dijon et sur les autres sites de recherches où cette thématique était réalisée. Des connaissances sur des domaines aussi variés que le fonctionnement des herbicides ou que sur la reconnaissance des mauvaises herbes sont sur le point de disparaître. Le développement de logiciels de reconnaissance des plantes, la constitution de base de données ou les cours disponibles sur les universités virtuelles pourront éviter une perte complète de ces savoirs.

III. Activités transversales

III. A Expertises

III. A. 1. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES)

Depuis décembre 2011, je participe à des travaux d'expertise pour l'agence nationale de sécurité sanitaire de l'environnement de la santé et du travail (ANSES), à la commission d'experts spécialisés 'Risques biologiques pour la santé des végétaux' en apportant mes compétences en tant que malherbologue. Du fait de mon activité concomitante au sein de l'Observatoire des ambroisies, j'ai aussi participé à un groupe de travail ANSES 'Pollens' sur une saisine conjointe des Ministères de la Santé et du Développement Durable sur l'état des connaissances de l'impact sanitaire lié à l'exposition de la population générale aux pollens présents dans l'air ambiant (rendu du rapport Janvier 2014 -*http://www.anses.fr/fr/documents/AIR2011sa0151Ra.pdf*).

Je participe aussi au groupe de travail « Variétés Tolérantes Herbicides' du comité de surveillance biologique du territoire où la problématique « ambroisie » est prioritaire (étude du risque de sélection de populations d'ambroisies résistantes aux herbicides par l'utilisation de variétés de tournesols possédant un gène de tolérance à un herbicide ; Prioux et Bertin 2007). Sur ce thème, je collabore à un projet de thèse en collaboration avec V. Le Corre et C. Délye.

III. A. 2. Haut Conseil des Biotechnologies (HCB)

J'ai participé aux travaux du Comité Scientifique du Haut Conseil des biotechnologies (HCB – 1ere mandature) d'août 2013 à avril 2014 (spécialiste en agronomie ; http://www.hautconseildesbiotechnologies.fr). A la demande de mon chef de Département (EA ; G. Richard), j'ai représenté ma candidature à ce conseil pour la prochaine période. Mon rôle est plus particulièrement lié à l'expertise de variétés dans lesquelles des gènes de résistances aux herbicides ont été intégrés où j'apporte ma compétence en malherbologie.

Il m'a aussi été proposé d'intégrer récemment un groupe de travail du Haut Conseil des biotechnologies (groupe ESE - évaluation économique, socio-économique, agronomique et environnementale) dont le but est de poser les bases d'une évaluation des risques socio-économiques liés aux plantes génétiquement modifiées (Responsable D. Caffier).

Bien que se déroulant dans un environnement sociétal complexe, les réunions de travail du HCB sont particulièrement riches en échanges d'idées et de données scientifiques avec des chercheurs spécialisés dans des thématiques et sur des objets très différents.

III. B. Enseignements / Formations

Depuis mon arrivée à l'Inra, j'ai maintenu une activité d'enseignements autour de la botanique, l'écologie végétale, l'agronomie mais plus particulièrement autour la malherbologie principalement à l'Université de Bourgogne, AgroSup Dijon, Montpellier SupAgro et plus récemment à l'institut Universitaire de la Vigne et du Vin (IUVV) à Dijon. Je réponds à des demandes ponctuelles de formation en malherbologie de lycées agricoles bourguignons. Du fait des départs en retraite de chercheurs de l'Unité et dans le même temps de la création de formations en Agroécologie, les

demandes en termes de ‘malherbologie’ sont importantes et proviennent de tout le territoire ; je ne réponds qu’à un nombre limité d’entre-elles.

Je compte continuer l’ensemble de ces activités d’enseignements et de formation auprès d’agriculteurs ou de techniciens agricoles à un niveau comparable à celui d’aujourd’hui (environ une trentaine d’heures par an) en me limitant à des interventions sur mon domaine de compétence autour des communautés adventices, de la résistance aux herbicides et de l’agroécologie.

IV - Projets de recherche

IV. A. Etats des lieux et motivations futures

La flore 'naturelle' des milieux agricoles semble pouvoir constituer une source importante de questions de recherche pour les spécialistes de l'évolution des communautés végétales. Constituées essentiellement d'espèces annuelles à cycle plus ou moins court, appartenant à des familles botaniques très différentes avec des espèces ayant développé des capacités d'adaptation à des pressions de sélection répétées et intenses, ces communautés sont de plus à la base d'interactions trophiques avec les communautés animales (herbivorie, granivorie, nectar), fongiques (parasitisme) au niveau aérien, mais aussi des interactions avec les communautés des sols (communautés microbiennes) qui sont encore que très mal connues. Ces interactions, sans être ignorées par les malherbologues, ne constituaient pas des sujets de recherches prioritaires dans le contexte précédent de valorisation des potentiels de rendements des espèces cultivées. L'étude de ces processus est aujourd'hui développée en France de façon concomitante avec le développement de l'agroécologie dans un objectif global de limitation des interventions de la chimie de synthèse dans les agrosystèmes.

Le contexte de la recherche agronomique a fortement évolué au cours de ces dernières années. L'application des directives européennes (Directive 91/414/EEC - anonyme, 1991) et la mise en place du « paquet pesticide » (Regulation (EC) N°1107/2009, Directive 2009/128/EC, Regulation (EC) N°1185/2009 et Directive 2009/127/EC) font partie des incitations à développer de nouveaux systèmes moins dépendants de l'utilisation des intrants de synthèse. L'ensemble de ces mesures vise à une protection accrue de l'environnement et s'accompagne d'une meilleure protection de la diversité biologique dans les agrosystèmes. L'objectif est de favoriser l'ensemble des organismes qui interagissent positivement avec les végétaux cultivés, qui favorisent la dynamique des organismes auxiliaires et qui contribuent au bon fonctionnement du sol. C'est dans ce cadre que sont développées les thématiques de recherche de la nouvelle UMR « Agroécologie » sur le centre Inra de Dijon.

Les travaux actuels de recherche agronomique sont donc développés avec une volonté d'interpénétration de l'agronomie et de l'écologie (intensification écologique – Griffon 2010). Si l'on considère l'objet d'étude « mauvaise herbe », de nouvelles thématiques ont été récemment développées et ont été accompagnées par le recrutement de chercheurs écologues. La prise en compte des structures paysagères, l'étude de l'impact des régulations biologiques (prédation par des populations d'insectes et d'oiseaux, compétition par des couverts végétaux ou par de nouvelles variétés) et la notion de services écosystémiques sont devenues des thèmes de recherche aussi importants que l'utilisation intégrée des pratiques de désherbage. Dans ce contexte global, mon objectif personnel est de prendre en charge et de faire évoluer une thématique rattachée à l'évolution des communautés de mauvaises herbes des milieux cultivés.

Quels que soient les systèmes de culture développés pour promouvoir une agriculture plus durable, moins consommatrice d'énergie, socialement acceptable et économiquement viable, les futures problématiques sur les communautés d'adventices pourraient se résumer par la question

suivante : est-il possible de ne pas désherber ? (désherber signifiant éliminer les mauvaises herbes d'un terrain (http://www.larousse.fr) sans différencier les méthodes de désherbage).

Il est difficile de quantifier avec précision la nuisibilité directe de la flore adventice (Milberg et Hallgren 2004 ; Oerke 2006) et la quantification de la nuisibilité indirecte (gêne à la récolte, dégradation de la qualité de la récolte, allergie) est encore plus complexe à estimer de façon fiable. Dans le même temps, il existe de nombreuses mesures des effets négatifs des pratiques de désherbage et des risques associés à l'utilisation des herbicides. La présence de molécules herbicides dans la quasi-totalité des ressources naturelles en eau (Institut français de l'environnement 2007 ; Institut français de l'environnement 2010) y compris sous forme de traces dans les eaux en bouteille, la diminution de la richesse spécifique des communautés de mauvaises herbes (Andreasen et al. 1996 ; CC]), le développement d'espèces envahissantes (Pimentel et al. 2005), les inquiétudes sur la santé globale des populations humaines exposées aux pratiques chimiques (Ferragu et Tron 2010) illustrent les problèmes liés au désherbage chimique. Sur un autre plan, les techniques de gestion alternative de la flore adventice peuvent être remises en cause par leur coût énergétique (utilisation de carburant), par le temps nécessaire (Pardo et al. 2010), par les risques de dégradation du sol par les pratiques mécaniques (Ball et Crawford 2009) ou par leur relatif faible niveau d'efficacité faible et aléatoire selon les campagnes (Moss 2007).

Ainsi, la question « est-il possible de ne pas désherber ?», qui peut paraître très provocatrice, est en fait centrale pour la gestion de la flore adventice dans un contexte « d'agroécologie » pour la production végétale. Ce nouvel objectif repose sur la recherche d'une optimisation de toutes les régulations biotiques permettant de perturber et de contraindre le cycle des mauvaises herbes en limitant leur croissance végétative et la production d'organes de reproductions (semences, rhizomes, bulbes). Toutefois, l'étude des régulations biologiques n'est pas nouvelle à l'Inra et dans les unités de recherches sur la gestion des communautés adventices :

- L'étude de la compétition a fait l'objet de nombreux travaux de mesure (Caussanel 1989) et de modélisation [M] depuis plus de 30 ans. Toutefois ces travaux ont concerné en grande partie des peuplements monospécifiques et l'approche de communautés complexes a posé des problèmes méthodologiques importants (Guillemin et Thomas 1998 ; Thomas et Guillemin 2000).
- Les phénomènes d'allélopathie ont déjà été étudiés dans les systèmes agricoles mais il existe de réelles difficultés pour distinguer la part de la compétition classique de celle de l'allélopathie *sensu stricto*. Les travaux réalisés dans l'unité en collaboration avec le laboratoire de Changins (Suisse) ont permis de mettre en avant la complexité de l'approche (Delabays et Mermillod 2002 ; Delabays et Munier-Jolain 2004). Si le phénomène est sans doute une réalité dans la mise en place et le fonctionnement des communautés, sa quantification est délicate et son utilisation intégrée dans la gestion de la flore adventice demeure peu probable par manque de sélectivité vis-à-vis de la culture.

Les mauvaises herbes constituent la flore 'naturelle' des milieux cultivés et sont la base des chaines trophiques des différentes communautés animales de l'agrosystème (Robinson et Sutherland 1999 ; Bohan et al. 2011). Leurs feuilles, racines, fleurs, nectar, pollen et semences constituent une ressource trophique pour les populations d'insectes, de micromammifères et d'oiseaux des milieux cultivés. Peu de travaux ont été réalisés sur les potentialités de régulations naturelles des

communautés de mauvaises herbes par la prédation (Bohan et al. 2011) ou par le parasitisme (Gerber et al. 2011). Même dans les systèmes de culture intensifs actuels, ces régulations peuvent être facilement observées : attaque de pucerons (*Aphis* sp.) sur *Cirsium arvense*, de méligèthes (*Meligethes aeneus)* sur *Sinapis arvensis*, de piétin verse des racines (piétin verse : maladie du blé (*Oculimacula sp.)* sur *Alopecurus myosuroides*. Pourtant, aucun organisme de lutte biologique dirigé contre une espèce adventice donnée n'a pour le moment été homologué en France et il faut noter que l'intensité de ces régulations n'a été que rarement correctement estimée ou mesurée (Mohler et al. 2012).

La question posée est donc de savoir si ces régulations peuvent être suffisantes dans des systèmes à objectifs de forte réduction de l'utilisation de pesticides, de contrôler ou limiter le développement de la communauté adventice, voire s'il est possible de les stimuler, de manière à réduire l'utilisation des pesticides. De tels travaux sont actuellement développés dans notre unité (relation communautés carabiques – communautés adventices ; (Trichard et al. 2013) soit sur l'unité expérimentale d'Epoisses, soit sur différents sites d'étude (Fénay, CNRS Chizé) ou encore sur des parcelles agricoles en collaboration avec des groupes d'agriculteurs (ex. Geda de la Tille sur la thématique du semis direct).

IV. B. Thématiques de recherche

J'ai retenu deux thématiques dans lesquelles je souhaiterais m'investir au cours de ces prochaines années et dans lesquelles mes compétences en malherbologie au sens large trouveront leur place. Il s'agit d'une part de l'évolution des communautés adventices sous l'effet des pratiques (non travail du sol, couvert végétaux) mises en œuvre dans des systèmes de culture basés sur le non travail du sol et d'autre part de la dispersion sur le territoire français de l'ambroisie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia* L.), dans un objectif de limitation de la progression de l'aire de répartition de l'espèce. Ces axes de recherche à l'échelle des communautés et à l'échelle de l'espèce constituent un prolongement de mes travaux antérieurs, mais sont placées dans un contexte où respect de l'environnement et conservation de la diversité des communautés prennent une place prépondérante.

IV. B. 1 Pour une gestion innovante de la flore adventice : ne plus travailler le sol et occuper le milieu

L'arrêt quasi-complet du travail du sol dans les parcelles agricoles constitue une stratégie très innovante en Europe et en France. Il constitue en fait tout un ensemble de pratiques que l'on retrouve sous le vocable d'agriculture de conservation (Holland et al. 2006) et est basé sur une perturbation quasi-nulle du substrat (Triplett et Warren 2008). Cela a pour conséquence de modifier de façon importante les conditions de milieu (évolution de la structure du sol, augmentation du taux de matière organique dans les horizons superficiels, augmentation de l'activité biologique des organismes du sol, …) et peut s'accompagner d'un maintien d'une couverture végétale vivante ou morte (mulch). Pour les espèces des communautés adventices, cela ne constitue pas seulement une simple évolution de l'intensité des perturbations, comme dans le cas de la réduction du travail du sol (travail cultural simplifié ; [NN]), mais un changement complet d'habitat qui peut modifier

profondément l'ensemble des pressions de sélection qui vont s'exercer sur elles. Ces nouvelles pratiques concourent à créer une nouvelle niche écologique pour des espèces capables de d'adapter à ces nouvelles conditions et aux pratiques culturales [UU]. Le non-travail du sol est devenu un système de culture majeur sur les continents américain et australien pour des raisons de conservation et de protection du sol et il s'accompagne d'une réduction du temps de travail à l'hectare qui est nécessaire dans ces zones. Dans ces régions, le succès du non-travail a été favorisé par le développement des cultures génétiquement modifiées résistantes aux herbicides de post-levée, par exemple le glyphosate.

Le développement de tout nouveau système dans un objectif de durabilité pose un certain nombre de défis agronomiques, environnementaux et économiques:

- Ce système va-t-il répondre à la fois aux exigences sociétales et aux objectifs choisis par les agriculteurs ?
- Quels processus écologiques vont être mis en jeu et quels niveaux de régulation biologique peuvent leur être attribués ?
- Comment ces processus écologiques sont-ils modifiés ou facilités par les pratiques culturales choisies ?
- Quels sont les effets sur les communautés biologiques de l'agrosystème ? quelles sont les conséquences sur les populations adventices (changement d'espèces, adaptation des cycles, caractéristiques morphologiques retenues) et sur les relations de cette flore avec les autres communautés ? Quels ont les effets sur la culture de rente ?
- Quelles connaissances préalables de ces processus potentiels sont nécessaires ?

La mise en place d'un tel projet de recherche sur ces systèmes innovants implique des collaborations entre chercheurs et l'appui de groupes d'agriculteurs qui acceptent de mettre à disposition des parcelles et l'ensemble de l'historique de leur parcellaire. Deux groupements d'agriculteurs aux environs de Dijon ont initié depuis quelques années un changement radical de leurs pratiques et se sont équipés pour mettre au point les pratiques culturales visant à développer le semis direct. Les parcelles mises à disposition permettent à la fois de suivre les espèces sur des parcelles d'âges différents du point de vue de l'arrêt des perturbations lié au travail du sol et de suivre des parcelles au cours du temps. Parallèlement, l'utilisation de plateformes expérimentales (domaine expérimental Inra, parcelles de la chambre d'agriculture de Côte d'Or) peut permettre des analyses plus fines sur les processus ou les traits impliqués dans l'évolution de la flore. Une première approche réalisée au cours d'une thèse (Trichard 2014) a permis de mieux cerner les tenants de la mise en place de ce système innovant. Les hypothèses de départ sur l'évolution de la communauté adventice (diminution de la proportion des espèces annuelles, sélection d'espèces pérennes) n'ont pour le moment été que partiellement vérifiées [TT]. Contrairement à ce que nous avons pu observer pour les bandes enherbées [QQ ; 149] -autre système avec abandon du travail du sol – la réduction du pourcentage des espèces annuelles n'est que partielle, même après plus de 10 années de semis direct. Il reste donc à réaliser un travail important sur les mécanismes en jeu (étude des processus de germination-levées) et sur la caractérisation des perturbations liées aux pratiques culturales lors de la mise en place de ces systèmes innovants.

Au même titre que d'autres systèmes de culture innovants (agroforesterie : Dupraz et Capillon 2005 ; permaculture : Mollison 2012), l'avenir du non travail du sol en France n'est pas encore fixé.

L'évolution des parcellaires agricoles et la nécessité de diminuer les intrants incitent les agriculteurs à réduire le temps passé dans les parcelles et donc le temps et l'énergie dédiée au travail du sol. Le changement opéré dans le cas du non travail du sol est tel que la mise en œuvre de ces techniques est complexe. Cela peut conduire à accepter une réduction du rendement des cultures qui peut être compensé par l'ensemble des économies générées par la réduction des intrants réalisées. Si le système de semis direct semble présenter un certain nombre d'atouts attractifs (augmentation des taux de matières organiques, densité de lombrics, facilitation des régulations biologiques …), il semble dans le même temps montrer un certain nombre de problèmes dont une forte dépendance vis-à-vis du désherbage foliaire pendant la culture et pendant l'interculture (utilisation de glyphosate, de glufosinate, …). De plus, ce type de système exclut par nature l'utilisation d'un certain nombre de pratiques qui constituent la base du raisonnement du désherbage intégré en systèmes conventionnels (labour, faux semis, désherbage mécanique ; [NN]).

Ce système pose donc de véritables questions de recherche autour de l'agroécologie en général (régulations biologiques, microbiologie du sol, rôle des couverts végétaux, rôle du paysage) et autour de la malherbologie plus particulièrement (évolution des communautés, émergence de nouveaux traits sélectionnés). Parmi les solutions techniques potentielles, l'utilisation de « couverts complexes » composés de plantes de service interagissant dans le temps (succession) ou dans l'espace (association) pourrait constituer un levier efficace pour fournir des services de régulation dans le fonctionnement de l'agrosystème. En effet, la présence des plantes de couverture pourrait permettre d'affecter fortement la croissance des espèces adventices et donc de limiter l'utilisation des herbicides. Il reste à évaluer dans quelle mesure il est possible de piloter la communauté végétale globale au service de la ou des plante(s) de rente en utilisant des espèces de couverture pour leurs services de régulation biologique (mise au point des outils d'analyse et de pilotage des couverts, choix des espèces à implanter en culture pure ou en association, modalités de gestion).

Les conséquences pour la communauté des mauvaises herbes sont importantes car le changement d'habitat créé par l'absence de perturbation régulière du milieu est fondamental pour ces espèces annuelles, qui ont été principalement sélectionnées par ce type de perturbations du sol. Quel est le rôle du stock semencier dans la stratégie de survie des mauvaises herbes dans un système où le sol n'est plus travaillé ? Quelle évolution de la communauté adventice en terme de nuisibilité (risque de développement d'espèces pluriannuelles difficilement gérables), mais aussi d'un point de vue biodiversité (devenir des espèces messicoles) ? Quels sont les effets des pratiques de compensation globale mises en place dans ces systèmes (efficacité des couverts végétaux, désherbage à bas volume, limitation des apports d'azote, consommation d'énergie moindre …).

Débutés dans le cadre d'une thèse en 2010 (A. Trichard – co-encadrement sous la direction de Sandrine Petit), les travaux réalisés sur cette thématique sont actuellement partiellement financés par une ANR (Peerless) et font l'objet de différents projets dans le cadre particulier de l'effet de la mise en place de couverts pluri-spécifiques dans les systèmes de culture. Parmi les solutions techniques envisageables, l'utilisation de « couverts complexes » composés de plantes de service interagissant avec la culture dans le temps (succession culturale) ou dans l'espace (association d'espèces), constitue potentiellement un levier efficace pour fournir divers pour un meilleur fonctionnement de l'agroécosystème. En particulier, l'utilisation de ces couverts pourrait permettre de réguler directement les bio-agresseurs (adventices ou ravageurs des cultures) ou indirectement

en abritant leurs auxiliaires et de limiter le recours aux intrants chimiques (pesticides, engrais azotés). Cependant, dans le même temps, ces couverts qui peuvent être implantés de manière permanente, ne doivent pas compromettre le service de production en créant une compétition trop importante à la culture de rente.

IV. B.2 L'ambroisie à feuilles d'armoise

L'envahissement progressif du territoire français par l'ambroisie à feuilles d'armoise (*A. artemisiifolia*) constitue une préoccupation de santé publique et une menace agricole pouvant compromettre le rendement de certaines cultures [TT]. L'ensemble des données acquises sur l'ambroisie qui ont été évoqué précédemment en II.B.2, ont permis de mettre en avant le caractère ubiquiste de l'ambroisie. Grâce à une très forte tolérance à de nombreux stress, la diffusion de l'ambroisie dans nos paysages semble particulièrement difficile à endiguer.

Toutefois, de nombreux travaux sont encore à développer pour améliorer la connaissance de la biologie et l'écologie de cette espèce. Pour expliquer le succès de l'ambroisie en tant que plante envahissante, diverses hypothèses écologiques ont déjà été étudiées telles que l'*enemy release hypothesis* (Genton et al. 2005), le polymorphisme génétique (Gladieux et al. 2011), la tolérance à la prédation (Gard et al. 2013) et la plasticité phénotypique au niveau des semences [166]. Deux autres points importants, susceptibles d'expliquer la dissémination de l'espèce, pourraient constituer des thématiques s'intégrant bien à celles de l'UMR Agroécologie :

- L'influence des modifications du climat
- Les modes de dispersion et d'installation de l'espèce dans les paysages français.
- Les possibilités de régulations biologiques par des prédateurs naturels.

Ambrosia artemisiifolia, par les caractéristiques de sa biologie, constitue un excellent indicateur des effets des changements climatiques. L'ambroisie possède un cycle reproducteur long (figure 8) avec une production tardive de semences matures qui débute à la fin du mois de septembre. L'espèce est décrite depuis longtemps comme rare au-dessus du 50e parallèle sur le continent Nord-Américain (Allard 1943) et son introduction dans les pays européens situés à cette latitude n'a pas été suivie d'une naturalisation des populations. Ce phénomène serait lié à la maturation incomplète des semences, interrompue par le gel, ce qui limite l'extension de l'aire de répartition de l'espèce. L'apparition plus tardive des premiers jours de gel contribue certainement à l'extension de l'espèce vers le nord du territoire.

De plus, plusieurs études ont montré que la production de pollen de l'ambroisie (plante en C3) est favorisée en présence d'une concentration de CO_2 plus importante (Stinson et Bazzaz 2006). Cette augmentation de la production de pollen s'accompagnerait d'une modification de la durée des périodes de végétation et d'une augmentation de la production de semences (Stinson et Bazzaz 2006). En France, il a été montré dans la région Lyonnaise (Déchamp et Méon 2002), au cours de ces 20 dernières années, une avancée d'environ 10 jours du pic de pollinisation (Déchamp et Méon 2002. Cette précocité de l'apparition des fleurs mâles pourrait être attribuée au moins en partie à l'augmentation des sommes de températures, probablement due au changement de climat.

Le ministère chargé de la santé a décidé au mois de juin 2011 la mise en place d'un Observatoire des ambroisies dont le fonctionnement a été confié à l'Inra. Cet observatoire, dont la coordination m'a été confiée à hauteur de 20% de mon temps de travail (lettre de mission cosignée par le Département Environnement-Agronomie et la Direction Scientifique Environnement), a pour objectif de favoriser l'information sur l'espèce, la formation des gestionnaires de milieu et la coordination des actions de lutte menées au niveau national, européen et international. Les objectifs suivants ont été retenus :

- diffuser la connaissance sur l'ambroisie, notamment sur ses effets sur la santé et les milieux [200],
- développer les actions de prévention, de lutte durable, de formation et d'information menées sur l'ensemble du territoire national (et dans d'autres pays) dans le respect de l'environnement,
- vulgariser les données scientifiques, les travaux et les projets de recherche ainsi que leurs applications portant sur l'ambroisie.

Suite à la première année de fonctionnement, la convention de recherche de l'observatoire a été prolongée en 2012 pour trois années supplémentaires jusqu'en octobre 2015. Après acceptation de ma hiérarchie, une délégation de 25 % de mon temps de travail a été accordée pour ces trois prochaines années. En plus des objectifs de base de la convention, la mise en place de travaux de recherche a été acceptée par la direction de l'UMR sous réserve d'acceptation de contrats pour financer ces travaux.

En complément des projets de recherches précédemment décrits, je participe à un projet COST (*http://www.cost.eu/domains_actions/fa/Actions/FA1203*) en tant que représentant français. (juin 2012 ; projet Cost FA1203 (www.ragweed.eu) intitulé SMARTER : Sustainable management of *Ambrosia artemisiifolia* in Europe. Cette action COST, dans laquelle je co-dirige un groupe de travail avec P. Kudsk (Danemark ; Working Group 3: Integration of management options) a pour objectif de mettre en place et de coordonner la lutte contre la plante à l'échelle de l'Europe en utilisant tous les outils disponibles (mesures de contrôle mécaniques et chimiques, mécaniques et biologiques).

Au cours de l'été 2013, d'importantes populations d'un insecte, *Ophraella communa* Le Sage (Chrysomélidae), ont été identifiées dans la Région du Tessin (sud de la Suisse) et la région de Lombardie (nord de l'Italie). Sur une zone de 20000 km² (plus de 100 sites), cet insecte a très fortement dégradé les pieds d'ambroisie à feuilles d'armoise de ces deux régions. Un groupe de travail européen issu du projet Cost, auquel j'ai été convié en tant qu'agronome, a été mis en place pour étudier les impacts possibles de cet insecte. L'objectif est de tester les risques encourus sur la flore locale avant d'envisager d'utiliser *Ophraella* pour lutter contre l'ambroisie car il n'est pas non plus exclu de le voir arriver 'naturellement' en France en provenance d'Italie.

IV. C. Quelle place pour un malherbologue dans l'UMR Agroécologie ?

Le laboratoire de Malherbologie a été créé en 1965 à l'Inra sur le site de Dijon. Fusionné dans l'unité de Malherbologie et Agronomie (1999), puis dans l'UMR1210 Biologie des Adventices (2003), les activités autour des mauvaises herbes sont depuis 2012 intégrées à l'UMR1347 Agroécologie. On peut raisonnablement se poser la question du maintien d'une activité spécifique de malherbologie au

sens strict, autour des communautés adventices dans une thématique globale de recherche sur l'agroécologie.

Globalement, la place de malherbologie a considérablement reculé en France au cours de ces 15 dernières années. Quasi absente de l'enseignement universitaire, très peu illustrée dans des ouvrages spécialisés en Français (Jussiaux et Péquignot 1962), les enseignements spécialisés ont diminué dans les grandes Ecoles d'Ingénieurs. Le débat sur l'intérêt d'un savoir malherbologique spécifique est ancien : un texte du début du XXe siècle (Anonymous 1923) relate déjà une discussion sur ce sujet. Les mauvaises herbes y sont présentées comme « *le pire fléau des grandes cultures* », la situation ne faisant qu'empirer à cause de la guerre et de « *la rareté de la main d'œuvre* ». Un agronome qui travaillait sur le sujet défendait l'idée d'organiser « *la lutte scientifique contre les mauvaises herbes » « dans un laboratoire spécial chargé d'étudier la biologie des plantes adventices et de déduire du mode de végétation et de reproduction de chacune d'elles les moyens les plus pratiques, soit mécaniques, soit chimiques, soit biologiques, soit culturaux, de les faire disparaître définitivement de nos champs ».* Le compte rendu de la discussion de l'époque montre un désaccord sur l'intérêt d'investir dans une telle recherche (*les mauvaises herbes sont connues depuis longtemps … la lutte contre les mauvaises herbes se perd dans la nuit des temps* …) avec finalement la seule décision d'inciter qu'il soit porté par les services des recherches agronomiques « *une attention plus particulière sur la destruction des mauvaises herbes »* sans investir dans la création d'un service spécial. La même question peut se poser aujourd'hui dans un cadre non plus d'éradication de ces plantes comme en 1923 mais dans un contexte d'étude des services éco-systémiques autour de cette communauté de plantes et de la conservation d'espèces rares.

L'utilisation des bases de données complétées par des travaux ponctuels et la modélisation ne suffisent-ils pas à répondre aux questions qui sont aujourd'hui posées ? Le développement des techniques de « barcoding » ne va-t-il pas permettre de répondre de façon satisfaisante aux incertitudes de détermination et permettre de nouvelles avancées dans la compréhension de l'évolution des flores adventices ? L'utilité d'un malherbologue – ou d'un chercheur tourné vers le terrain (Anonymous 2014) - dans une équipe d'Agroécologie est aujourd'hui à resituer dans un contexte changeant de la recherche et peut apparaître secondaire dans des approches plus globales. Je pense néanmoins qu'un chercheur situé à l'interface de fronts de recherche autour de la communauté adventice (résistance aux herbicides, invasion biologique, effets de nouvelles pratiques culturales), capable d'apporter une expertise de terrain appuyée sur une connaissance scientifique de ces sujets, peut être un atout dans une équipe de recherche en Agroécologie. C'est dans cette optique que je souhaiterais apporter ma contribution aux thématiques scientifiques développées dans l'Unité.

V. Conclusions

V. A. Bilan

Mon parcours de recherche a été centré sur un objet d'étude unique (« les mauvaises herbes ») et a été servi par une diversité de disciplines liant agronomie et écologie, avec des approches variées (écophysiologie, résistance aux herbicides, effets de pratiques culturales …). L'ensemble de ces travaux m'a amené à acquérir différentes compétences et à travailler à différents niveaux d'échelles (espèce, population, communauté végétale et, plus récemment, aux communautés biologiques en interaction avec ces plantes). Ma réflexion sur les sujets abordés va de la génétique des populations à la combinaison de pratiques culturales.

En parallèle, j'ai dû employer différentes méthodes pour recueillir les données expérimentales : observations, expérimentations, enquêtes chez des agriculteurs ou recueil de données dans les collections d'herbiers. La diversité des approches est enrichissante de par la variété des personnes rencontrées sur le terrain : agriculteurs, techniciens agricoles, conservateurs de collections botaniques, chargés de mission, médecins, responsables de ministères, chercheurs … La grande majorité de ces recherches a été réalisée en collaboration avec différents chercheurs de l'équipe, tant au niveau du recueil des données que de leurs analyses.

Cette interdisciplinarité, qui apparaît dans la diversité des thèmes, des publications et des revues scientifiques dans lesquelles j'ai publié, peut être considérée comme une richesse face aux défis auxquels est confrontée aujourd'hui la recherche en agronomie et en agroécologie. Face aux questions complexes posées par les nouveaux enjeux sociétaux, environnementaux et de biodiversité, la possibilité de pouvoir interagir sur des thèmes variés, conduit à être régulièrement sollicité (expertise européenne sur l'ambroisie, expertise scientifique collective sur la diversité biologique dans les milieux agricoles, projet COST, expertises ANSES, enseignements, réponse à la presse …). Cependant, cette interdisciplinarité et la dispersion qu'elle implique, me demande d'être vigilant face aux risques qu'en soit limitée mon implication scientifique dans les travaux de recherche de mon équipe.

Toutefois, ce positionnement à l'interface de sujets de recherche divers (résistance aux herbicides ; évolution des communautés de mauvaises herbes, invasion biologique) me facilite le contact avec le monde agricole, ce qui me donne plus aisément qu'à d'autres l'accès à des sites expérimentaux adéquats. En réciproque, ce travail de recherche en « partenariat » avec la profession ou l'interprofession est source d'éléments qui parfois orientent et toujours donnent un sens à mon questionnement scientifique. Ce dialogue est d'autant plus intéressant qu'il se situe aujourd'hui sur des fronts de recherche où les acteurs de terrain prennent en compte le rôle des espaces non cultivés et des autres communautés biologiques à travers les différents types de régulations qui peuvent exister à l'intérieur d'un espace cultivé potentiellement plus complexe.

V.B. Encadrement et direction de la recherche : quels enjeux ?

La rédaction de ce dossier a pour objectif d'obtenir une habilitation à diriger des recherches (HDR). Cette HDR offre la possibilité d'encadrer de façon autonome des étudiants en formation par la recherche. L'activité scientifique des « thésards » est aujourd'hui devenue une activité centrale dans les unités de recherche avec souvent un positionnement des sujets de thèse sur des fronts de recherche.

Du fait de l'expérience que j'ai acquise au cours des trois thèses qu'il m'a été permis de co-encadrer et des comités de pilotage de thèse auxquels j'ai participé, il me semble que le rôle d'un encadrant est avant tout de fournir à l'étudiant la possibilité de conforter son désir de faire de la recherche en lui permettant de développer sa propre vision du problème sur lequel il a choisi de travailler. Le format actuel des thèses avec les contraintes de temps de plus en plus strictes imposées par les écoles doctorales, la nécessité de publier dans des temps courts, les difficultés techniques liées aux travaux de terrain, impliquent généralement dans nos thématiques agronomiques un démarrage du travail expérimental dès la première saison de la thèse. De ce fait, la possibilité de réfléchir et de discuter avec l'étudiant peut se trouver réduite, ce qui peut être une source d'incompréhensions. La réussite de la thèse dépend alors de la capacité à transformer cette tension en une émulation supplémentaire pour mener de front une réflexion sur les objectifs scientifiques et un investissement dans de lourdes expérimentations de terrain. Si la liberté de l'étudiant pour mener son travail est de toute façon bordée par le cadre fixé par la thématique scientifique de l'unité d'accueil et par l'origine du financement de la thèse, il doit tout de même trouver un espace pour s'exprimer et développer ses idées. L'ouverture de l'étudiant vers d'autres horizons (séminaires, colloque et formations) est indispensable pour la formation d'un futur chercheur ou enseignant chercheur et il faut absolument ménager des espaces de temps pour cela, malgré les contraintes liées à la réalisation des expérimentations.

Le rôle de l'encadrant de thèse devient alors un rôle primordial en amont au moment de l'énoncé du sujet de thèse qui doit tenir compte de multiples facteurs allant du positionnement du sujet de thèse dans les thématiques de l'unité, aux risques pris dans la mise en place des expérimentations. Au cours de mes différents co-encadrements, j'ai attaché une grande importance aux avis des comités de pilotage de thèse dans la validation des options choisies. Les comités de pilotage de thèse permettent de réorienter les choix qui ont pu être faits sans le recul nécessaire sur le front de recherche abordé. Dans ce climat global de contraintes scientifiques, financières et temporelles, je considère qu'un des rôles clés de l'encadrant est d'aider l'étudiant à former son propre espace de liberté. Il est important de l'épauler pour trouver les contacts et les sources d'information nécessaires au bon déroulement de sa thèse. La participation aux écoles chercheurs, aux colloques internationaux sont des moments importants pour l'étudiant qui peut alors s'adresser à des sources d'informations variées

De mes premières expériences d'encadrement, j'ai tiré le sentiment que la thèse n'est réellement terminée que le jour du recrutement de l'étudiant dans sa nouvelle affectation, que ce soit sur un poste public ou privé. Ceci, vu le niveau exigé en termes de publications et d'expériences post-doctorales, devient un objectif difficile à atteindre. L'acquisition de connaissances scientifiques pointues, mais aussi d'une culture générale, sont donc à mener de front lors des trois années de collaboration Le plus intéressant dans cet échange et cet accompagnement, est la diversité des situations rencontrées, l'ajustement nécessaire à la personnalité et aux besoins de l'étudiant.

D'autant que ceux-ci évoluent au cours du temps avec l'objectif primordial que l'étudiant s'approprie son sujet pour quelques fois en devenir le spécialiste. Chacun des encadrements que j'ai réalisés s'est révélé différent et aura apporté son lot de découvertes.

Pour finir, la direction de recherches est un enjeu à moyen et long terme. La prise en charge de chercheurs en début de carrière ainsi que l'animation scientifique est un travail nécessitant un recul et une vision globale des enjeux, tant au niveau d'une thématique donnée, qu'au niveau du centre de recherche, du département de recherche voire même au niveau de l'institut. Il m'a été confié en décembre 2011 l'animation de l'équipe Communauté adventice en interaction avec le paysage agricole (CAPA) qui fait partie du pôle EcolDur. Dans le cadre de cette animation, j'ai mis en place des réunions régulières scientifiques et techniques pour assurer le bon déroulement des travaux de recherche. La gestion des entretiens annuels de l'équipe technique et la vision des différents travaux menés par les chercheurs de l'équipe qui sont discutés en réunion, amène son lot de difficultés, mais constitue une expérience enrichissante.

Le développement de thématiques de recherche dans le cadre de l'agroécologie offre de nombreuses possibilités de développer des travaux avec des libertés importantes sur les sujets choisis. Travailler sur ces fronts de recherche, rechercher les collaborations de terrain permettant la mise en place de dispositifs et valoriser tous les intérêts à se pencher sur la communauté des mauvaises herbes sont autant de perspectives intéressantes pour les années à venir.

V.C. Projets

Dans le cadre du développement de l'agroécologie, de nombreuses perspectives de recherche s'ouvrent autour de l'écologie et de la gestion de la flore adventice des parcelles cultivées. Parmi elles, une meilleure évaluation des services écosystémiques liés à la présence d'espèces appartenant à la flore adventice va nécessiter une connaissance approfondie de leur autoécologie mais aussi des relations biotiques dans lesquelles elles sont impliquées. De même, la création de structures paysagères gérées de façon moins intensives et le développement de nouveaux systèmes de culture avec des intensités de perturbation du sol très réduites pourraient se révéler particulièrement favorables à la facilitation des interactions biologiques espérées pour une meilleure régulation des agroécosystèmes.

La question principale qui se pose est alors de savoir si ces interactions seront « suffisantes » pour réguler de façon significative la dynamique des différentes communautés co-existantes dans les parcelles cultivées - dans un cadre de fortes diminutions des intrants de synthèse – tout en permettant un développement suffisant de la culture pour assurer un revenu à l'agriculteur. Les échelles spatiales et temporelles dans lesquelles se déroulent ces systèmes restent mal connues. Il est nécessaire de savoir si les espaces cultivés avec ces nouveaux systèmes de culture peuvent représenter une barrière suffisante au développement de nouvelles espèces adventices comme les espèces de bordure ou des espèces envahissantes telles que l'ambroisie dont le développement dans les parcelles cultivées n'est limitée pour le moment que par le désherbage chimique.

Ces sujets, et tous ceux qui peuvent naître de cette réflexion globale à l'interface de l'écologie et de l'agronomie, peuvent constituer des projets de recherche enrichissants pour des étudiants en thèse que l'obtention de l'habilitation à diriger les recherches pourra me permettre d'encadrer.

*****

Bibliographie

Allard, H. A. 1943. The North America ragweeds and their occurrence in other parts of the world. *Science*. **98**: 232-293.

Altieri, M. A. et W. H. Whitcomb. 1979. The potential use of weeds in manipulation of beneficial insects. *Horticultural Science*. **14**: 12–18.

Andreasen, C., H. Stryhn et J. Streibig. 1996. Decline of the flora in Danish arable fields. *Journal of Applied Ecology*. **33**: 619–626.

Anonymous. 1923. Sur l'étude de la destruction des mauvaises herbes. *Compte Rendus des séances de l'Académie d'Agriculture de France*. **XIX**: 432-438.

Anonymous. 2008. Plan Ecophyto 2018 de réduction des usages de pesticides 2008 –2018. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Paris P.21.

Anonymous. 2014. Natural decline. Few biology degrees still feature natural history. Is the naturalist a species in crisis? *Nature*. **508**: 7-8.

Aymonin, G. 1962. Les messicoles vont-elles disparaître ? *Science et Nature*. **49**: 3-9.

Aymonin, G. G. 1973. La régression des arvicoles. Causes récentes et signification biocoenologique théorique du phénomène. *Symposium sur les espèces végétales menacées ou en voie de disparition*. Conseil de l'Europe, Arc et Senans (France). 14.

Baker, H. 1965. Characteristics and modes of origin of weeds. *in* Baker HG and Stebbins GL, editors. *The genetics of colonizing species*. Academic Press, New York (USA). 147-172.

Ball, B. C. et C. E. Crawford. 2009. Mechanical weeding effects on soil structure under field carrots (*Daucus carota* L.) and beans (*Vicia faba* L.). *Soil Use and Management*. **25**: 303–310.

Bassett, I. et C. Crompton. 1975. The biology of Canadian weeds. *Ambrosia artemisiifolia* L. and *A. psilostachya* DC. *Canadian Journal of Plant Science*. **55**: 463–476.

Beckert, M., Y. Dessaux, C. Charlier, H. Darmency, C. Richard, I. Savini et A. Tibi. 2011. Les variétés végétales tolérantes aux herbicides. Effets agronomiques, environnementaux, socio-économiques. CNRS-INRA (France) P.428.

Beeftink, W. 1985. Population dynamics of annual Salicornia species in the tidal salt marshes of the Oosterschelde, The Netherlands. *Vegetatio*. **61**: 127-136.

Bohan, D., A. Boursault, D. Brooks et S. Petit. 2011. National-scale regulation of the weed seedbank by carabid predators. *Journal of Applied Ecology*. **48**: 388-398.

Bornette, G., E. Tabacchi, C. Hupp, S. Puijalon et J. Rostan. 2008. A model of plant strategies in fluvial hydrosystems. *Freshwater Biology*. **53**: 1692-1705.

Bossuyt, B. et O. Honnay. 2008. Can the seed bank be used for ecological restoration? An overview of seed bank characteristics in European communities. *Journal of Vegetation Science*. **19**: 875-884.

Bouscasse, C. 1883. *Destruction des herbes nuisibles aux plantes agricoles*. Moreau Fils, Nantes (France). P.110.

Caussanel, J.-P. 1989. Nuisibilité et seuil de nuisibilité des mauvaises herbes dans une culture annuelle : situation de concurrence bispécifique. *Agronomie*. **9**: 219-240.

Chabrerie, O., D. Alard et B. Touzard. 2002. Diversité de la végétation et du réservoir de graines du sol dans une pelouse calcicole du nord-ouest de la France. *Canadian Journal of Botany*. **80**: 827–840.

Chollet, D., C. Mircovich et E. Pilorgé. 1998. La lutte contre l'ambroisie dans les tournesols. *Phytoma, La défense des végétaux*. **504**: 30-32.

Chun, Y., B. Fumanal, B. Laitung et F. Bretagnolle. 2010. Gene flow and population admixture as the primary post-invasion processes in common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) populations in France. *New Phytologist*. **185**: 1100–1107.

Cousens, R. et M. Mortimer. 1995. *Dynamics of Weed Populations*

Darmency, H. et J. Gasquez. 1990. Résistance aux herbicides chez les mauvaises herbes. *Agronomie*. **6**: 457-472.

De Candolle, A. 1832. *Physiologie végétale ou Exposition des forces et des fonctions vitales des végétaux*. Béchet, Paris (France). P.1012.

Déchamp, C. et H. Méon. 2002. *Ambroisies – Polluants biologiques*. 2th edition. ARPPAM, Lyon (France). P.288.

Dejoux, J.-F., J.-M. Meynard, R. Reau, R. Roche et P. Saulas. 2003. Evaluation of environmentally-friendly crop management systems based on very early sowing dates for winter oilseed rape in France. *Agronomie*. **23**: 725-736.

Delabays, N., C. Bohren, G. Mermillod et A. Baker. 2008. Briser le cycle de l'ambroisie (*Ambrosia artemisiifolia* L.) pour épuiser son stock semencier dans les sites infestés. *Revue Suisse d'Agriculture*. **40**: 143-149.

Delabays, N. et G. Mermillod. 2002. The phenomenon of allelopathy: first field assessments. *Revue Suisse d'Agriculture*. **34**: 231-237.

Delabays, N. et N. M. Munier-Jolain. 2004. Inhibition de la croissance des mauvaises herbes après incorporation au sol de résidus végétaux : allélopathie ou modification du cycle de l'azote. *XIXe Conf. COLUMA, Journées Internationales sur la Lutte contre les Mauvaises Herbes*. AFPP, Dijon (France). non paginé.

Délye, C. et K. Boucansaud. 2008. A molecular assay for the proactive detection of target sitebased resistance to herbicides inhibiting acetolactate synthase in *Alopecurus myosuroides*. *Weed Research*. **48**: 97-101.

Délye, C., A. Matejicek et J. Gasquez. 2002. PCR-based detection of resistance to acetyl-CoA carboxylase-inhibiting herbicides in black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) and ryegrass (*Lolium rigidum* Gaud). *Pesticide management Science*. **58**: 474–478.

DiTommaso, A. 2004. Germination behavior of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) populations across a range of salinities. *Weed Science*. **52**: 1002–1009.

Ducerf, G. et C. Thiry. 2010 *Les plantes bio-indicatrices. Guide de diagnostic des sols*. Promonature, Briant. P.352.

Duhautois, L. et M. Hoff. 2000. La flore de France, enjeu majeur de la politique de conservation de la nature. *Les données de l 'Environnement - flore*. **54**: 1-4.

Dupraz, C. et A. Capillon. 2005. L'agroforesterie : une voie de diversification écologique de l'agriculture européenne ? *Cahier d'étude DEMETER - Economie et Stratégies agricoles*. 101-113

Faurie, C., C. Ferra, P. Médori, J. Dévaux et J.-L. Hemptinne. 2011. *Ecologie - Approche scientifique et pratique*. 6e édition edition. Tec & Doc. P.407.

Fédération des Conservatoires botaniques nationaux. 2014. Atlas de la Flore de France. Mars 2014. http://siflore.fcbn.fr/?cd_ref=&r=metro

Ferragu, C. et I. Tron. 2010. Pesticides et santé : état des connaissances sur les effets chroniques en 2009. Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales de Bretagne P.120.

Forcella, F. 1992. Prediction of weed seedling densities from buried seed reserves. *Weed Research*. **32**: 29–38.

Fried, G., M. Bombarde, M. Delos, J. Gasquez et X. Reboud. 2005. Les mauvaises herbes du maïs : ce qui a changé en 30 ans. *Phytoma - La Défense des Végétaux*. **586**: 47-51.

Fried, G., L. Norton et Reboud X. 2008. Environmental and management factors determining weed species composition and diversity in France. *Agriculture Ecosystems & Environment*. **128**: 68-76.

Fried, G., S. Petit et X. Reboud. 2010. A specialist-generalist classification of the arable flora and its response to changes in agricultural practices. *BMC Ecology*. **10**: 20.

Fron, G. 1917. *Plantes nuisibles à l'agriculture*. Baillière et Fils, Paris. P.346.

Fumanal, B. 2007. Caractérisation des traits biologiques et des processus évolutifs d'une espèce envahissante en France : *Ambrosia artemisiifolia* L. Université de Bourgogne, Dijon (France). P.237.

Gaba, S., Fried G, E. Kazakou, B. Chauvel et M. Navas. 2014. Agroecological weed control using a functional approach: a review of cropping systems diversity. *Agronomy for Sustainable Development*. **34**: 103–119.

Gard, B., F. Bretagnolle, F. Dessaint et B. Laitung. 2013. Invasive and native populations of common ragweed exhibit strong tolerance to foliar damage. *Basic and Applied Ecology*. **14**: 28–35.

Genton, B. J., P. M. Kotanen, P.-O. Cheptou, C. Adolphe et J. A. Shykoff. 2005. Enemy release but no evolutionary loss of defence in a plant invasion: an inter-continental reciprocal transplant experiment. *Oecologia*. **146**: 404–414.

Gerber, E., Schaffner U, Gassman A, H. Hinz, M. Seier et Muller-Schärrer H. 2011. Prospects for biological control of *Ambrosia artemisiifolia* in Europe: learning from the past. *Weed Research*. **51**: 559–573.

Gladieux, P., T. Giraud, L. Kiss, B. J. Genton, O. Jonot et J. A. Shykoff. 2011. Distinct invasion sources of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) in Eastern and Western Europe. *Biological Invasions*. **13**: 933-944.

Godinho, I. 1984. Les définitions d'`adventice' et de `mauvaise herbe'. *Weed Research*. **24**: 121-125.

Gournay (de) X. 1963. La lutte contre le vulpin des champs (*Alopecurus myosuroides* Huds.) dans les cultures de blé d'hiver. *Annales de Physiologie Vegétale*. **5**: 229-247.

Griffith-Jones, J. 1978. *L'utilité des mauvaises herbes - Faites travailler les plantes à votre place*. Edisud (traduction), Aix-en-Provence. P.51.

Griffon, M. 2010. *Pour des agricultures écologiquement intensives*. Editions de l'Aube edition, La Tour d'Aigues. P.112.

Guillemin, J.-P. et J.-M. Thomas. 1998. Nuisibilité des adventices dans une culture d'oignon. *XVe Conférence du COLUMA, Journées Internationales sur la lutte contre les Mauvaises Herbes*. ANPP Annales, Versailles (France). **I**: 63-70.

Hamel, A. et P. Dansereau. 1949. L'aspect écologique du problème des mauvaises herbes. *Bulletin du Service de Biogéographie*. **5**: 3-47.

Hillocks, R. J. 1998. The potential benefits of weeds with reference to small holder agriculture in Africa. *Integrated Pest Management Reviews*. **3**: 155-167.

Holland, J., M. Hutchison, B. Smith et N. Aebischer. 2006. A review of invertebrates and seed-bearing plants as food for farmland birds in Europe. *Annals of Applied Biology*. **148**: 49-71.

Holzner, W. et M. Numata. 1982. *Biology and Ecology of Weeds*, The Hague, Netherlands

Hooks, G., T. Napier et M. Carter. 1983. Correlates of adoption behaviors. The case of farm technologies. *Rural Sociology*. **48**: 308–323.

Institut français de l'environnement, I. 2007. Les pesticides dans les eaux - Données 2005. IFEN, Orléans (France) P.36.

Institut français de l'environnement, I. 2010. L'environnement en France, Edition 2010. 2102-474X, Saint-Jean-de-Braye P.150.

Jauzein, P. 1995. *Flore des champs cultivés*. SOPRA-INRA, Paris. P.898.

Jauzein, P. 1997. La notion de messicole. Tentative de définition et de classification. *Le Monde des Plantes*. **458**: 19-23.

Jauzein, P. 2001a. Biodiversité des champs cultivés : l'enrichissement floristique. *Dossiers de l'Environnement de l'INRA - Agriculture et biodiversité des plantes*. **21**: 43-64.

Jauzein, P. 2001b. L'appauvrissement floristique des champs cultivés *Dossiers de l'Environnement de l'INRA - Agriculture et biodiversité des plantes*. **21**: 65-78.

Joigneaux, P. 1863. *Le livre de la ferme et des maisons de campagne*. Masson & Fils, Paris. P.1008.

Jussiaux, P. et R. Péquignot. 1962. *Mauvaises herbes : techniques modernes de lutte*. Maison Rustique, Paris (France). P.222.

Klingman, G. et F. Ashton. 1975. *Weed Science: Principles and Practices.* Ed. John Wiley & Sons, New York. P.431.

Landis, D. A., S. D. Wratten et G. F. Gurr. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*. **45**: 175–201.

Lavorel, S., B. Touzard, J. Lebreton et B. Clement. 1998. Identifying functional groups for response to disturbance in an abandoned pasture. *Journal of Ecology*. **19**: 227-240.

Leishman, M. R., I. J. Wright, A. T. Moles et M. Westoby. 2000. Seeds: the evolutionary ecology of seed size. *in* Fenner, editor. *The ecology of regeneration in plant communities*. CAB International, New York (USA). 31-57.

Marshall, E. J. P., V. K. Brown, N. D. Boatman, P. J. W. Lutman, G. R. Squire et L. K. Ward. 2003. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Research*. **43**: 77-89.

Masle-Meynard, J. 1980. L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence de différentes caractéristisques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière. Docteur-Ingénieur. Institut National Agronomique de Paris-Grignon, Paris. P. 274.

Meerts, P. 1993. La régression des plantes messicoles en Belgique. *Actes du colloque " Faut-il sauver les mauvaises herbes ? "*. Conservatoire botanique national de Gap-Charance, Gap-Charance (France). 49-55.

Meunault, E. et H. Rousseau. 1902. *Les plantes nuisibles en agriculture et en horticulture*. Octave Doin et Librairie Agricoles, Paris. P.314.

Milberg, P. et E. Hallgren. 2004. Yield loss due to weeds in cereals and its large-scale variability in Sweden. *Field Crops Research*. **86** 199–209.

Millennium Ecosystem Assessment, M. 2005. *Millennium Ecosystem Assessment - Ecosystems and human well-being: current state and trends*. Island Press, Washington, D.C.

Mohler, C. L., C. Dykeman, E. B. Nelson et A. DiTommaso. 2012. Reduction in weed seedling emergence by pathogens following the incorporation of green crop residue *Weed Research*. **52**: 476-477.

Mollison, B. 2012. *Introduction à la Permaculture*. Seconde edition. Passerelle Éco

Moore, K. et L. Moser. 1995. Quantifying developmental morphology of perennial grasses. *Crop Science*. **35**: 37–43.

Moss, S. 2007. Weed management: is it a case of trying to predict the unpredictable? *European Weed Research Society, 14th EWRS Symposium*, Hamar (Norway). 10.

Moss, S. et G. Cussans. 1985. Variability in the susceptibility of *Alopecurus myosuroides* Huds. (black-grass) to chlortoluron and isoproturon. *Aspect of Applied Biology*. **9**: 91-98.

Moss, S. R. 1990. The seed cycle of Alopecurus myosuroides in winter cereals: a quantitative analysis. *Proc. E.W.R.S. Symposium 1990, Integrated Weed Management in cereals*. 27-36.

Muller, S., (coordinateur). 2004. *Plantes invasives en France : état des connaissances et propositions d'action*. Publications Scientifiques du Muséum national d'histoire naturelle, Paris. P.168.

Naylor, B. 1960. Species differenciation in the genus Lolium. *Heredity*. **15**: 219-233.

Naylor, R. 1972 *Alopecurus myosuroides* Huds. (*A. agrestis* L.). Biological Flora of the British Isles. *Journal of Ecology*. **60**: 611-622.

Naylor, R. E. L. 2002. *Weed management handbook*. 9 edition. Blackwell, Oxford (Grande Bretagne)

Niemann, P. et W. Pestemer. 1984. Resistenz verschiedener Herkünfte von Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*) gegenüber Herbizidbehandlungen. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **36**: 113-118.

Oerke, E. 2006. Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*. **144**: 31-43.

Oerke, E. et H. Dehne. 1997. Global crop production and the efficacy of crop protection - Current situation and future trends. *European Journal of Plant Pathology*. **103**: 203-215.

Olivereau, F. 1996. Les plantes messicoles des plaines françaises. *Le Courrier de l'environnement*. **28**: 5-18.

Pardo, G., M. Riravololona et N. Munier-Jolain. 2010. Using a farming system model to evaluate cropping system prototypes: Are labour constraints and economic performances hampering the adoption of Integrated Weed Management? . *European Journal of Agronomy*. **33**: 24-32.

Parker, C. 2012. Parasitic Weeds: A World Challenge. *Weed Science*. **60**: 269-276.

Pimentel, D., R. Zuniga et D. Morrison. 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics*. **52**: 273–288.

Prioux, S. et G. Bertin. 2007. Lutte contre l'ambroisie : la solution tribénuron méthyle pour le désherbage du tournesol. *Vingtième Conférence du Columa - Journées Internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes*, Dijon (France). non paginé.

Raunkiær, C. 1934. *The life forms of plants and statistical plant geography*. Oxford University Press, Oxford (Great Britain). P.632.

Robinson, R. et W. Sutherland. 1999. The winter distribution of seed-eating birds: babitat structure, seed density and seasonal depletion. *Ecography*. **22**: 447-454.

Rodriguez, A. et J. Mamarot. 1994. Salissement des terres par la jachère. Une étude en Midi-Pyrénées. *Phytoma – La Défense des végétaux*. **459**: 24-28.

Rubin, B., T. Yaacoby et M. Schonfeld. 1985. Triazine resistant grass weeds : cross resistance with wheat herbicide: triazine a possible threat to cereal crops. *British Crop Protection Conference - Weeds*. 1171-1178.

Silvy, C. 1995. Quantifions le phytosanitaire II. *Le Courrier de l'environnement*. **25**: 80-91.

Simard, M.-J. et D. L. Benoît. 2011. Effect of repetitive mowing on common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) pollen and seed production. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*. **18**: 55-62.

Stassart, P. M., P. Baret, J.-C. Grégoire, T. Hance, M. Mormont, D. Reheul, D. Stilmant, G. Vanloqueren et M. Visser. 2012. L'agroécologie : trajectoire et potentiel Pour une transition vers des systèmes alimentaires durables. *Agroéocologie, entre pratiques et sciences sociales*. Educagri, Dijon (France). 25-51.

Stinson, K. A. et F. A. Bazzaz. 2006. CO2 enrichment reduces reproductive dominance in competing stands of *Ambrosia artemisiifolia (*common ragweed). *Oecologia*. **147**: 155-163.

Storkey, J. 2006. A functionnal group approach to the management of UK arable weeds to support biological diversity. *Weed Research*. **46**: 513-522.

Storkey, J. et D. Westbury. 2007. Managing arable weeds for diversity. *Pesticide management Science*. **63**: 517-523.

Stryckers, J. et P. Delputte. 1965. Biologie et propagation du vulpin des champs *Alopecurus myosuroides*. *Revue de l'agriculture*. **8**: 813-836.

Taylor, J., M. Loux, S. Harrison et E. Regnier. 2002. Response of ALS-Resistant common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) and giant ragweed (*Ambrosia trifida*) to ALS-Inhibiting and alternative herbicides. *Weed Technology*. **16**: 815–825.

Thomas, J.-M. et J.-P. Guillemin. 2000. Modélisation de la croissance de l'oignon cultivé en situation de concurrence avec les mauvaises herbes. *XIe International Conference on Weed Biology*. ANPP Annales, Dijon (France), 6-8 septembre. 289-296.

Torresen, K. et R. Skuterud. 2002. Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. IV. Changes in the weed flora and weed seedbank. *Crop Protection*. **21**: 179–193.

Trichard, A. 2014. Effets de pratiques locales et du paysage sur des communautés en interaction : la prédation des adventices par les Carabidae en semis direct. University of Burgundy, Dijon (France). P.Sous Presse.

Trichard, A., A. Alignier, L. Biju-Duval et S. Petit. 2013. The relative effects of local management and landscape context on weed seed predation and carabid functional groups. *Basic and Applied Ecology*. **14**: 235-245.

Triplett, G. et A. Warren. 2008. No-tillage crop production: a revolution in agriculture! *Agronomy Journal*. **100**: 153-165.

Van der Weide RY, Bleeker PO, Achten VTJM, Lotz LAP, Fogerlberg F et Melander B. 2008. Innovation in mechanical weed control in crop rows. *Weed Research*. **48**: 215–224.

Vitalos, M. et G. Karrer. 2009. Dispersal of *Ambrosia artemisiifolia* seeds along roads: the contribution of traffic and mowing machines. *Biological Invasions: Towards a Synthesis Neobiota*. Pyšek, P, Pergl, J. 53-60.

Wezel, A., S. Bellon, T. Doré, C. Francis, D. Vallod et C. David. 2009. Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. **29**: 503–515.

Yaacoby, T., M. Schonfeld et B. Rubin. 1986. Characteristics of atrazine-resistant biotypes of three grass weeds. *Weed Science*. **34**: 181-184.

Yu, Q., S. Huang et S. Powles. 2010. Direct measurement of paraquat in leaf protoplasts indicates vacuolar paraquat sequestration as a resistance mechanism in *Lolium rigidum*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. **98**: 104–109.