

Végéphy – 24^e CONFÉRENCE DU COLUMA
JOURNÉES INTERNATIONALES SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES
ORLÉANS – 3, 4 ET 5 DÉCEMBRE 2019

LIMITES ET AVANTAGES DES DIFFÉRENTES TECHNIQUES DE GESTION DES ADVENTICES

M. DELOS⁽¹⁾, M. DRON⁽²⁾ et J. GASQUEZ⁽³⁾

⁽¹⁾ Académie d'Agriculture de France - marc.delos@agriculture.gouv.fr

⁽²⁾ Académie d'Agriculture de France - michel.dron@ips2.universite-paris-saclay.fr

⁽³⁾ jacques.gasquez@laposte.net

RÉSUMÉ

Le recours à la chimie de synthèse en agriculture fait l'objet d'un rejet par les citoyens européens et les politiques, variable selon les pays. Dans ce contexte les techniques de gestion des adventices d'avant ces substances issues de la chimie fine sont actuellement remises au goût du jour. Nous évoquerons rapidement les avantages des différentes techniques. En revanche, certaines limites des techniques alternatives méconnues seront plus développées. Les herbicides « naturels » de biocontrôle alternatifs renvoient aux produits corrosifs du début du désherbage « chimique » et à des volumes élevés. Le travail du sol favorise l'érosion, empêche le stockage du carbone (4/1000) et perturbe la vie animale et microbienne du sol. Il met en suspension des particules de sol. Il impose une force de traction plus importante avec l'emploi de carburants fossiles, le dégagement de CO₂ et de gaz non filtrés des moteurs diesels des engins agricoles. Il est à l'origine de troubles musculo-squelettiques chez les agriculteurs. Les couverts végétaux peuvent, à l'instar des mauvaises herbes, casser les avantages des périodes de vide sanitaire d'une rotation bien choisie. Les retards de dates de semis, les cultures couvrantes ou l'alternance de cultures d'hiver de printemps ou d'été ont un impact essentiellement économique, mais pour la rotation, cette alternance s'appuie aussi en partie sur celle des herbicides à modes d'action différents qui y sont associés. Les pertes d'efficacité du désherbage liées à la variabilité des adventices dans l'espace agricole relèvent de sélection naturelle qui vaut autant pour les méthodes chimiques que pour les autres méthodes.

Mots-clés : herbicides, désherbage alternatif, travail du sol, érosion, vide sanitaire.

SUMMARY

The use of synthetic chemistry in agriculture is nowadays rejected by European citizens and policies, with variations related to countries. In this context ancient weed management techniques before these substances from fine chemistry are currently brought up to date. The advantages of the different techniques are mentioned shortly. Some limits of the alternative techniques, undervalued, are on the other hand more developed. On the biocontrol side, alternative "natural" herbicides refer to the corrosive products of the beginning of "chemical" weed control and to high volumes. Tillage promotes erosion, prevents carbon storage (4/1000) and disrupts the animal and microbial life of the soil. It releases micro-particles of soil in atmosphere. It imposes a greater traction force with the use of fossil fuels, the release of CO₂ and unfiltered gases from diesel engines of agricultural machinery. It is at the root of most farmer's musculoskeletal disorders. Covering plants can, like weeds, break the benefits of emptying periods of a well-chosen rotation. Delays in sowing dates, cover crops or the alternation of spring or summer winter crops have essentially economic impacts, but for rotation this alternation also relies on that of different mode of action herbicides associated with it. The loss of effectiveness of weeding related to the variability of weeds in the agricultural area is natural selection that is as valid for chemical methods as for other methods.

Key words: herbicides, alternative weed control, tillage, erosion, crawl space

INTRODUCTION

Le semis de la première graine il y a plus de 10 000 ans et le début de l'agriculture ont assuré la subsistance de populations sédentarisées, bien avant le début de l'Histoire humaine¹. Si l'obligation d'éviter la concurrence des adventices n'a vraisemblablement pas été perçue sur des bandes de terres bordant les grands fleuves du Moyen Orient, puis de l'Europe (Gasquez et al-a ; 2019), cette obligation est intervenue avant les temps historiques, en témoignent les représentations des passages d'araire sur les bas-reliefs égyptiens et les poteries minoennes. Le géographe et historien D Faucher témoigne « *Les travailleurs au bâton fouilleur ou à la houe primitive n'étaient guère favorisés. C'est par l'araire que va débiter sans doute la prolifération humaine et la densification des populations sur les terres susceptibles d'être labourées. L'araire, c'est une victoire de la vie sur la mort. Il est en même temps un facteur de sédentarité. Le sillon, c'est le champ et le champ, c'est la fixation du groupe qui le crée. C'est l'installation, à son contact, de ceux qui en attendent la récolte Il se peut que ceux qui ont pensé à une dérivation directe de la houe par rapport au bâton fouilleur, de l'araire par rapport à la houe aient procédé à une reconstitution a posteriori d'une recherche, admise comme nécessaire, du progrès dans les techniques de labour. Mais que l'araire soit ou non dérivé de la houe, on peut dire que sa création résulte de la tendance à rechercher pour le travail, l'outil le plus commode ou le plus efficace* » (Faucher, 1956). Cette belle description, allégorie de l'araire, premier outil de désherbage moderne efficace, il y a 5000 ans, illustre ce que sera le travail du sol qui a longtemps assuré la lutte contre les adventices, plantes indésirables pour une culture pendant les millénaires qui courent entre l'invention de l'écriture et l'émergence du numérique, notre histoire actuelle. Les travaux de déchaumages estivaux sont à nouveaux remis au premier plan, comme à l'époque de l'araire pour réduire l'utilisation des herbicides en général et remplacer le glyphosate en particulier. La nécessité non évidente de désherbage à l'aube de l'agriculture et la baisse de la nuisibilité directe récente dans les pays développés depuis la généralisation des herbicides diversifiés illustrent cet effet mémoire des adventices dans le champ cultivé. Après la friche ou sur une parcelle débarrassée des semences d'adventices, la nuisibilité primaire reste négligeable (Gasquez et al-b, 2019). De tous les ennemis naturels, les adventices n'en restent pas moins les plus nuisibles au niveau mondial (Örke, 2006) et depuis 5000 ans au moins. Cette nuisibilité majeure et première explique l'obligation du désherbage quasiment depuis les débuts de la culture de végétaux (Gasquez et al -a; 2019), bâton fouisseur, houe préhistorique, bêche, pic, araire, charrue et, bien entendu, la main du cultivateur et de sa famille. Dès les débuts de l'histoire jusqu'à la fin du XIX^{ème} siècle, les progrès de la métallurgie, la charrue à versoir, la généralisation de la luzerne et autres couverts denses sont les quelques phases de progrès en terme de moyen de désherbage avec l'agronomie, des cycles de culture plus courts. Toutefois, la nécessité impérieuse de produire des céréales à paille entraînait leur culture en alternance avec la seule jachère sur les terres les plus fertiles, sauf à l'époque romaine lorsque l'importation depuis des colonies soumises à un tribut s'avérait plus rentable (Harper 2017).

L'arrivée de la chimie au début du 20^{ème} siècle, chimie minérale puis chimie de synthèse a concerné différemment les cultures spéciales et les céréales à paille, cultures qui occupaient 15 millions d'ha sur les 25 millions de terres labourables en 1900. Aux cultures spéciales les fongicides minéraux et insecticides arsenicaux, aux céréales les acides forts pour le désherbage avant l'avènement de la chimie organique, en sus du travail du sol, étaient alors les seuls outils disponibles avec la main de l'agriculteur et de sa famille.

La chimie organique a éclipsé ces outils avec des herbicides de plus en plus divers jusqu'à la remise en cause de leur emploi, toxicité pour certains, mais dans tous les cas, impact sur la biodiversité ou présence dans les milieux.

Il nous faut donc les réduire voire, à terme, si envisageable, les remplacer. Le paradoxe veut que, pour combattre ces adventices qui retrouveront leur nuisibilité historique après quelques années de mauvais contrôle, les solutions qui nous sont proposées font référence aux solutions du début du XX^{ème} siècle, toujours des acides mais plus faibles, tout en étant corrosifs et du travail du sol, mais mieux piloté grâce à l'intelligence artificielle (IA).

¹ L'Histoire débute par convention entre 3500 et 3000 avant J.-C., avec l'invention de l'écriture,

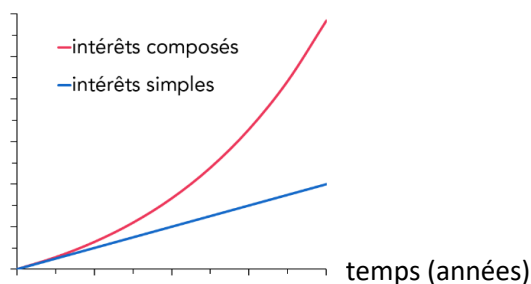
Il s'agit, dans les lignes qui suivent, non pas de viser l'exhaustivité dans l'exposé de ces méthodes alternatives à la chimie de synthèse, pléthore d'excellents articles le proposent mieux que nous ne le ferions, mais de lister les principales techniques mises en avant pour mieux examiner les « points obscurs » de ces méthodes, facettes qui doivent conduire plus à une intégration dans une gestion complexe plutôt qu'à un remplacement total des herbicides issus de la chimie organique.

ORGANISATION DU PAYSAGE AGRICOLE ET GESTION DES ADVENTICES

L'organisation du paysage et l'assolement régional impactent les possibilités de flux de bio-agresseurs entre parcelles mais aussi les rotations possibles dans la pratique.

On entend par **assolement** la répartition des cultures sur l'exploitation pendant une saison culturale. L'assolement impacte l'économie de l'exploitation et l'organisation du paysage agricole, avec des proximités de cultures différentes et leurs résidus laissés au sol, dans l'espace et dans le temps. Il n'a pas ou peu d'effet sur les risques liés à la contamination de la parcelle par des bio-agresseurs peu mobiles et l'amplification année après année, qualifié d'intérêts composés, qui sont liés.

Schéma 1 : Augmentation interannuelle d'un stock semencier non contrôlé (en rouge)
Inter-annual seedbank increase without management (in red)



La rotation examinée dans un second temps décrit la succession des cultures sur une même parcelle au fil du temps. Une exploitation peut avoir un assolement diversifié mais sur certaines parcelles des rotations courtes.

Les adventices ne sont généralement pas des bio-agresseurs mobiles, leurs développements obéissent à la loi des intérêts composés (schéma 1) et sont, en règle générale et relativement moins impactées par le climat de l'année que les ravageurs et les maladies.

Pour ces raisons, l'effet du paysage au sens large est considéré moins déterminant pour leur gestion. Cette règle souffre toutefois de nombreuses exceptions avec le retour du chardon dans les bordures de parcelles ou le très mauvais entretien des fossés et bordures de routes, plus ou moins abandonnés aux herbes folles, en particulier les graminées et de nombreuses vivaces et pérennes.

La proximité de parcelles peut aussi intégrer les échanges de pollen d'adventices peu mobiles.

Cette gestion au niveau du paysage au sens large porte sur la prophylaxie et passe par l'absence de dissémination avec les engins de récolte et l'entretien des bordures de parcelles pour éviter la multiplication d'adventices.

Il s'agit désormais d'une sorte de vœux très pieux, à une époque où les bandes de territoire avec herbes hautes sont sanctuarisés pour leur effet réputé « positif » sur la biodiversité. Parmi les effets les plus indésirables, le cas des bromes et de divers ligneux qui envahissent les parcelles depuis la bordure sont les mieux renseignés. Mais l'ergot du seigle est bien plus fréquent sur les premiers mètres des parcelles de céréales à paille à cause des graminées adventices sensibles non fauchées. Les graminées hébergeant ce champignon toxique doivent être fauchées ou détruites avant leur floraison. Ce qui est le cas dans les grands pays producteurs (sites web consultés en bibliographie), mais moins systématiquement en France.

LA SUCCESSION DE CULTURES, LEVIER MAITRE DE LA GESTION DES ADVENTICES

La **rotation** des cultures est une **construction ordonnée** de la succession d'espèces cultivées sur une même parcelle. Elle a pour objectif d'assurer des conditions favorables au développement des cultures, en favorisant la fertilité du sol et en minimisant le développement de bio-agresseurs.

Ces cultures doivent présenter des sensibilités différentes aux bio-agresseurs ravageurs et maladies, présenter des délais entre récolte et semis compatibles avec des travaux du sol d'interculture assainissant (labour, déchaumage, faux semis) et disposer d'herbicides aux spectres complémentaires. La rotation est considérée par l'OILB (Organisation Internationale de Lutte Biologique) comme la méthode de gestion des bio-agresseurs en général la plus efficace et la plus généralisable pour les cultures annuelles. En agriculture biologique, le choix des rotations, si possible longues, constitue la base agronomique des systèmes où la prévention est la règle.

Le **premier frein à une rotation optimale pour la gestion des adventices est économique**, toutes les cultures ne se valent pas pour l'équilibre comptable de l'exploitation agricole.

Cet équilibre dépend des subventions versées pour une culture donnée, des potentialités de production influencées par le milieu, de la possibilité d'irriguer ou pas et des cours mondiaux qui suivent l'offre et la demande.

Il arrive que des contextes particuliers favorisent des cultures vertueuses. En 2018, la production de luzerne déshydratée s'est avérée nettement plus rentable que celle de blé dans la Marne, malgré une moisson convenable et des prix du blé élevé. Les besoins de l'Europe du nord victime d'une sécheresse historique ont fortement « boosté » les cours de la luzerne déshydratée alors que le prix de l'énergie pour l'opération de déshydratation restait bas en relatif.

La monoculture n'est pas automatiquement le plus mauvais choix sur le plan phytosanitaire, les rotations avec des maïs ou des sorghos suivis de céréales à paille augmentent très sensiblement les fusarioses produisant des mycotoxines, dont la maîtrise reste difficile, dans les céréales à paille.

Les rotations les plus efficaces intègrent donc des cultures très couvrantes, très compétitives, des couverts végétaux en interculture, des cultures étouffantes (Luzerne ou prairies denses) dans la rotation, avec des semis sous couvert.

Les prairies sont associées à des cultures très couvrantes. Elles supposent cependant la réintroduction de l'élevage dans les zones de grandes cultures. Les systèmes avec prairies de longue durée sont efficaces pour la gestion long terme du désherbage mais en point négatif, ces cultures fourragères, pour partie ensilées, pour partie fauchées, pour partie pâturées, tendent à multiplier les ray-grass qui sont désormais un problème majeur dans les céréales qui suivent la prairie et favorisent l'ergot du seigle.

Les rotations complexes, seules efficaces, supposent de disposer d'une succession d'espèces différentes se succédant sur la même parcelle et interférant aussi positivement que possible pour la gestion des bio-agresseurs. Ces espèces doivent être les plus distinctes possible quant à leur spectre de bio-agresseurs et leurs herbicides usuels. L'idéal est aussi de disposer de périodes de semis ou de cultures différentes (cultures de printemps, cultures d'hiver, céréales de printemps) avec des délais entre la récolte et le semis qui permettent soit le labour soit des techniques de faux semis. Toutefois avec plus de 7 millions d'hectares de céréales d'hiver, 3 millions d'hectares de maïs et près de 3 millions d'hectares de graminées fourragères pour 17 millions de terres labourables, l'alternance graminées / dicotylédones est limitée. Les modes d'action herbicides sont en revanche plus diversifiés sur ces espèces. L'effet de la rotation mesuré sur des réseaux de parcelles intègre, dans les faits, la rotation des modes d'action herbicides qui compte vraisemblablement au moins autant que le décalage de dates de semis (Délors et Gasquez, 2014). Malgré le recours moindre aux herbicides en volume, cette alternance et la diversité des modes d'action restera la clé d'un désherbage durable dans un contexte où l'orge brassicole n'est plus réduite à des orges de printemps, semées en fin d'hiver avec des variétés aux bonnes propriétés brassicoles semées en fin d'automne, aux rendements plus réguliers et moins affectées par les fusarioses productrices des mycotoxines T2 –HT2. Le maïs, culture de printemps, avec plus de 3 millions d'hectare (grain + fourrage) est une culture clé pour bénéficier à plein de l'effet de la rotation. La culture de maïs permet l'enrichissement de la rotation. C'est une culture d'été qui

permet de rompre des rotations de cultures d'hiver, blé, colza, protéagineux mais aussi qui dispose d'herbicides dont certains lui sont spécifiques. Le maïs est en outre la culture la mieux adaptée au désherbage mécanique. Il s'agit cependant d'une culture mal aimée des médias, à cause de son importance au plan mondial et parce qu'il s'agit symboliquement de la plante qui supporte le plus de transformations via les biotechnologies dans le monde. La valorisation de sa culture via l'irrigation, même avec une eau 100% renouvelable, ne fait qu'ajouter à cette défiance. Les protéagineux, pois et féveroles font figure de « licornes », cultures semées en fin d'hiver ou au printemps, ces cultures fixent en outre l'azote. Mais Sébastien Windsor, vice-président de la FOP, intervenant au Space en 2018, lors d'une table ronde sur la place des oléo-protéagineux dans l'alimentation protéique du bétail, estimait que seule une progression limitée dans une perspective de 5 ans était possible étant donné les nombreux freins techniques à lever. Il préférerait miser, pour le moyen terme, sur le colza, le tournesol, ainsi que le soja, plus adaptés. Les tournesols et soja, cultures de printemps, sont moins dépendantes des produits phytopharmaceutiques et supportent parfaitement le binage inter rang, Trois atouts considérables de leur intérêt dans le cadre de l'agroécologie. Les surfaces en prairies temporaires ou naturelles sont rencontrées dans les zones d'élevage de ruminants, ces prairies sont composées de différentes espèces de graminées ou de légumineuses, seules ou en mélange. Ces cultures supposent d'avoir des élevages de ruminants à proximité. Leur retour dans les zones de grandes cultures est attendu à moyen ou plus long terme, avec une moindre spécialisation des territoires. Toutefois, la rotation des grandes cultures avec la prairie questionne actuellement à cause de la réémergence des insectes liés au sol, les plus nuisibles aux cultures avant 1950. Il s'agit actuellement de taupins et de mouches mais potentiellement aussi à terme de zabres et de hannetons. Ces ravageurs, majeurs avant 1950 et l'emploi des organochlorés, étaient contrôlés par les traitements de semences ou des microgranulés insecticides, principalement organophosphorés et carbamates avant 1992 ou du lindane appliqué en plein avant le semis de la prairie jusqu'en 1998, plus récemment leur contrôle a été assuré par des néonicotinoides depuis 1992 dans la rotation avec du maïs, des céréales à pailles ou des betteraves, mais ces insecticides sont désormais interdits depuis septembre 2018.

COUVERTS VÉGÉTAUX ET PLANTES COMPAGNES

La rotation décrite efficace suppose l'utilisation de couverts végétaux en interculture ou de cultures incorporant des plantes compagnes. Ces techniques ont des conséquences sur la notion de « vide sanitaire » ou a contrario activent l'effet du « greenbridge » tel que le définit le GRDC (Grains Research and Development Corporation) australien qui s'applique à des espèces mobiles ou à des espèces moins mobiles à l'échelle de la parcelle ².

Ce phénomène dit de « greenbridge » est aussi bien assuré par les adventices que les cultures de couvert ou les plantes compagnes choisies pour un bénéfice particulier, occupation du sol entre deux cultures, gestion de l'azote ou lutte contre le développement d'adventices ou de ravageurs.

Les couverts végétaux semés pour l'interculture ou les relevées de la culture précédente à l'instar des plantes compagnes posent le problème de la rupture du vide sanitaire lié à la rotation : notamment des couverts dicotylédones dans des cultures graminées ou l'inverse (Gasquez et al-b, 2019). Des graminées à l'instar des crucifères durant le vide sanitaire estival maintiennent ou amplifient des maladies telluriques, des populations de nématodes ou de limaces et des maladies mobiles biotrophes comme les rouilles et certaines viroses transmises par les insectes, en favorisant le phénomène 'greenbridge' déjà décrit². Cet effet est majeur dans l'épidémie des maladies mobiles mais impacte aussi les maladies inféodées à la parcelle, comme l'ergot du seigle favorisé par la présence de graminées dans des dicotylédones, ray-grass ou céréales cultivées.

Les couverts entre deux cultures doivent être envisagés davantage pour lutter contre l'érosion du sol, les fuites de nitrates ou l'enrichissement du sol en matière organique ou en azote d'origine non minérale. Il s'agit d'une obligation réglementaire dans les zones vulnérables au transfert d'azote dans les eaux superficielles. Le bénéfice en matière de gestion des adventices est aussi évoqué, mais avec une facette négative, en constituant un « greenbridge » pour de nombreux bio-agresseurs. Ces

² <https://grdc.com.au/resources-and-publications/all-publications/factsheets/2010/01/grdc-fs-greenbridge>

couverts bloquent en outre les possibilités de désherbage mécanique prophylactique notamment les faux semis et les déchaumages, mais aussi parfois le labour.

Le potentiel de rendement est souvent plafonné par l'occupation de l'espace et la concurrence entre les plantes compagnes et la plante cultivée. La régulation du couvert peut présenter des difficultés en l'absence d'herbicides spécifiques (en bio) comme pour la concurrence pour l'eau au printemps ou en été, en cas de pluviométrie déficitaire et en absence d'irrigation.

ÉVITEMENT ET ESQUIVE DES LEVÉES D'ADVENTICES

Sur céréales à paille en particulier, le décalage de la date de semis de mi-octobre à fin octobre ou mieux à mi-novembre permet de limiter les levées des graminées automnales (vulpins et ray-grass) et de certaines dicotylédones. Ce décalage facilite également la réalisation de faux semis supplémentaires. Le stock semencier des premiers centimètres étant ainsi réduit, les levées de graminées dans la culture seront moins nombreuses donc plus faciles à détruire avec des doses moindres d'herbicide. Le couplage avec les faux semis améliore les performances du décalage de semis. L'efficacité de ce retard, comme celui des faux semis, dépend des conditions de l'automne qui doit être suffisamment pluvieux pour épuiser le stock de semences présent en surface. Ces résultats sont valables en tendance mais pas dans l'absolu. Un retard de date de semis va réduire le tallage de la céréale, imposer une augmentation de la densité de semis et donc de la quantité de fongicides en enrobage des semences appliquée par hectare. Ces fongicides seront d'autant plus nécessaires que les conditions plus fraîches et plus humides des levées de novembre favorisent les champignons de fonte de semis (*fusarium* et *pythium*). La croissance de la plante plus lente favorise aussi les dégâts de différents diptères. Les plantules levées plus tard sont également exposées à des attaques de limaces plus intenses exigeant, si l'on souhaite protéger la culture, l'utilisation de plus d'antilimaces dont l'usage oscille selon les années entre 300 et 1000 tonnes par an³. L'étalement des chantiers de semis et la gestion d'un risque climatique en cas d'automne pluvieux après la Toussaint, imposent de ne déployer ce levier que sur une partie de la sole de céréales et ceux d'autant plus que les sols sont lourds et donc à ressuyage lent.

TRAVAIL MÉCANIQUE DU SOL ET CONSÉQUENCES⁴

Le labour avec retournement est une technique presque mythique, résultant de la révolution médiévale (Gasquez et al-a, 2019). Il permet d'enfouir non seulement les plantes adventices mais surtout leurs graines. En fonction du taux annuel de décroissance des espèces présentes et de leur profondeur de germination, le labour sera très, moyennement ou peu efficace sur la réduction du stock semencier. Il est en général très efficace sur les graminées, sauf la folle avoine, adventices les plus difficiles à combattre actuellement avec des herbicides. Le labour est moins efficace sur de nombreuses dicotylédones. Jérôme Labreuche⁵ estime que, de façon générale, « *le labour est la meilleure solution contre de nombreuses adventices, mais il doit rester occasionnel* ». Un labour tous les trois-quatre ans et à moins de 20 cm est beaucoup plus efficace pour épuiser un stock semencier de graminées, s'il s'accompagne d'autres leviers.

Le désherbage mécanique prophylactique entre deux cultures est également à mettre en œuvre, sauf en stricte agriculture de conservation des sols. Il s'agit de déchaumages en période estivale ou de faux semis. Le sol est travaillé en surface pour faire germer les adventices avant de retravailler le sol pour les détruire. C'est ce qui se faisait autrefois sur les jachères et depuis la plus haute antiquité (Gasquez et al-a, 2019). Les agriculteurs laissaient la terre sans culture pendant une année et la travaillaient avec des « labours » : des passages successifs d'araire, des labours superficiels ou des hersages (Gasquez et al -a, 2019).

³ Source Base Nationale Des Ventes (BNDV).

⁴ Toutes les espèces ne réagissent pas de la même façon à une action donnée. Les rotations, faux semis, décalage des dates de semis et autres interventions citées parfois comme miraculeuses ne marchent pas au même niveau pour toutes les espèces avec un risque sérieux de sélectionner les espèces les moins sensibles à l'ensemble de ces méthodes dont le datura.

⁵ <https://www.terre-net.fr/observatoire-technique-culturelle/strategie-technique-culturelle/article/les-adventices-six-pieds-sous-terre-ou-a-fleur-de-sol-217-134797.html>

C'est une technique historique et toujours actuelle, utilisée pour détruire les mauvaises herbes et réduire le stock de graines du sol. Sur une jachère annuelle, une grande partie des graines avait germé sans multiplication après ces pratiques. Désormais, cette durée est plus courte et va de 15 jours à 3 mois ou plus (entre deux céréales d'hiver, entre un blé et un colza, une céréale et un maïs). Le déchaumage répété est en général la première étape du faux semis. Il peut s'avérer suffisant si le sol est humide ou qu'il ait quelques pluies entre récolte et nouveau semis. Après un faux semis, interviennent soit un travail du sol superficiel (techniques culturales simplifiées) soit, moins fréquemment, l'application d'un herbicide total si le contexte est défavorable au travail du sol.

Le désherbage mécanique sur la culture (binage, hersage ou houe), permet de limiter l'emploi des herbicides sur la zone travaillée pendant la culture. Il peut être utilisé seul ou combiné avec le désherbage chimique du rang. On parle alors de désherbage localisé et de désherbinage. Les techniques de désherbage limité au rang permettent, selon les cas, une réduction de 60 à 80 % de la quantité habituelle d'herbicide. Elles sont surtout recommandées pour les cultures estivales, principalement maïs ou sorgho, mais peuvent être étendues aux betteraves ou au tournesol. Les techniques de désherbage mécanique ou mixte sont exigeantes dans leur mise en œuvre et nécessitent une parfaite maîtrise des différents paramètres (type de sol, hygrométrie, ressuyage, stade de la culture et des adventices...). Un sol qui restera sec plusieurs jours après le binage est requis pour une efficacité suffisante alors qu'une hygrométrie élevée est indispensable pour l'efficacité des herbicides foliaires. Les séquences climatiques favorables sont très réduites pour la réalisation simultanée du double désherbage-binage. Le désherbage au semis sur le rang avec un herbicide résiduaire et le binage ultérieur lorsque le climat est favorable sont, en revanche, appelés à se développer.

Les cultures qui peuvent être désherbées mécaniquement avec le plus d'efficacité sont les plantes sarclées (étymologiquement, que l'on sarcle en inter rang). L'inter rang doit être suffisamment large pour y passer un outil. C'est le cas pour le maïs, la betterave, le soja, le tournesol ou encore la pomme de terre. Aujourd'hui, au-delà d'expérimentations en station, de rares agriculteurs sèment en ligne à titre expérimental du colza ou des céréales telles le blé, l'orge ou le seigle avec un inter rang de 30 cm, ce qui est le double de l'inter rang en culture conventionnelle. Cet inter rang permet alors le passage d'une bineuse adaptée lors des premiers stades de développement.

Le désherbage sur le rang fait appel aux herbicides de synthèse en agriculture conventionnelle.

Seul le binage reste polyvalent pour tous les types de sols (sable, limon, argiles) à condition qu'ils soient pauvres en cailloux et pas trop battants.

La méthode du binage inter rang du blé est citée en Angleterre comme efficace chez des agriculteurs techniques au XIX^{ème} siècle, mais elle est décrite aussi comme employée durant l'antiquité, selon les écrits de Varron, agronome romain (Dureau de la Malle, 1838).

Le désherbage mécanique en plein sur l'ensemble de la parcelle, en cours de culture, est pratiqué avec des herse étrilles (ou des houes rotatives) surtout en agriculture biologique, notamment sur céréales à paille. Son efficacité suppose une culture bien implantée, des adventices jeunes et idéalement des sols limoneux ou sableux. Comme pour le binage, il doit, idéalement, être suivi de plusieurs journées sèches. Son efficacité est négligeable sur graminées même jeunes.

LIMITES DES MÉTHODES DE TRAVAIL DU SOL

Les techniques de travail du sol font appel à des couples/puissance des moteurs diesel bien plus élevés que ce qui est nécessaire pour une simple pulvérisation et à des temps de travaux plus long exposant le travailleur et les riverains à des particules très nocives et des imbrulés de diesel agricole, actuellement non ou mal filtrés avec le parc de tracteur actuel. Ce parc ne sera aux normes antipollution que dans plus de dix ans. Chaque hectare cultivé suppose en moyenne la consommation et la combustion de 107 litres de fioul agricole. Le travail du sol, en particulier le labour, représente plus de la moitié de cette consommation. L'abandon du labour permet d'économiser 15 à 30 litres de fioul, et le passage au semis direct, 20 à 30 litres supplémentaires. Le fioul ou gasoil, issu du raffinage du pétrole reste problématique quant aux conséquences pour le manipulateur ou l'environnement.

Cette nocivité est à mettre en rapport avec une masse maximale de 2 kg à 3 kg de substances actives herbicides, bien évaluées et biodégradables, nécessaires pour abandonner le travail du sol. L'intérêt en termes de réduction d'émission de GES (Gaz à Effet de Serre) peut donc se doubler d'un intérêt sur le plan sanitaire des populations voisines. Les moteurs agricoles anciens et actuels n'ont pas de filtres à particules, contrairement aux véhicules individuels. Si des normes actualisées sont prévues pour entrer en vigueur en deux temps en 2019 puis 2020⁶. Leur application sera progressive. Elles ne concerneront en outre que les tracteurs neufs, or la durée de vie d'un tracteur sur une exploitation agricole est de plus en plus longue avec le matériel d'occasion et le suréquipement qui a caractérisé la période faste des années 2010-2013. On rappellera que « *Les particules fines (microparticules ayant un diamètre inférieur à 0,25 µm) sont aujourd'hui classées dans la catégorie des « cancérogènes certains » et sont reconnues responsables, depuis 2012 par l'OMS, de cancers du poumon*⁷. Elles sont également incriminées de façon certaine dans d'autres pathologies pulmonaires et cardio-vasculaires. L'INRS (fiche du 15/09/2017⁸) rappelle « À moyen ou long terme, l'exposition au gaz d'échappement de moteur diesel est associée à une augmentation du risque de cancer des poumons et, possiblement à une augmentation du risque de cancer de la vessie. Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) a d'ailleurs classé les gaz d'échappement de moteurs diesel comme cancérogènes avérés (groupe 1, avec évolution de ce classement en juin 2012). Il n'existe pas de valeur limite d'exposition réglementaire pour les particules diesel ».

On notera cependant que des tracteurs agricoles fonctionnant aux biocarburants (diester) réduisent fortement, voire annulent ces risques liés aux émissions toxiques des moteurs agricoles qui polluent largement l'air et l'environnement immédiat.

Si l'exposition aux émissions des moteurs constitue le principal risque lié à l'emploi du gasoil agricole, identifié clairement comme cancérogène pour l'homme notamment vis à vis du cancer du poumon, sa manipulation n'est pas non plus sans risque au même titre que des herbicides les plus préoccupants déjà ou sur le point d'être interdits

Le remplacement du gasoil agricole par l'essence, comme c'est le cas outre Atlantique est une solution pire puisque l'essence sans plomb, composée de différentes alcanes, alcènes et hydrocarbures aromatiques est largement aussi toxique et nécessite l'adjonction de benzène comme antidétonant à hauteur de 1% en Europe ou

Fiche de Données de sécurité Conforme aux Règlements (CE) n°1907/2006 & n°1272/2008 Produit : GASOIL Version du 07/07/2016 – société Dyneff

- *Liquide et vapeurs inflammables - H226
- *Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires - H304
- *Provoque une irritation cutanée - H315
- *Nocif par inhalation - H332
- *Susceptible de provoquer le cancer - H351
- *Risque présumé d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée - H373
- *Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme- H411

Fiche de Données de sécurité Conforme aux Règlements (CE) n°1907/2006 & n°1272/2008 Produit : SUPERCARBURANT SP 95-98 Version du 05/08/2016

- *Liquide et vapeurs extrêmement inflammables - H224
- *Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires - H304
- *Provoque une irritation cutanée - H315
- * Peut induire des anomalies génétiques – H340
- * Peut provoquer le cancer – H350
- *Susceptible de nuire à la fertilité ou au fœtus – H361 d

⁶ <https://wikiagri.fr/articles/les-normes-antipollution-stage-v-ou-tier-4-final/20215> et différentes consultations, sites en bibliographie.

⁷ <https://www.cancer-environnement.fr/550-Particules-diesel.ce.aspx>

⁸ Fiche INRS « Gaz d'échappement » du 15/09/2017.

0.66 % aux États-Unis. Avec l'adjonction de benzène, l'essence⁹ devient alors particulièrement toxique à manipuler et à respirer ses émissions. La situation antérieure (avant 1985) était cependant pire avec la présence de plomb tetraéthyle. Les émissions de moteurs diesels des véhicules automobiles sont devenues moins toxiques lorsqu'elles sont bien filtrées, notamment avec le dispositif adblue, qui est à l'origine un engrais azoté. Là aussi, les essences à haute teneur en bioéthanol, désormais fortement encouragées par certains pétroliers comme TOTAL¹⁰, s'avèrent bien plus sécurisantes tant pour le manipulateur que pour les riverains, mais ces carburants doivent être bien évidemment réservés aux zones où la pollution automobile est la plus préoccupante donc aux zones urbaines denses.

Les façons culturales dont le labour, entraînent en outre l'émission significative de particules de sol dans l'atmosphère, d'autant plus que le sol est sec et la vitesse d'avancement est élevée. Les particules de sol sont considérées comme participant de façon significative aux phénomènes de pollution de l'atmosphère par les particules et microparticules. Des recommandations sont faites par les préfetures pour stopper ou limiter le travail du sol en cas d'épisode anticyclonique favorable au phénomène¹¹.

Un rapport de l'ADEME de mars 2012 décrivait des engins agricoles et sylvicoles émettant des particules provenant de la combustion du gazole comme déjà évoqué mais aussi des poussières issues du travail du sol et de l'abrasion des freins et des pneumatiques. Les engins agricoles ont émis en 2010 plus de 94 kt de NOx, gaz précurseur de particules, soit l'équivalent de 38 % des émissions des poids lourds à l'échelle nationale. Les pratiques culturales au champ seraient aussi à l'origine de 90 % des émissions de poussières totales en agriculture notamment lorsque ce travail est réalisé sur sol sec, sol sec obligatoire pour un désherbage mécanique efficace à l'exception du labour. Tous les travaux au champ sont émetteurs de particules primaires, mais à des degrés divers. Un labour l'est plus qu'un semis, lui-même générant bien plus de poussières que le passage d'un pulvérisateur qui ne touche pas le sol. La taille des particules dépendrait elle aussi des opérations réalisées. Ainsi, les travaux de labour et de défrichage créent avant tout des particules grossières (essentiellement PM10). Les passages de herbes favorisent pour leur part le dégagement de particules plus fines. Ces particules sont composées de minéraux pour 90 à 97 %, (oxydes de silicium, d'aluminium, de fer, de calcium, du quartz). La fraction organique de ces particules provient quant à elle principalement de la dégradation des plantes. A la fraction minérale s'associe un mélange complexe de matière végétale et animale et peuvent parfois inclure des toxines bactériennes (notamment issues des composts, des lisiers ou des boues des stations d'épuration) et fongiques, des résidus de pesticides, d'antibiotiques... (également issus des matières organiques exogènes apportées au sol) (ADEME, 2012 ; Faburé J, 2011).

Les pollutions industrielles, routières, liées aux UIOM (Unités d'incinération des ordures ménagères) antérieures ont permis la constitution de « réservoirs de pollution » notamment dans les sols agricoles en particulier métaux lourds, dioxines, PCB (polychlorobiphényles), HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques).... Si certains métaux lourds peuvent être directement absorbés par de nombreux végétaux, les contaminants ubiquitaires, type dioxines, sont faiblement ou non absorbés par la plupart des espèces végétales à l'exception des cucurbitacées. La contamination du feuillage à partir du sol contaminé ne peut intervenir qu'avec la mise en suspension de particules de sol contaminées. Les travaux de sol, surtout par sol sec sont les principaux contributeurs à l'émission de ces poussières selon l'ADEME.

À eux seuls, les travaux des champs émettraient 83 % des poussières totales avec 37 % des PM10 et 14 % des PM 2,5 issues des activités agricoles. La première action à envisager pour réduire ces émissions connues comme « pollution aux particules » est de diminuer le nombre d'interventions mécaniques, en particulier durant les périodes anticycloniques qui empêchent leur dispersion.

⁹ La teneur maximale en benzène de l'essence a en outre été ramenée de 5 à 1% en 2000. Comme pour les pesticides, la réglementation impose aux pétroliers de réduire le niveau de risque qui reste cependant plus élevé que pour l'usage des pesticides.

¹⁰ Le pétrolier TOTAL a équipé la quasi-totalité de ses stations-services de pompes E85, témoignant son engagement pour favoriser le carburant de loin le moins préoccupant pour l'utilisateur et le riverain.

D'autres mesures préconisées s'appliquent en prenant en compte le type et l'état du sol. Un autre aspect de l'excès de mécanisation est l'augmentation de la compaction des sols et la moindre infiltration de l'eau de pluie. Les agriculteurs, à l'instar des citadins, sont partiellement touchés par ces épisodes particuliers produits par les travaux réalisés au champ, mais cette exposition impacte plus les éleveurs travaillant dans des environnements clos.

L'exposition à ces particules principalement issues des émissions des diesels agricoles mais aussi

« **Dust Bowls** » : Tempêtes de poussière liées à des épisodes de sécheresse intense aux USA alors que la banalisation des tracteurs modifiait les techniques de cultures avec un labour systématique des sols. Il s'agit de catastrophes humaines, économiques et écologiques qui ont touché, pendant près d'une décennie, les Grandes Plaines aux États-Unis et une partie du Canada entre 1930 et 1940. Le terme a été repris par la suite pour caractériser les grands épisodes de sécheresse aux USA. Si l'aspect humain avec le roman emblématique de John Steinbeck publié en 1939 : « Les Raisins de la colère » a marqué définitivement la mémoire des américains, les médias européens ne retiennent aujourd'hui que l'aspect écologique avec un impact majeur sur les milieux. A la suite de ces phénomènes, une modification profonde des pratiques agronomiques, réduisant au maximum le travail du sol et valorisant l'utilisation d'herbicides a été initiée par les services techniques américains du «Soil Conservation Service (SCS)» préfigurant une des principales agences de l'actuel USDA.

les microparticules pour la fraction inférieure à 2.5 microns entraîne différentes pathologies dont l'asthme et autres maladies respiratoires, des accidents vasculaires cérébraux, et cardiovasculaires, des cancers dont principalement le cancer du poumon, moins fréquent chez les agriculteurs cependant, car moins gros fumeurs que le reste de la population.

En Amérique du nord, l'érosion éolienne constituerait en revanche une source de particules non négligeable, avec 50.4 %, des particules de sol liés à l'action du vent contre 28.1 % dus à la préparation du sol, 15.6 % dus à la récolte des cultures. Toutefois les caractéristiques climatiques et géographiques du paysage de la France ne sont absolument pas comparables. Les « Dust bowls » particulièrement intenses observés en Amérique du nord entre 1930 et 1940 mais aussi par la suite, n'ont jamais été observés avec la même intensité en France.

Recul dans la participation de l'agriculture à la lutte contre les émissions de GES et au plan climat.

La mise en œuvre des pesticides, de l'usine de fabrication à la sortie du pulvérisateur, représente 1% du cout énergétique d'un hectare cultivé en grandes cultures contre 20 à 30 % pour la mécanisation et la consommation de fioul agricole principalement via le travail du sol¹³. Substituer les herbicides de synthèse par davantage de labour ou même de travail du sol superficiel va entraîner une dégradation significative de ce paramètre.

Les façons culturales et en particulier le labour réduisent la capacité des sols à stocker le carbone de l'air. Selon le ministre Stéphane Le Foll, inventeur du modèle agroécologique français, l'objectif de l'agro-écologie est de concilier performance écologique et performance économique.

Il s'agit de faire produire, à plein, le potentiel de photosynthèse du territoire tout en protégeant les sols, réservoirs de biodiversité, pièges à carbone et si fragiles. Pour les protéger, il faut arrêter de les « triturer, les malaxer ». Ces pratiques sont nuisibles à la faune et à la flore des sols en tout premier lieu aux vers de terres, infatigables auxiliaires de l'agriculture pour aérer, drainer les sols et mieux répartir la matière organique. Les sols doivent être idéalement couverts (Le Foll, 2017)

¹³ L'essentiel du coût énergétique de la production (50% pour du blé, 60% pour du colza) vient de la fixation de l'azote de l'air avec l'utilisation de méthane mais cette dépendance devrait disparaître à partir d'un procédé mis au point par Siemens pour l'Europe et s'appuyant sur l'électricité éolienne pour produire de l'ammoniac, ammoniac local et « décarboné ». Le déploiement de la technologie au stade pré industriel devrait intervenir à partir de 2025.

L'initiative 4/1000¹⁴ a pour but de stocker le carbone dans les sols afin de stopper l'augmentation de la concentration de CO2 dans l'atmosphère

En situation idéale, le couvert laisse la place à la culture sous l'effet du gel ou d'une destruction mécanique. Il arrive même qu'une utilisation limitée et ponctuelle d'herbicide de synthèse, dans des conditions encadrées, facilite cette gestion. Selon le ministre, en 2017, c'est une période de transition : 3 à 5 ans et l'agriculture française pourra vraisemblablement se passer du plus emblématique, le glyphosate¹⁵.

Selon l'observatoire des troubles musculo-squelettiques de la MSA des actifs agricoles, les troubles musculo-squelettiques représentaient 86,6 % des maladies professionnelles reconnues pour les chefs d'exploitation sur la période 2009-2013. Les vibrations du corps entier, particulièrement intenses lors du travail du sol constituaient la troisième cause de TMS. Ce risque se cumule avec celui de la manipulation du gazole, produit pétrolier reconnu nocif et de l'exposition aux produits de combustion des moteurs fortement sollicités lors de opérations de travail du sol.

LES HERBICIDES DE BIO CONTRÔLE

Autant les solutions de bio-contrôle sont nombreuses et, pour certaines, performantes, en matière de fongicides ou d'insecticides, autant pour le désherbage, en lieu et place d'herbicides de bio-contrôle, on compte le nombre d'herbicides sur une seule main, voire 3 doigts. L'acide pélargonique est actuellement le fer de lance et le plus performant des herbicides issus d'une chimie simplifiée. Cet herbicide total peut rendre de nombreux services dans les zones de jardins, espaces verts ou les zones urbaines désormais interdites aux herbicides de synthèse. Cet acide faible ne peut constituer une solution immédiate pour des cultures occupant de grandes surfaces avec un produit brut réduit par hectare, étant donnés les volumes nécessaires (16 litres de spécialité par hectare à renouveler) et un prix bien trop élevé. Il pourrait s'agir, au mieux, d'un complément pour accompagner des pratiques de travail du sol réduites. On ne peut exclure cependant un intérêt de l'acide pélargonique, à terme, pour des traitements par taches afin de dessécher les adventices (liserons, ray-grass, ...) dans les 3 semaines qui précèdent la récolte afin de faciliter cette dernière. On notera enfin qu'en raison de son caractère particulièrement irritant, l'acide pélargonique n'est pas un herbicide sans risque non plus, même si cela n'a rien à voir avec la dangerosité du gazole utilisé par le tracteur, mais imposant une protection de l'opérateur :

- H315 - Provoque une irritation cutanée
- H318 - Provoque des lésions oculaires graves

Son manque d'efficacité sur les vivaces conduit à accueillir avec beaucoup d'intérêt des annonces sérieuses faites pour de nouvelles substances actives d'origine naturelle dont certaines issues de molécules produites par des cyanophycées. Mais, de l'identification d'un effet herbicide potentiel à la commercialisation, au moins 10 ans vont s'écouler et sans certitude sur le franchissement des différentes étapes. L'annonce la plus élaborée vient d'une université allemande¹⁶ avec le 7-desoxy-sedoheptulose, dont il faudra suivre le long parcours avant une éventuelle autorisation comme herbicide.

DISCUSSION – CONCLUSION

Nous avons évoqué différentes méthodes qui permettent de réduire l'utilisation des herbicides de synthèse. Nous avons rappelé les **très** bonnes performances du labour, celles limitées du binage et plus encore de la herse étrille aux conditions de sol sec sur une durée de quelques jours. L'alternance des espèces sur la même parcelle et des dates de semis liées à la rotation des cultures reste la méthode la plus performante, mais à condition d'alterner des cultures semées à des périodes différentes et, pour l'agriculture conventionnelle, de supporter des modes d'action herbicide différents. Nous avons

¹⁴ Référence au livre la première graine de S Le Foll

¹⁵ Propos recueillis lors de la sortie du livre la première graine fin 2017.

¹⁶ <https://www.terre-net.fr/observatoire-technique-culturelle/strategie-technique-culturelle/article/la-decouverte-d-une-possible-alternative-au-glyphosate-217-145503.html>

vu que la rotation suppose des successions de cultures dont la flore adventice est différente et dans tous les cas maîtrisés par le couvert, les pratiques de travail du sol en interculture et les herbicides. Le traitement herbicide plus localisé pour les cultures de printemps principalement au semis ou raisonné avec des cartographies de l'enherbement via l'agriculture de précision, représente un ensemble de techniques prometteuses pour réduire les quantités d'herbicides utilisées avec les modulations de doses et des applications localisées. Les bénéfices d'une irrigation responsable¹⁷ ne sont enfin que rarement évoqués dans les moyens de réduire les doses d'herbicides résiduels, alors que les échecs d'emploi de ces herbicides relèvent souvent d'une pluviométrie insuffisante après leur utilisation et qu'une pratique, assez généralisée, tant en France qu'aux États-Unis, conduit les agriculteurs qui en ont les moyens, à assurer un apport d'eau pour régulariser cette efficacité si le climat n'y pourvoit pas. La réduction de l'utilisation des herbicides de synthèse ne peut être une fin en soi et doit s'accompagner d'une réduction de leur transfert hors de la parcelle agricole. Ce transfert via des dérives de pulvérisation est devenu le principal sujet de préoccupation pour les citoyens et les politiques durant cette fin d'été 2019 avec des distances obligatoires minimales qui seront imposées et une concertation entre riverains et agriculteurs fortement encouragée.

Les techniques réduisant les dérives de pulvérisation déjà éprouvées, notamment les buses à injection d'air et leur généralisation, ainsi qu'un renouvellement du parc de pulvérisateurs permettraient de réduire les ZNT et d'augmenter la sécurité des zones limitrophes. Reste à renforcer les pratiques évitant la volatilisation de la substance active et le transfert horizontal en cas d'inversion de température, sachant que tous les herbicides ne sont pas égaux devant ce risque. Historiquement, la trifluraline était la substance herbicide la plus concernée, interdite depuis plus de 10 ans. Il reste d'autres herbicides de la même famille ou des auxiniques à l'ordre du jour. Au-delà des mesures recommandées par l'agence nationale de sécurité des aliments, l'expérience des américains, confrontés à des climats plus favorables encore à ce phénomène, mériterait d'être étudiée¹⁸.

Les herbicides sont effectivement les substances pesticides agricoles¹⁹ les plus retrouvées dans les eaux de surface ou principalement, pour des molécules abandonnées en Europe (atrazine, simazine, diuron ...), dans les eaux souterraines²⁰. En revanche leur présence dans l'alimentation est très rare, voire exceptionnelle dans les aliments produits en France ou en Europe alors que des traces de fongicides et d'insecticides ou de régulateurs de croissance sont plus fréquentes (EFSA, 2018)²¹. Seules les céréales ou les protéagineux produits ailleurs dans le monde sont susceptibles de recevoir du glyphosate en fin de cycle, pratique essentiellement nord-américaine sans qu'un risque sanitaire identifié soit associé à cette présence à l'état de traces. Dans cette perspective, piéger les particules de sol qui sont le principal vecteur de la contamination des eaux superficielles²², notamment avec les Zones Tampons Humides Artificielles (Tournebize et al, 2015 ; Tournebize et al, 2017), permettrait de

¹⁷ L'irrigation permet de réduire le stress lié aux adventices. Elle permet d'accélérer le développement de la culture qui devient plus couvrante et compétitive. L'irrigation permet aussi d'augmenter l'efficacité de certains herbicides résiduels qui sont peu efficaces en culture sèche et en l'absence de pluie, cas de chloroacétamides notamment. Pouvoir apporter de l'eau après leur application conduit à réduire la quantité apportée sans perte d'efficacité. L'irrigation permet aussi de sécuriser le rendement des cultures de printemps en cas de semis décalé davantage exposé à la sécheresse estivale, ce décalage pouvant être utile pour réduire la pression d'adventices, les dégâts d'insectes du sol et notamment ceux de *Diabrotica*,

¹⁸ <https://extension.psu.edu/auxin-herbicide-drift-and-temperature-inversions>

¹⁹ Des contaminants ubiquitaires d'origine industrielle ou ménagère voire des résidus de médicaments peuvent être retrouvés en quantité bien plus importante mais ne sont ni suivis, ni évalués avec la même constance que les herbicides. Le cuivre (dont les propriétés herbicides sous forme de sulfate sont bien connues) est retrouvé de façon bien plus importante dans les cours d'eau, mais ses origines sont diverses, également agricoles mais uniquement utilisé comme fongicide désormais.

²⁰ Des molécules appartenant essentiellement à la famille des triazines ou leurs métabolites sont les principales molécules retrouvées dans les eaux souterraines. Les résidus dans les eaux souterraines correspondent pour l'essentiel à cette famille de molécules interdite depuis plus de 15 ans à l'exception de la terbuthylazine. L'atrazine reste autorisé dans les principaux pays agricoles développés (USA, Canada, Australie...).

²¹ L'ensemble des analyses donne 96,2% de résultats sous les LMR et des dépassements des limites légales de 2,4% pour les échantillons de produits provenant de pays de l'UE contre 7,2% des échantillons provenant de pays non membres de l'UE.

²² Intérêt particulier des Zones Tampons Humides Artificielles qui optimisent la sédimentation des particules de sol pour mieux protéger les milieux et réduire les phénomènes d'érosion, adapté aux parcelles non drainées et plus efficace encore pour des parcelles drainées (ONEMA, 2016), ce sont des « mares » élaborées, adaptées à une « dépollution » de haut niveau de l'eau sortant des parcelles. Il s'agit certainement d'un investissement d'avenir pour l'agriculture et la protection des milieux qui peuvent agir marginalement aussi en prévention des inondations. Site consulté et travaux de J Tournebize en bibliographie

retrouver des eaux de surfaces indemnes de traces d'herbicides. C'est le dispositif le plus efficace et polyvalent, même s'il suppose plus d'investissement préalable. La protection des milieux, par un meilleur usage des herbicides, donc une baisse optimisée de leur emploi et une gestion de leur transfert hors de la parcelle agricole apparaît donc essentielle pour créer les conditions d'un dialogue apaisé entre les agriculteurs et la société civile. Pour que ce dialogue soit constructif, il était nécessaire de bien expliquer ce à quoi le citoyen, principalement celui qui vit en milieu rural, riverain des parcelles agricoles, s'expose à trop vouloir réduire l'emploi des herbicides de synthèse dans son environnement immédiat, lorsque les techniques alternatives comportent de sérieuses « zones grises » tant pour leur efficacité que pour leur nocivité déjà identifiée. Le cas des jachères avant 2007 et des nuisances pour les riverains, liées à l'ambrosie à feuille d'armoise en leur sein, a été déjà largement renseigné. Dans ce cas, des solutions herbicides efficaces existaient mais non mises en œuvre par les agriculteurs pour des raisons économiques. Ces nuisances ont pris fin avec la fin de l'obligation des jachères en 2007. C'est aussi le cas des émissions particulières des moteurs agricoles avant que le parc de tracteurs ne soit entièrement renouvelé, pas avant 2030 et selon des normes non encore obligatoires. C'est aussi le cas de la manipulation de ce carburant pétrolier ou la production de particules de sol en cas de travail par temps sec qui peuvent s'avérer nocives. La proximité de plantes allergènes ou les risques de contamination de l'aliment par des plantes toxiques sont déjà bien renseignées, mais méritent toujours d'être rappelées, vu la timidité, voire la frilosité des médias pour exposer l'état de la connaissance, les accidents avérés ou la nuisance pollinique avec certaines plantes adventices. Il s'agit donc ici d'un exposé préliminaire sur des aspects méconnus qui appelle de nombreux et futurs développements.

BIBLIOGRAPHIE

ADEME., 2012. Les émissions agricoles de particules dans l'air état des lieux et leviers d'action - mars 2012- Réf. 7416 , 35 p.

Délos M. et Gasquez J. 2014 - Désherbage du maïs différences entre la France et les États-Unis - *Phytoma* - n°677 - octobre 2014 , 41-47

Dureau de la Malle., 1838. Mémoire sur l'Agriculture romaine depuis Caton le censeur jusqu'à Columelle. In: Mémoires de l'Institut national de France, tome 13, 2^e partie, 1838, 413-528

EFSA (European Food Safety Authority), 2018. The 2016 European Union report on pesticide residues in food. EFSA Journal 2018;16(7):5348, 139 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5348>

Faburé J et al., 2011. Synthèse bibliographique sur la contribution de l'agriculture à l'émission de particules vers l'atmosphère : Identification de facteurs d'émission. Rapport ADEME/Inra, 2011

Faucher D., 1956 - A propos de l'Araire. In: Pallas, 4/1956, 117-133; doi : <https://doi.org/10.3406/palla.1956.936>-https://www.persee.fr/doc/minf_0398-3609_1838_num_13_2_1290

Gasquez J., Dron M., et Délos M., a, 2019 - Histoire du désherbage en grandes cultures, Végéphyll – 24^e Conférence du COLUMA, Journées Internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. Orléans – 3, 4 et 5 décembre 2019 - dans ce volume.

Gasquez J., Dron M., et Délos M. b., 2019 - Nuisibilités des mauvaises herbes pour l'agriculteur, les consommateurs humains et les animaux, Végéphyll – 24^e Conférence du COLUMA, Journées Internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. Orléans – 3, 4 et 5 décembre 2019 – dans ce volume.

Harper K., 2017 - Comment l'Empire romain s'est effondré Le climat, les maladies et la chute de Rome – ed. La découverte. Paris. 540p. <https://doi.org/10.3406/palla.1956.936>

Le Foll S., 2017. *La première graine* Ed Calmann Lévy Paris -170 p.

Örke E., 2006 - Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*, 144 (1), 31-43

Tournebize J., Chaumont C., Kchouk S., Bouarfa S., Pulou J., Passeport E., Fesneau C. and Gramaglia C., 2015, « Les zones tampons humides artificielles : pour quoi et pour qui ?" Ingénieur biologie / Génie Biologique / Verein für Ingenieurbioogie 2015/3, 47-53.

Tournebize J., Chaumont C., and Mander U., 2017 - "Implications for constructed wetlands to mitigate nitrate and pesticide pollution in agricultural drained watersheds", *Ecological Engineering*, 103, 415-425.

Tournebize J., Chaumont C., Molina S. and Berthault D., 2015. « Guide technique à l'implantation des zones tampons humides artificielles (ZTHA) pour réduire les transferts de nitrates et de pesticides dans les eaux de drainage : cas du département de la Seine-et-Marne », Groupe Technique Zone Tampon, ONEMA, 35 p.

Sites consultés pour les zones tampons humides artificielles :

<http://zonestampons.onema.fr/>

<http://www.lafranceagricole.fr/actualites/pesticides-et-nitrates-diminuer-les-residus-avec-une-zone-tampon-irstea-1,0,15283221.html>

Sites consultés pour les futures normes imposées aux moteurs diesel :

<https://www.terre-net.fr/materiel-agricole/tracteur-quad/article/le-stage-v-impose-un-contrrole-des-machines-en-fonctionnement-207-126302.html>

<https://www.terre-net.fr/materiel-agricole/tracteur-quad/article/scr-egr-et-fap-sur-tous-les-modeles-de-tracteurs-agricoles-a-l-horizon-2020-207-118575.html>

<https://www.terre-net.fr/materiel-agricole/tracteur-quad/article/les-normes-anti-pollution-dans-l-agriculture-207-99163.html>

Sites consultés préconisant le contrôle chimique ou le fauchage précoce des graminées de bordure pour le contrôle de l'ergot.

Australie : <http://www.depi.vic.gov.au/agriculture-and-food/pests-diseases-and-weeds/plant-diseases/grains-pulses-and-cereals/ergot-of-pasture-grasses>

"Headlands and roadsides should be mown before grasses mature to eliminate potential ergot reservoirs."

UK: [Managing ergot in cereal crops - HGCA.com](http://www.hgca.com/Managing-ergot-in-cereal-crops)

"Use herbicides to control susceptible grass weeds in set-aside before they flower and can become infected with ergot."

USA: [Ergot: Biology and Control](http://www.aphis.usda.gov/ergot/Biology-and-Control)

"In the cereal grains, weed grasses within or surrounding fields are known to be a source of ergot inoculum. Control of weeds through sprays, or by cutting grasses surrounding fields to prevent heading is recommended."

NZ: [to view pdf - Foundation for Arable Research](http://www.fonterra.co.nz/ergot-of-cereal-grasses)

"Eradicating grass weeds in and around crops, or mowing grass weeds on headlands before they flower will prevent spread."

Canada: <http://www.agriculture.gov.sk.ca/ergot-of-cereal-grasses>

Mow around headlands or roadways to remove grasses before they flower so they do not serve as a host for the first stage of the disease cycle. Also, cut or graze hay at the heading stage if a severe ergot infestation is expected