

Agronomie

environnement & sociétés



**Démarches cliniques
en agronomie
et outils pour les agriculteurs
Et leurs conseillers**

Agronomie, Environnement & Sociétés

Revue éditée par l'Association française d'agronomie (Afa)

Siège : 16 rue Claude Bernard, 75231 Paris Cedex 05.

Secrétariat : 2 place Viala, 34060 Montpellier Cedex 2.

Contact : afa@inrae.fr, T : (00-33)4 99 61 26 42, F : (00-33)4 99 61 29 45

Site Internet : <http://www.agronomie.asso.fr>

Objectif

AE&S est une revue en ligne à comité de lecture et en accès libre destinée à alimenter les débats sur des thèmes clefs pour l'agriculture et l'agronomie, qui publie différents types d'articles (scientifiques sur des états des connaissances, des lieux, des études de cas, etc.) mais aussi des contributions plus en prise avec un contexte immédiat (débats, entretiens, témoignages, points de vue, controverses) ainsi que des actualités sur la discipline agronomique.

ISSN 1775-4240

Contenu sous licence Creative commons



Les articles sont publiés sous la *licence Creative Commons 2.0*. La citation ou la reproduction de tout article doit mentionner son titre, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue AE&S et de son URL, ainsi que la date de publication.

Directeur de la publication

Antoine MESSÉAN, président de l'Afa, Ingénieur de recherches, Inra

Rédacteur en chef

Olivier RÉCHAUCHÈRE, chargé d'études Direction de l'Expertise, Prospective & Etudes, Inra

Membres du bureau éditorial

Christine RAWSKI, Rédactrice en chef Cahiers Agricultures, Cirad

Guy TRÉBUIL, chercheur Cirad

Philippe PRÉVOST, Chargé des coopérations numériques à Agreenium

Danielle LANQUETUIT, consultante Triog et webmaster Afa

Comité de rédaction

- Marc BENOÎT, directeur de recherches Inra
- Héloïse BOURREAU, ingénieure à la Bergerie de Villarceaux
- Camille DUMAT, enseignante chercheuse à l'ENSAT/INPT
- Thierry DORÉ, professeur d'agronomie AgroParisTech
- Yves FRANCOIS, agriculteur
- Jean-Jacques GAILLETON, inspecteur d'agronomie de l'enseignement technique agricole
- Laure HOSSARD, ingénieure de recherche Inra Sad
- Marie-Hélène JEUFFROY, directrice de recherche Inra et agricultrice
- Aude JOMIER, enseignante d'agronomie au lycée agricole de Montpellier
- Christine LECLERCQ, professeure d'agronomie Institut Lassalle-Beauvais
- Francis MACARY, ingénieur de recherches Irstea
- Antoine MESSEAN, Ingénieur de recherches, Inra
- Adeline MICHEL, Ingénieure du service agronomie du Centre d'économie rurale de la Manche
- Marc MIQUEL, consultant
- Bertrand OMON, Chambre d'agriculture de l'Eure
- Thierry PAPILLON, enseignant au lycée agricole de Laval
- Philippe POINTEREAU, directeur du pôle agro-environnement à Solagro
- Philippe PRÉVOST, Chargé des coopérations numériques à Agreenium
- Bruno RAPIDEL, Cirad
- Jean-Marie SERONIE, consultant

Secrétaire de rédaction

Philippe PREVOST

Assistante éditoriale

Danielle LANQUETUIT

Conditions d'abonnement

Les numéros d'AE&S sont principalement diffusés en ligne. La diffusion papier n'est réalisée qu'en direction des adhérents de l'Afa ayant acquitté un supplément

(voir conditions à <http://www.agronomie.asso.fr/espace-adherent/devenir-adherent/>)

Périodicité

Semestrielle, numéros paraissant en juin et décembre

Archivage

Tous les numéros sont accessibles à l'adresse <http://www.agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/evenements-de-lafa/revue-en-ligne/>

Soutien à la revue

- En adhérant à l'Afa via le site Internet de l'association (<http://www.agronomie.asso.fr/espace-adherent/devenir-adherent/>). Les adhérents peuvent être invités pour la relecture d'articles.
- En informant votre entourage au sujet de la revue AE&S, en disséminant son URL auprès de vos collègues et étudiants.
- En contactant la bibliothèque de votre institution pour vous assurer que la revue AE&S y est connue.
- Si vous avez produit un texte intéressant traitant de l'agronomie, en le soumettant à la revue. En pensant aussi à la revue AE&S pour la publication d'un numéro spécial suite à une conférence agronomique dans laquelle vous êtes impliqué.

Instructions aux auteurs

Si vous êtes intéressé(e) par la soumission d'un manuscrit à la revue AE&S, les recommandations aux auteurs sont disponibles à l'adresse suivante :

<http://www.agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/evenements-de-lafa/revue-en-ligne/pour-les-auteurs/>

À propos de l'Afa

L'Afa a été créée pour faire en sorte que se constitue en France une véritable communauté scientifique et technique autour de cette discipline, par-delà la diversité des métiers et appartenances professionnelles des agronomes ou personnes s'intéressant à l'agronomie. Pour l'Afa, le terme agronomie désigne une discipline scientifique et technologique dont le champ est bien délimité, comme l'illustre cette définition courante : « *Etude scientifique des relations entre les plantes cultivées, le milieu [envisagé sous ses aspects physiques, chimiques et biologiques] et les techniques agricoles* ». Ainsi considérée, l'agronomie est l'une des disciplines concourant à l'étude des questions en rapport avec l'agriculture (dont l'ensemble correspond à l'agronomie au sens large). Plus qu'une société savante, l'Afa veut être avant tout un carrefour interprofessionnel, lieu d'échanges et de débats. Elle se donne deux finalités principales : (i) développer le recours aux concepts, méthodes et techniques de l'agronomie pour appréhender et résoudre les problèmes d'alimentation, d'environnement et de développement durable, aux différentes échelles où ils se posent, de la parcelle à la planète ; (ii) contribuer à ce que l'agronomie évolue en prenant en compte les nouveaux enjeux sociétaux, en intégrant les acquis scientifiques et technologiques, et en s'adaptant à l'évolution des métiers d'agronomes.

Lisez et faites lire AE&S !

Sommaire

P-7- Avant-propos

A. MESSÉAN (Président de l'Afa) et O. RÉCHAUCHÈRE (Rédacteur en chef)

P-9- Éditorial

P. PRÉVOST, H. BOIZARD, F. KOCKMANN, B. OMON et T. PAPILLON (coordonnateurs du numéro)

Mise en perspective des démarches cliniques en agronomie

P15- La démarche clinique en agronomie : sa mise en pratique entre conseiller et agriculteur

F. KOCKMANN, A. POUZET, B. OMON, L. PAVARANO et M. CERF

P27- Vers un diagnostic agronomique stratégique intégrant les enjeux environnementaux : mener l'enquête pour piloter le système de culture sur le temps long

M. CERF, V. PARNAUDEAU et R. REAU

P39- IDEA4 : une méthode de diagnostic pour une évaluation clinique de la durabilité en agriculture

F. ZAHM, J.M. BARBIER, S. COHEN, H. BOUREAU, S. GIRARD, D. CARAYON, A. ALONSO UGAGLIA, B. DEL'HOMME, M. GAFSI, P. GASSELIN, L. GUICHARD, C. LOYCE, V. MANNEVILLE et B. REDLINGSHÖFER

Les outils de diagnostic de la qualité des sols : du profil cultural aux méthodes et outils actuels

P55- Les méthodes visuelles d'évaluation de la structure du sol au service d'une démarche clinique en agronomie

H. BOIZARD, J. PEIGNE, J.F. VIAN, A. DUPARQUE, V. TOMIS, A. JOHANNES, P. METAIS, M.C. SASAL, P. BOIVIN et J. ROGER-ESTRADE

P77- Apprentissage et pratique du test bêche VESS par application mobile

A. JOHANNES, K. GONDRET, A. MATTER et P. BOIVIN

P81- Evaluer visuellement la structure à l'échelle de l'échantillon : méthode et exemple d'application

A. JOHANNES et P. BOIVIN

P87- Des méthodes bêches dérivées de la méthode du profil cultural

J. PEIGNE, S. CADOUX, P. METAIS et J.F. VIAN

P95- L'utilisation de la méthode du profil cultural en Argentine : quel apport à la connaissance du fonctionnement des systèmes de culture ?

J.J. DE BATTISTA, M.C. SASAL

P99- La complémentarité de deux méthodes : le Profil Pénétrométrique Interpolé du SOL (PPIS) et le profil cultural en contexte de chantiers lourds

O. SUC et O. ANCELIN

P101- Témoignages sur l'utilisation et la complémentarité des méthodes visuelles d'évaluation de la structure du sol dans le cadre du projet Sol-D'Phy

V. TOMIS et A. DUPARQUE

La démarche clinique au service de l'évolution d'une technique culturale : la gestion des adventices

P105- La gestion durable de la flore adventice des cultures (B. CHAUVEL, H. DARMENCY et C. MUNIER-JOLAIN et A. RODRIGUEZ, coordonnateurs, Ed. QUAE, 2019)

P. PREVOST

P111- Du champ virtuel au champ réel – Ou comment utiliser un modèle de simulation pour diagnostiquer des stratégies durables de gestion des adventices et reconcevoir des systèmes de culture

N. COLBACH, S. CORDEAU, W. QUEYREL, T. MAILLOT, J. VILLERD, D. MOREAU

P131- utilisation du modèle FLORSYS comme outil d'aide à la conception de systèmes de culture innovants performants pour la gestion durable des adventices : exemple d'un groupe DEPHY Ferme de l'Eure

N. CAVAN, B. OMON, N. COLBACH, F. ANGEVIN

P145- Agriculteurs et conseillers, réunis autour d'une source karstique, actionnent l'agronomie avec pragmatisme

A. HERMANT, A. FAIVRE, V. LE MOING, C. DIVO, V. LAVILLE

P153- Le stock de semences adventices peut-il être utilisé dans les études de terrain sur l'effet des systèmes de culture

I. MAHE, D. DERROUCH, E. VIEREN, B. CHAUVEL

D'autres expériences de terrain illustrant des démarches cliniques en agronomie

P163- Les essais systèmes, support pour accompagner le changement des pratiques

P. HUET et L. GUILLOMO

P169- La végétation des bordures de parcelles agricoles, des espaces importants pour le contrôle biologique

A. POLLIER, A. BISCHOFF, M. PLANTAGENEST, Y. TRICAULT

P175- Vers une gestion adaptée des prairies multi-espèces et une maximisation du pâturage dans les systèmes herbagers du sud-ouest de la France

X. BARAT

Varia

P187- Indésirables, tolérées, revendiquées : à chacun ses plantes messicoles. Perceptions des acteurs du monde agricole vis-à-vis des plantes des moissons

R. GARRETA, B. MORISSON, J. CAMBACEDES et A. RODRIGUEZ

Notes de lecture

P195- Les typologies agronomiques des sols, indispensables pour valoriser les référentiels régionaux en pédologie

F. KOCKMANN

P199- Agroecosystem diversity: reconciling contemporary agriculture and environmental quality

J. BOIFFI



La gestion durable de la flore adventice des cultures¹

Note de lecture rédigée par Philippe Prévost*

*Agreenium, philippe.prevost@agreenium.fr

Cet ouvrage collectif, sous la coordination de Bruno Chauvel, Henri Darmency, Nicolas Munier-Jolain et Alain Rodriguez, arrive à point nommé, comme le précise Jean-Roger Estrade dans l'avant-propos du livre car « au cœur du débat sur la nécessaire transition agroécologique de l'agriculture », le problème de la gestion des « mauvaises herbes » étant crucial. En effet, les agriculteurs savent à quel point la concurrence des adventices avec la culture au sein de la parcelle peut impacter le rendement de la récolte, mais aussi combien le risque d'accroissement rapide du stock semencier en graines d'adventices peut leur faire perdre des années de lutte contre les « mauvaises herbes ». Et la tension qui arrive, avec la nécessaire réduction des matières actives herbicides, nécessite que toute la communauté des agronomes, qu'ils soient chercheurs, conseillers agricoles ou agriculteurs, se mobilise pour permettre aux agriculteurs de gérer durablement les adventices.

Cet ouvrage se présente avant tout comme une synthèse des connaissances sur la flore adventice et de leur gestion en culture. Composé de trois parties et de dix-huit chapitres courts, sa structuration claire et son style simple, tout en s'appuyant sur de nombreuses références scientifiques, permettent au lecteur de sortir de la lecture de cet ouvrage avec une connaissance globale de la problématique actuelle de la gestion des adventices.

L'intérêt didactique de cet ouvrage nous encourage à proposer un résumé de chacun des chapitres, même si nous courons le risque que la synthèse d'une synthèse soit jugée très superficielle, en particulier par les auteurs. Cela nous permettra d'interroger ensuite l'apport de cet ouvrage au regard de la thématique générale du numéro d'Agronomie, environnement & sociétés dans lequel ce texte s'insère².

Dans la première partie de l'ouvrage, « **Les adventices dans l'agroécosystème : mieux connaître les espèces pour mieux les gérer** », cinq chapitres exposent les connaissances écologiques nécessaires à une gestion durable des adventices.

Repartir des débuts de l'agriculture, à la période du Néolithique, pour comprendre les étapes dans la gestion de la flore adventice, permet de comprendre pourquoi l'agriculteur est aujourd'hui in-

quiet à l'idée de ne plus disposer de moyens suffisants pour ce qui a toujours été considéré comme une lutte (*Chapitre 1 : historique de la gestion de la flore adventice*). Ce n'est en effet que dans les dernières décennies, avec l'arrivée des herbicides chimiques de synthèse, que cette gestion est devenue beaucoup plus facile. C'est aussi certainement pour cela que l'on a remplacé très tardivement dans l'enseignement d'agronomie l'expression « lutte contre les mauvaises herbes » par « gestion des adventices » (dans les années 80, lorsque l'agronomie a remplacé la phytotechnie), même si le terme adventice a été emprunté par des agronomes à la philosophie à la fin du 18^{ème} siècle. Et malgré ce changement, rares sont les agriculteurs actuels qui utilisent le terme « adventice », lui préférant le terme « mauvaise herbe ». L'auteur raconte ainsi dans ce chapitre l'évolution de la gestion des adventices, après avoir rappelé l'histoire longue des termes « mauvaise herbe » et « adventice », et les changements dans la composition de la flore, selon les adaptations d'espèces indigènes dans leur physiologie (vivace vs annuelle), leur reproduction (sexuée vs asexuée) ou leurs capacités de survie (dormance des graines) et les migrations d'espèces d'une région à l'autre.

Le chapitre 2 traite de la diversité de la flore des champs cultivés et des réponses à l'évolution des pratiques agricoles en France, en proposant de s'intéresser non pas seulement aux quelques espèces qui posent un problème aux agriculteurs, mais à l'ensemble de la communauté d'espèces. L'approche écologique par la communauté d'espèces présentes dans une parcelle de culture ou un espace local permet non seulement d'avoir une vision de la diversité floristique mais surtout de connaître comment la sélection des espèces a pu se faire au fil du temps (les écologues parlent de filtres, comme l'exigence thermique de germination ou le type de sol) à partir de traits fonctionnels sensibles aux contraintes imposées par les pratiques agricoles. Les communautés adventices s'assemblent donc au sein de l'agroécosystème de manière différenciée selon les pratiques de travail du sol, de désherbage chimique, de fertilisation, de gestion de l'eau (irrigation et drainage) et de succession des cultures. Mais les différentes espèces d'adventices peuvent cependant prendre plus ou moins de place dans la communauté, selon leur capacité d'adaptation ou de résistance aux pratiques agricoles, mais aussi selon leur caractère mimétique avec la culture (qui dépendra du cycle des cultures dans la succession des cultures) et selon leur plasticité (qu'elle soit en réponse à l'environnement ou par variation génétique).

Dans le prolongement de ce chapitre, le suivant aborde les processus impliqués, en réponse aux systèmes de culture, dans la dynamique démographique des communautés adventices qui dépend à la fois des traits écologiques et de la phénologie de chacune des espèces, et d'interactions avec le système de culture de l'agriculteur. Il est donc important de connaître les processus biophysiques qui influencent cette dynamique démographique, que ce soit le processus de dissémination ou celui de stockage semencier dans le sol (mortalité, dormance, germination, en interaction avec le travail du sol), ou le processus de développement au sein des cultures (accumulation de biomasse, plasticité morphologique, gestion

¹Editions Quae, 2019.

² Ce texte introduit un ensemble de textes présentant des démarches cliniques dans la pratique de gestion des adventices.

du stress et production de semences). Dans le champ cultivé, milieu optimisé pour les cultures, différentes stratégies des espèces d'adventices co-existent pour persister dans le milieu : profiter des conditions les plus favorables pour s'implanter avant la culture, attendre une culture favorable à leur développement, éviter les plantes voisines...

La nuisibilité des plantes adventices (compétition pour les ressources, quantification des pertes de rendement et de qualité des récoltes), objet du chapitre 4, est de différents types : directe lorsqu'elle est en concurrence avec la culture pour la lumière ou les éléments nutritifs facteurs limitants du rendement, indirecte lorsqu'elle favorise la contamination d'un ennemi de la culture ou qu'elle gêne la récolte ; primaire lorsqu'elle porte sur la culture de l'année ou secondaire lorsqu'elle impacte les cultures des années ultérieures par l'accroissement du stock semencier. La nuisibilité des adventices a pu être prouvée sur les grandes cultures, et en particulier les céréales, car le dépassement d'un certain niveau de présence (densité, biomasse, surface foliaire,...) a un impact sur le rendement de la culture. Mais trop peu de travaux ont étudié cette nuisibilité dans des conditions de diversité de la flore adventice (la concurrence est souvent étudiée dans le cadre d'une culture avec une espèce d'adventice résistante aux herbicides, et donc invasive) et cela n'a pas permis de connaître les dynamiques de communautés plus complexes qui pourraient être moins concurrentes de la culture.

Enfin, le dernier chapitre de cette partie aborde les fonctions et services des plantes adventices dans les agroécosystèmes. En effet, la nuisibilité des adventices peut être compensée par des services écosystémiques, qui ne peuvent pas toujours s'exprimer du fait du déclin de la biodiversité dans les agroécosystèmes. Au-delà de la diversité biologique caractérisée par le nombre des espèces présentes dans l'agroécosystème, c'est la caractérisation fonctionnelle de la biodiversité qui permet de comprendre comment les traits fonctionnels des espèces d'adventices peuvent apporter des services écosystémiques favorables au fonctionnement global de l'agroécosystème, y compris la production de la culture. Les interactions entre milieu et système de culture créent une diversité fonctionnelle dont les processus écosystémiques (production de biomasse des adventices, régulations trophiques incluant la faune auxiliaire, cycles biogéochimiques, cycle de l'eau) vont engendrer des services écosystémiques (approvisionnement pour la culture, abri et nourriture, couverture du sol, conservation de la biodiversité, valeurs culturelles). Les services écosystémiques des adventices ont encore peu fait l'objet de travaux et les travaux à venir devront permettre de mieux comprendre les relations diversité-processus-services adventices, afin d'identifier les compromis entre services fournis.

Après cette synthèse des connaissances du fonctionnement des communautés d'espèces adventices au sein de l'agroécosystème, la partie 2 « **Gestion durable de la flore adventice** » apporte les connaissances agronomiques les plus récentes sur le sujet, organisées en six chapitres.

Dans un premier chapitre, les leviers de la protection intégrée en grandes cultures (principes, modes d'action, efficacité) sont rappelés. La mise en œuvre de techniques alternatives à la lutte chimique s'appuie sur le concept de seuil d'intervention, lié à la maîtrise de la nuisibilité de l'ennemi de la culture.

Mais si ce principe fonctionne bien pour un ravageur ou un parasite, sa mise en œuvre dans la gestion des adventices est moins évidente, car non seulement les adventices constituent une communauté d'espèces dont la maîtrise de leur infestation dépend de nombreux paramètres, et en outre, les actions de régulation ne peuvent pas se limiter à la seule année de culture, compte tenu de la durée de survie des adventices et de leur faible déplacement dans l'espace. Aussi, la protection intégrée dans la gestion des adventices ne peut s'envisager qu'en associant une diversité de leviers de gestion de la flore adventice, engendrant la plupart du temps l'obligation de reconception des systèmes de culture. Ces leviers doivent être mobilisés de manière différenciée selon les milieux et les systèmes de culture, mais également d'autres nombreux critères, comme le matériel de travail du sol disponible ou les possibilités de vente de cultures de diversification.

Les leviers préventifs sont ceux agissant sur le stock semencier superficiel, comme la diversification des rotations et des périodes de semis, le raisonnement du travail du sol (labour, faux semis), l'absence d'apport extérieur de graines par la récolte ou le semis, ou la valorisation de la prédation par des organismes granivores.

Les leviers d'évitement sont ceux qui permettent l'esquive des levées d'adventices, comme l'adaptation de la date de semis de la culture ou l'absence de travail du sol pour limiter les germinations des semences adventices.

Les leviers d'atténuation de la compétition visent à manipuler le couvert cultivé, comme l'accroissement de la densité de semis, la date précoce de semis (par exemple en colza), ou le mélange d'espèces (l'exemple de l'association céréale-légumineuse).

Enfin, l'approche curative peut s'envisager par un désherbage alternatif au désherbage chimique, aujourd'hui essentiellement le désherbage mécanique en grande culture.

L'expérience de 17 ans de suivi de 5 systèmes de culture sur la station expérimentale de l'Inra Dijon a permis de mettre en évidence la possibilité de réduire de 99% l'usage d'herbicides, le levier majeur étant la longueur de la rotation associée au semis direct sans labour. Une autre expérience, celle du réseau Dephy, montre l'importance de construire des références locales au sein d'un réseau national, car la diversité des stratégies de gestion doit répondre à la diversité des situations de production.

Les possibilités de maîtrise de la flore adventice avec une très faible utilisation d'herbicides sont désormais connues, mais elles dépendent encore beaucoup du contexte de production, soit parce qu'il peut y avoir concurrence entre objectifs environnementaux (l'exemple de l'interculture piège à nitrates qui empêche le faux semis), soit parce qu'il n'y a pas les marchés de cultures de diversification permettant l'allongement de la rotation, soit encore parce que les équipements de l'exploitation, l'organisation du travail ou même les objectifs de l'agriculteur (l'objectif du rendement maximal) ne permettent pas de mobiliser certains leviers.

Après ce chapitre, les cinq suivants complètent cette approche de la protection intégrée par différentes voies d'amélioration des pratiques en vue d'une gestion durable de la flore adventice.

Le chapitre 7 traite de l'efficacité des traitements pour des économies d'herbicides dans le cas des céréales à paille.

Même si d'autres leviers à effet partiel doivent être mobilisés dans la gestion des adventices, le désherbage chimique reste actuellement le moyen de lutte le plus efficace pour maintenir la nuisibilité des adventices au-dessous du seuil de nuisibilité affectant le rendement de la culture. Aussi, de nombreux travaux apportent des résultats sur l'accroissement de l'efficacité des traitements, que ce soit par la réduction des doses, l'usage d'adjuvants améliorant l'efficacité de l'herbicide, la formulation des herbicides associant différentes molécules, la réduction du nombre de traitements, ou la réduction de la surface traitée grâce à l'agriculture de précision. Mais cette efficacité reste malgré tout toujours dépendante des conditions agropédologiques, et des types d'adventices qui sont gérées, car autant il est possible de réduire les doses avec des herbicides foliaires en traitant à un stade de développement précoce des adventices, autant c'est plus difficile avec des herbicides racinaires.

Le chapitre 8 (Prédation des graines et régulation biologique des adventices) présente une voie en exploration qu'est la régulation naturelle des adventices par les prédateurs naturels, en particulier par les consommateurs de graines, comme les carabes. Quelques travaux, encore peu nombreux, ont étudié les effets des pratiques agricoles ou les effets de l'agencement spatial et temporel des paysages agricoles sur la prédation des adventices, avec des résultats contrastés. Une autre piste de régulation biologique des adventices porte sur la possibilité d'utilisation des techniques de biocontrôle, soit en favorisant le développement de prédateurs naturels inféodés au milieu, soit en acclimatant un nouvel auxiliaire (l'exemple de la chrysomèle de l'ambrosie), soit en diffusant des microorganismes pathogènes d'espèces adventices envahissantes, soit encore par la conception de bioherbicides à base d'espèces ayant des propriétés allélopathiques avec une toxicité pour des adventices (exemple de l'acide pélargonique obtenu par extraction végétale utilisé en viticulture). Toutes ces voies de régulation biologique restent encore malheureusement peu documentées, ce qui ne permet pas encore des usages très importants de ces techniques de régulation biologique.

Le chapitre 9 s'intéresse aux modèles et aux outils pour piloter la gestion durable de la flore adventice.

En effet, la complexité du système champ cultivé-adventices engendre le plus souvent chez les praticiens la réflexion de la sécurisation dans la gestion des adventices, compte tenu des incertitudes et surtout du risque à long terme d'une mauvaise maîtrise du stock semencier. Aussi, les chercheurs et les conseillers recherchent des outils de modélisation qui permettent d'envisager des scénarios d'évolution de la flore en fonction des systèmes de culture. Les trois outils présentés dans ce chapitre sont très complémentaires :

- le modèle FLorsys, par sa prise en compte des interactions entre les techniques culturales et le climat, peut prédire l'évolution de la flore adventices selon différents systèmes de culture, ce qui permet à l'agriculteur de mesurer le risque avant de s'engager dans une reconception de son système de culture ;

- l'outil OdeRA systèmes est un outil d'évaluation du risque en adventices dans les systèmes de culture. Il s'appuie avant tout sur les connaissances des experts sur la physiologie des adventices et leur développement dans les systèmes de culture. Il est facile à utiliser dans le cadre du conseil auprès de

l'agriculteur pour décrire l'effet de nouvelles pratiques sur la dynamique des adventices, il ne prend pas en compte ni les désherbages chimiques réalisés, ni les variations pédo-climatiques ;

- l'outil DECID'herb est un outil d'aide au choix tactique des traitements herbicides, mais qui ne prend pas en compte la diversité des techniques de gestion des adventices. Et cet outil a par ailleurs été développé dans les années 2000 et mériterait d'être mis à jour.

Les outils de modélisation et de simulation permettant d'assister la prise de décision de l'agriculteur dans la gestion des adventices constituent également un champ de recherche pluridisciplinaire encore peu développé dans le champ de la gestion des adventices, alors que les besoins sont aujourd'hui très importants.

Le chapitre 10 traite du désherbage de précision. L'innovation dans les agroéquipements est une des voies prometteuses pour l'évolution des pratiques de désherbage, principalement grâce aux technologies de géolocalisation, aux systèmes de détection (capteurs et vecteurs, analyse des données et critères de décision) et aux nouveaux équipements (robots, drones,...). Toutes ces innovations sont numériques et elles impactent les différentes techniques de désherbage en permettant d'accroître très fortement la précision de la pratique, que ce soit en désherbage mécanique ou chimique. Pour le désherbage mécanique, le guidage par caméra de l'outil permet d'éviter la destruction des plantules de la culture tout en supprimant un maximum des adventices dans l'inter-rang. Il existe également aujourd'hui des systèmes de guidage pour désherber sur le rang, mais cela ne peut encore concerner que quelques cultures comme les plantes maraîchères, compte tenu du coût. Quant au désherbage chimique, l'apport des technologies de l'agriculture de précision permet à l'agriculteur « d'apporter la bonne dose au bon endroit », la pulvérisation pouvant être localisée aux seuls endroits de la présence d'adventices. C'est aussi un moyen pour réduire les manques ou les recouvrements sur la parcelle du passage des rampes du pulvérisateur.

Enfin, le chapitre 11 (*Comprendre, prévenir et gérer les résistances aux herbicides*) aborde le délicat problème de la résistance d'espèces d'adventices aux moyens de lutte chimique. Le caractère héréditaire de la résistance d'une espèce d'adventice aux herbicides arrive par phénomène darwinien à la suite d'usages répétés d'herbicides ayant le même mode d'action. Les différents travaux qui ont étudié les différents modes d'action herbicides et les modalités de l'action des herbicides entraînant des résistances d'espèces adventices ont permis de bien connaître le processus de résistance. En France, 17 espèces d'adventices ont développé des résistances et l'enrayement de l'évolution de la résistance nécessite un raisonnement de la gestion des adventices qui va au-delà du « tout chimique ». Seul un désherbage *adapté, diversifié et efficace* permet d'enrayer l'évolution des résistances, ce qui signifie que chaque situation demande d'adapter différentes pratiques non-chimiques et chimiques, ces dernières devant associer et alterner les modes d'action herbicides. Et l'expérience des variétés tolérantes aux herbicides, en particulier les variétés transgéniques, montre qu'il reste illusoire de simplifier les pratiques de désherbage et que la solution durable passe par la diversité des pratiques.

La troisième et dernière partie de l'ouvrage (« **Études de cas** ») permet de contextualiser les connaissances présentées dans les deux premières parties pour des systèmes de culture spécifiques ou extérieurs à la France métropolitaine.

Les deux premiers chapitres de cette partie abordent les systèmes spécifiques de l'agriculture de conservation et de l'agriculture biologique.

En agriculture de conservation, le semis direct en non-travail du sol et sous couvert est la technique majeure de ce système qui vise à réduire au maximum les perturbations du sol. L'arrêt du travail du sol est un véritable enjeu agronomique car l'agroécosystème évolue de manière différente que les parcelles travaillées, avec des effets positifs (augmentation du taux de matière organique, meilleure connectivité porale, réduction des phénomènes d'érosion, et meilleure activité des lombrics), mais également des effets négatifs (acidification des horizons de surface, développement des microrongeurs, et difficultés de gestion de la flore adventice). Pour ce qui concerne la flore adventice, le semis direct sous couvert a tendance à engendrer une évolution de la flore, à la fois quantitative par l'augmentation du stock semencier, et qualitative, avec le développement des espèces vivaces et des poacées annuelles, mais les études montrent des résultats très variés selon les conditions pédo-climatiques et agronomiques. C'est en grande partie pour cela que le semis direct a progressivement été associé à l'usage du glyphosate en période d'interculture. Dans ce système de semis direct, il est fortement espéré des régulations biologiques, soit par la prédation des graines adventices, soit par la compétition engendrée par les couverts en interculture ou sous la culture, soit par l'allélopathie, mais ces régulations biologiques sont d'une telle variabilité qu'il est difficile de les prendre en compte dans une stratégie de désherbage. Comme pour les autres systèmes de culture, l'allongement de la rotation et la diversification des cultures représentent un des meilleurs moyens de lutte contre la spécialisation de la flore adventice.

En agriculture biologique, les systèmes de culture sont les plus exigeants du point de vue technique, compte tenu de l'absence de solution chimique dans la lutte contre les adventices des cultures. La connaissance fine de la biologie des espèces d'adventices présentes dans le milieu et l'adaptation des pratiques de gestion aux caractéristiques de la flore existante sont indispensables à une bonne gestion du désherbage. Le risque d'accroissement du stock semencier exige par ailleurs une surveillance aigüe du taux annuel de décroissance (TAD) afin d'éviter une infestation de la parcelle très difficile à gérer par la suite. La gestion du désherbage en agriculture biologique doit ainsi combiner un ensemble d'opérations de travail du sol permettant de réduire le stock semencier (faux semis), d'éloigner le risque de levée (labour), puis de gérer les levées (hersage, binage) avec une succession des cultures permettant d'éviter toute spécialisation de la flore adventice.

Ces différents moyens de désherbage mécanique en grandes cultures sont approfondis dans le chapitre 14. Car à l'heure du besoin de réduction des intrants, le désherbage mécanique en grandes cultures reprend de l'importance. De nouveaux outils, comme la herse étrille et la houe rotative, créés à l'origine pour d'autres usages (la régénération des prairies pour la herse étrille, l'écroutement des sols battants pour la houe rotative) ont vu leurs usages découpler, au point que la herse

étrille est devenu l'outil indispensable de désherbage en agriculture biologique. La bineuse, depuis très longtemps utilisée pour le désherbage de l'inter-rang, a quant à elle beaucoup évolué, pouvant être munie de lames, de dents, de fraises ou de brosses. Et elle est désormais parfois associée à un pulvérisateur d'herbicide pour le désherbage sur le rang de culture, soit au moment du semis (herbisemis) soit en post-levée (désherbinage).

Un autre exemple de gestion durable de la flore adventice est présenté en chapitre 15, celle des systèmes de culture pérenne. Dans une culture pérenne comme la vigne, où la proportion de surface du sol non couverte par la culture productive peut représenter les deux tiers de la surface de la parcelle, le raisonnement de la gestion de la flore adventice ne peut être le même que dans les grandes cultures. En effet, la gestion de la flore adventice se raisonne dans ce cas selon qu'elle rend des services à la culture ou qu'elle perturbe la culture (dysservices). Les services rendus peuvent concerner la gestion des sols (portance, protection contre l'érosion, activité microbienne des sols), la gestion de l'eau (meilleure porosité du sol) ou la régulation des bioagresseurs (la diversité florale permet la présence d'auxiliaires). Mais dans certaines conditions, la flore adventice peut aussi créer une compétition avec la culture pour l'eau ou les éléments nutritifs, et être un habitat pour des ravageurs de la culture. Aussi, selon la situation, la gestion des adventices de la culture pérenne ne sera pas la même, l'objectif étant de bénéficier des services rendus et de minimiser les dysservices.

Et pour terminer les études de cas en France métropolitaine, le dernier cas est celui des espèces exotiques envahissantes dans les milieux cultivés, qui constituent une menace pour la biodiversité. Le milieu cultivé constitue un habitat très vulnérable à l'invasion d'espèces exotiques, et particulièrement dans les cultures d'été comme le maïs ou le sorgho. Trois types de facteurs favorables à l'invasion expliquent le phénomène : le processus d'introduction et le pouvoir de dissémination de l'espèce, les caractéristiques pédoclimatiques du milieu et les capacités de l'espèce invasive à s'installer dans le milieu (ennemis naturels ou non, interactions allopathiques, traits spécifiques de l'espèce). Les impacts de ces plantes exotiques envahissantes des cultures sont très variables, et un processus de gestion de ces plantes existe, mais son efficacité n'est pas toujours suffisante : réglementation pour limiter les introductions (par exemple par le contrôle de semences introduites), surveillance et éradication précoce (via les réseaux d'épidémiosurveillance), réduction de la vulnérabilité des systèmes de culture (par les modes de gestion habituels des autres adventices : éradication manuelle ou mécanique, traitement chimique ou biologique).

Pour la fin de l'ouvrage, des auteurs ayant travaillé hors métropole ont été sollicités pour apporter leur regard sur la question de la gestion durable de la flore adventice.

Dans les zones pédoclimatiques tropicales, le plus souvent humides et chaudes, les conditions de culture, et donc de gestion des adventices, sont encore très contrastées. En système traditionnel, la défriche-brûlis, qui consiste à abandonner les parcelles après quelques années de culture, c'est souvent l'accroissement des adventices au fil des années qui oblige à changer de parcelle, le désherbage manuel étant le seul moyen de lutte utilisée, très insuffisant lorsque les conditions de végétation sont favorables. En système de culture de

rente, le plus souvent intensive, le désherbage est avant tout chimique, et d'autant plus si le pays accepte les OGMs. De manière générale, il est encore très difficile de généraliser des stratégies de gestion des adventices, tellement les conditions environnementales (dans l'espace mais aussi dans le temps, car la période et l'intensité de la saison des pluies ont un impact majeur dans la concurrence entre culture et adventices). Il en ressort le besoin de mieux mobiliser les savoirs empiriques, le plus souvent parcellaires et locaux, pour mieux connaître les adventices présentes et leur biologie, et pour partager les informations sur la façon de les gérer.

Et en Amérique, où on utilise très peu le terme adventice, au profit de mauvaises herbes, la gestion des adventices a deux spécificités en comparaison de l'Europe : d'une part, la réduction du travail du sol qui a été rendue nécessaire pour lutter contre l'érosion, et d'autre part, l'acceptation d'OGMs qui a permis l'utilisation du glyphosate à grande échelle (par la création de variétés transgéniques tolérantes au glyphosate). Ces spécificités ont engendré le développement de solutions « tout herbicides », à tel point que même les résistances d'espèces adventices aux herbicides sont traitées par la recherche de solutions herbicides complémentaires, ce qui engendre une consommation d'herbicides toujours plus élevée. Il existe certes quelques recherches sur d'autres techniques, comme le broyage fin des sorties de graines de la moissonneuse-batteuse pour détruire les graines ou la recherche de biopesticides, mais elles restent très minoritaires.

Que retirer de cet ouvrage pour les démarches cliniques en agronomie ?

Quand on sort de la lecture de cet ouvrage, on peut avoir un sentiment ambivalent.

D'un côté, la vision panoramique de la problématique, le point sur les principales connaissances actuelles, qu'elles soient écologiques ou agronomiques, et la mise en situation de ces connaissances selon les systèmes de culture font de cet ouvrage un excellent outil de formation, à destination des enseignants et des étudiants, mais également des conseillers agricoles. Il représente aussi une base de connaissances essentielle à la discussion de cette problématique si complexe auprès des journalistes et du grand public, qui ont tellement tendance à croire que la suppression des herbicides dans la pratique de désherbage n'est qu'une question de volonté des agriculteurs.

De l'autre côté, il ressort de cette lecture le sentiment qu'il manque tellement de connaissances, d'une part sur la compréhension du fonctionnement global de l'agroécosystème, en particulier pour envisager des leviers liés aux régulations biologiques, d'autre part sur la formalisation des savoirs des praticiens, qui adaptent leur stratégie à chacune de leurs situations agronomiques singulières, qu'il semble difficile d'envisager l'abandon des herbicides de synthèse pour l'ensemble de l'agriculture française dans les années à venir. Tous les chapitres des deux dernières parties de l'ouvrage arrivent à la conclusion que la succession des cultures et l'usage de la diversité de leviers de gestion tout au long de la culture sont les principaux facteurs de réussite d'une gestion durable des adventices. Cela nous laisse un peu sur notre faim, car ces pratiques sont celles des agriculteurs biologiques depuis 50 ans ! Cela montre comment les recherches sur la gestion des ad-

ventices ont été orientées depuis des décennies, et que le virage opéré dans les années 2000 n'a pas encore permis de produire les connaissances suffisantes à la généralisation de stratégies alternatives au désherbage chimique.

Ce texte est cependant une très bonne introduction à la partie de ce numéro d'Agronomie, environnement & sociétés consacrée à « **La démarche clinique au service de l'évolution d'une technique culturelle : la gestion des adventices** ». Tout au long de l'ouvrage, les différents auteurs rappellent en effet la singularité des situations agronomiques auxquelles sont confrontés les agriculteurs : les caractéristiques pédoclimatiques et floristiques du lieu, l'histoire de la parcelle (dont les successions culturales), les contraintes et atouts de l'agriculteur (équipements, temps de travail, accès aux marchés pour les cultures,...). Et certains d'entre eux n'oublient pas également l'importance des objectifs et valeurs portés par l'agriculteur et la société, qui peuvent ou non orienter les pratiques de gestion de la flore adventice vers des démarches plus ou moins agroécologiques. Ces éléments montrent bien toute l'importance d'aborder l'évolution de la gestion de la flore adventice par des démarches cliniques. L'agriculteur, avec ou sans conseiller, seul ou en groupe, a besoin de poser un diagnostic complet de ses pratiques de gestion de la flore adventice et de définir une trajectoire d'évolution de ses pratiques, prenant en compte sa situation actuelle et celle qu'il projette pour lui et son exploitation agricole dans les années à venir. Et le fait que la gestion durable de la flore adventice, compte tenu de sa complexité, mobilisera toujours une combinaison de techniques dans une double approche préventive et curative, adaptée à chacune des parcelles, crée un double besoin de démarche clinique, celle du temps long, qui permet l'engagement de l'agriculteur dans des pratiques agroécologiques pour l'ensemble de ses systèmes de culture, et celle du temps court, qui permet l'adaptation des techniques de gestion de la flore adventice aux conditions particulières de l'année de culture sur ses parcelles.

La gestion de la flore adventice est véritablement le plus grand défi des agronomes dans l'écologisation de l'agriculture, et la technique pour laquelle les démarches cliniques nécessitent d'être développées, à la fois pour produire des connaissances et résoudre les problèmes des agriculteurs.