

**AFPP – 23<sup>e</sup> CONFÉRENCE DU COLUMA**  
**JOURNÉES INTERNATIONALES SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES**  
**DIJON – 6, 7 ET 8 DÉCEMBRE 2016**

**A QUOI SERVENT LES HERBICIDES ?**

J. GASQUEZ <sup>(1)</sup> et M. DELOS <sup>(2)</sup>

(1) jacques.gasquez@laposte.net

(2) Cité Adm- Bat E Bd Armand Duportal 31074 TOULOUSE cedex marc.delos@agriculture.gouv.fr

**RÉSUMÉ**

Il y a moins d'un siècle, la production de blé française était toujours incapable de satisfaire une demande citadine croissante. Les agriculteurs étaient dans l'incapacité de contrôler correctement les adventices, surtout les vivaces. C'est alors qu'apparut le premier produit chimique herbicide sélectif des cultures. Après un demi-siècle de tâtonnements notamment avec des produits corrosifs et/ou très toxiques, la découverte d'herbicides spécifiques du métabolisme végétal a permis une véritable régression des « pires » vivaces et, pour la première fois dans l'histoire, une baisse durable des stocks de semences des annuelles. Ces solutions ont entraîné la disparition de nombreuses espèces parasites des végétaux et la régression des plantes toxiques, largement contribué à l'augmentation des rendements et à la simplification relative des assolements avec une proportion accrue du blé dans la rotation. Toutefois la perte dans la mémoire collective de l'idée de disette, a autorisé des représentations où les ennemis des cultures auraient été définitivement maîtrisés voire bénéfiques ouvrant la possibilité de restreindre le recours à la modernité pour la protection des cultures. Il est rappelé l'histoire de la gestion des adventices, les avantages et difficultés des différents choix. Il est donc décrit l'œuvre préalable (mais malheureusement pas définitive) de nettoyage des parcelles par les herbicides sans laquelle ces expériences modernes ne seraient pas imaginables. Il est également insisté sur les interactions complexes qui existent entre les adventices et d'autres composants de la biodiversité dont une partie importante reste obstinément hostile à l'homme.

Mots-clés : historique ; gestion des adventices, herbicides, toxicité, ergot du seigle.

**ABSTRACT**

In the early years of the XXth century, the French wheat production was still too low to feed the growing population in the cities. The farmers penalized by the exodus of labor force could not properly manage any weed species and especially perennial species. At that moment appeared the first selective herbicide in crops. After fifty years of many tries with corrosive products, the discovery of herbicides specifically active on the plant metabolism allowed an effective decrease of the worst perennial weeds and for the first time since the beginning of the agriculture a real decrease of the weed soil seed banks. This led to the disappearance of the parasitic species, the wheat yield increase, the simplification of the crop rotations and more wheat cultivation returns over the years. But, the forgetting the notion of famine in the community memory allowed the idea that we have definitively won the war against the pests of the crops and that it should be possible to reduce the modern weed control. Through the history of the weed control it is shown that these new experiences could not be conceivable without the previous fifty years of herbicide cleaning (but unfortunately not definitive). Herbicides have some inconvenience and their misuse can be dangerous. It is also reminded the complex relationships between weeds and other natural organisms which are persistently hostile to the mankind.

Keywords: weed control history, herbicides, weed toxicity, ergot.

## INTRODUCTION

Depuis le début des temps historiques, les agriculteurs ont dû lutter dans leurs parcelles contre les adventices afin d'installer et de laisser croître leurs cultures.

Jusqu'au début du XX<sup>ème</sup> siècle, les successions de cultures et même la plupart des interventions mécaniques en agriculture, étaient principalement dirigées vers cet objectif d'améliorer la gestion du fléau que représentaient les adventices. Toutes ces interventions étaient fortement consommatrices de main d'œuvre que ce soit dans la conduite de la jachère et de la rotation, le sarclage des cultures le supportant ou les désherbages manuels des céréales ou du lin qui mobilisaient une main d'œuvre nombreuse pour partie familiale.

Mais dès le milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle, avec l'évolution de la situation sociale, la main d'œuvre rurale, choisissant de rejoindre les villes à l'industrie naissante, a diminué les bras disponibles. De plus l'école devenant obligatoire a privé le désherbage des champs des mains des jeunes enfants. Parallèlement la demande de blé plus importante pour nourrir une population en croissance, a exigé une plus forte productivité, qu'il était difficile d'obtenir sans l'introduction de nouvelles méthodes. Vers 1920, la France importait encore environ 1 million de tonnes de blé par an, chiffre considérable, payé en or<sup>1</sup> et cette obligation s'est poursuivie jusqu'en 1930 et épisodiquement jusqu'en 1950.

Alors que la mécanisation (semis moins dense en ligne et sarclage mécanique) gagnait l'Angleterre, elle tardait à s'introduire en France ne permettant pas aux rendements d'augmenter. C'est la découverte fortuite de Louis Bonnet en 1896 de l'effet sélectif de la bouillie bordelaise, efficace plus spécifiquement sur les crucifères qui a déclenché en France et à travers l'Europe un engouement extraordinaire pour explorer cette nouvelle méthode de gestion des adventices faisant appel à la chimie de synthèse balbutiante.

En un siècle, grâce à une recherche systématique dans le domaine des substances herbicides, le contrôle des adventices s'est trouvé révolutionné par le recours à des molécules de plus en plus élaborées et a rendu la production agricole complètement dépendante des herbicides, substances de mieux en mieux adaptées à la culture et aux espèces à détruire. Ce succès a entraîné une forte réduction des adventices, permettant la simplification des itinéraires techniques, des rotations et l'abandon partiel ou total du labour. Cette situation, en particulier des parcelles les plus propres, fait naître aujourd'hui l'idée qu'il est possible d'évoluer vers d'autres agricultures, délaissant progressivement le recours à la chimie, aussi élaborée et relativement sécurisée soit elle. Elles font appel à des outils gérant moins efficacement les adventices, exclusivement par des moyens à effets partiels et qui exigent de ce fait à nouveau de plus grands investissements en temps de travail et une augmentation des coûts de production avec des externalités négatives encore sous évaluées.

Nous proposons dans les lignes qui suivent, à partir d'exemples, de décrire les contextes dans lesquels le recours aux herbicides reste nécessaire pour maintenir les parcelles propres et assurer une production suffisante quantitativement et qualitativement. Nous nous poserons la question de savoir si l'usage prépondérant des herbicides n'aurait eu pour effet que la forte réduction du stock semencier des parcelles et que, une fois les résultats attendus obtenus, l'agriculteur pourrait désormais globalement et durablement s'en passer.

Nous ferons appel à des témoignages historiques précis, d'époques qui précèdent juste l'invention du désherbage chimique pour illustrer l'immense labeur que représentait la lutte contre les adventices à cette époque pas si lointaine. Ces témoignages permettront de relativiser l'enthousiasme très actuel pour un surcroît d'intervention manuelle, rendu possible par l'adhésion des agriculteurs aux technologies efficaces durant les 60 dernières années écoulées.

## A HISTORIQUE

### 1) SITUATION JUSQU'AU DEBUT DU XX<sup>EME</sup> SIECLE

---

<sup>1</sup> Il est difficile de mesurer l'importance de la recherche de l'autosuffisance alimentaire dans les décennies et les siècles qui ont précédé les « 30 glorieuses ». Réduire les risques de voir la population sombrer dans la famine a toujours été une priorité des gouvernements.

Avant l'avènement du désherbage moderne, les cultures étaient tellement envahies par les adventices que, pour mettre en place une culture de blé d'hiver, il fallait plusieurs années pour tenter de réduire leurs peuplements (jachère ou luzerne, cultures sarclées...). Néanmoins selon les années, « les blés sont mangés par les mauvaises herbes » (Schribaux 1923), envahis soit par des crucifères ou des coquelicots (*Papaver rhoeas*) soit par la folle avoine (*Avena fatua*), réduisant parfois le rendement à zéro et obligeant le fauchage en vert.

Malgré 5 ou 6 ans de préparation et après une jachère avec jusqu'à cinq labours, une parcelle suffisamment préparée, au blé convenablement hersé, désherbé au moins deux fois à la main, échardonné et essané manuellement par les femmes et les enfants, ne produisait tout au plus que 12q/ha en moyenne. Après chaque blé, la parcelle était à nouveau envahie par des annuelles dont le stock avait été approvisionné et surtout par les vivaces qu'on n'arrivait pas à éliminer malgré le travail du sol répété dans des conditions optimales et l'utilisation de matériel spécifique pour la destruction des rhizomes. Les chardons étaient considérés d'un tel niveau de nuisibilité qu'il était fait obligation aux propriétaires du sol de procéder ou faire procéder à leur destruction sous peine d'amende.

Ne pouvant être sarclé, parce que semé à la volée, le blé exigeait un travail très important pour être suffisamment débarrassé des adventices pour assurer une production suffisante. Selon la situation, à chaque désherbage un hectare de blé demandait entre 4 à 6 journées-femme d'au moins 10 heures (le lin plus exigeant demandait au moins 4 semaines à chaque passage). Et souvent il fallait recommencer quelque temps plus tard.

#### a) espèces dominantes

Depuis le XVIIIème siècle avec Duhamel du Monceau (1762) jusqu'à la première moitié du XXème avec Rabaté (1927), les mêmes espèces dominantes étaient citées. Les plus difficiles à contrôler étaient les vivaces, présentes partout.

D'abord les graminées : chiendent (*Elymus europaeus*), cynodon (*Cynodon dactylon*), avoine à chapelet (*Arrhenatherum bulbosum*), agrostis rampant (*Agrostis stolonifera*), brachypode (*Brachypodium pinnatum*) étaient bien adaptées au travail du sol avec des systèmes souterrains rampants et étaient multipliées par le fractionnement. Les dicotylédones : liseron (*Convolvulus arvensis*), vesces (*Vicia spp*), gesses (*Lathyrus spp*) avec un enracinement très profond étaient incontrôlables. Le chardon roland (*Eryngium campestre*), plusieurs chardons (*Cirsium spp*) et le laiteron des champs (*Sonchus arvensis*) se développaient malgré les outils utilisés pour les sarcler. Mais il existait aussi très souvent selon le type de sol des espèces aujourd'hui oubliées, depuis l'avènement du désherbage chimique, comme adventices majeures des céréales à paille : la grande berce (*Heracleum sphondilium*), le pissenlit (*Taraxacum officinale*), le sureau yèble (*Sambucus ebulus*), le tussilage (*Tussilago farfara*), la presle (*Equisetum arvense*), la fougère aigle (*Pteridium aquilinum*), la bardane (*Arctium lappa*), l'ail (*Allium oleraceum*) ou l'arrête-boeuf (*Ononis spinosa*) qui rendaient quasi impossible la culture des céréales sans des travaux importants dans l'interculture.

En plus, dans les céréales d'hiver, quand on avait réduit suffisamment les vivaces, les annuelles occupaient la place. Les principales et les plus dommageables qui dominaient étaient : la nielle (*Agrostemma githago*), la nigelle (*Nigella arvensis*), le coquelicot (*Papaver rhoeas*), le bleuet (*Centaurea cyanus*), le peigne de venus (*Scandix pecten veneris*), le pied d'alouette (*Delphinium consolida*), les matricaires (*Matricaria spp*), les ivraies (*Lolium spp*), la folle avoine (*Avena fatua*) et le semi parasite mélampyre (*Melampyrum arvense*), souvent complétées par des moutardes (*Sinapis arvensis*) ou de la ravenelle (*Raphanus raphanistrum*) et de la folle avoine, plus fréquentes en céréales de printemps. Il existait aussi des plantes semi parasites et des parasites. Les cuscutes (*Cuscuta spp*) pouvaient être abondantes et passer des légumineuses vers le lin, le houblon et même le blé, non hôte mais envahi d'adventices qui maintenaient cette terrible plante parasite. De toutes les orobanches, seule l'orobanche rameuse<sup>2</sup> (*Orobanche ramosa*) se trouvait en cultures sur le

---

<sup>2</sup>Après avoir été écartée quasi totalement des cultures pendant plusieurs décennies, l'orobanche rameuse accidentellement réintroduite avec des semences de chanvre colonise plusieurs cultures dont le colza et avec le développement du tournesol, une forme de *O. cernua*, *O. cumana* se répand dans cette culture ; ces deux plantes posent désormais de graves problèmes dans les grandes cultures en France.

chanvre et quand elle était très abondante elle pouvait croître dans d'autres cultures, même le blé en profitant des adventices comme support.

De plus, au cours de cette période, le développement des circuits commerciaux a de surcroît introduit des espèces qui sont devenues envahissantes comme l'érigéron du Canada (*Conyza canadensis*) arrivé en 1800, la crépide soyeuse (*Crepis setosa*) en 1828, la crépide à feuille de pissenlit (*Crepis taraxacifolia*), des amarantes (*Amaranthus spp*) au début du XX<sup>ème</sup> siècle, mais aussi l'ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*) dont le développement a été surtout observé à partir de la fin du XX<sup>ème</sup> siècle et le début du XXI<sup>ème</sup> siècle en lien avec l'extension de la culture de tournesol dans laquelle sa destruction n'était que très partielle. L'adoption de jachères mal entretenues a aussi favorisé son extension. Par opposition, les *Rumex obtusifolius* et *R. crispus* aujourd'hui fréquents, étaient essentiellement cités en prairies naturelles.

Chaque parcelle contenait plusieurs dizaines d'espèces, souvent avec une ou plusieurs vivaces dominantes. Périodiquement, une espèce annuelle (crucifère, coquelicot ou matricaire) pouvait devenir tellement envahissante que la culture était complètement étouffée (Duhamel du Monceau, 1762).

#### b) Toxicité directe des espèces :

En plus de leur densité qui concurrençait la culture et réduisait le rendement, comme on ne pouvait totalement les supprimer dans la parcelle et de la récolte, leurs semences réapprovisionnaient les stocks semenciers du sol, mais aussi polluaient les farines avec des risques de toxicité qui étaient autrefois parfois mortelles.

Plusieurs espèces annuelles ont des graines toxiques et certaines étaient difficiles à séparer du blé avant les trieurs mécaniques. Pour Duhamel du Monceau, *Nigella arvensis* était la nielle car ses graines noires, difficiles à trier, polluaient la farine qui ressemblait à celle du blé niellé<sup>3</sup>. *Agrostemma githago* était aussi dans le même cas. Toutes deux rendaient le pain plus ou moins dangereux (voire mortel) en fonction du taux de contamination de la farine. Le mélampyre était aussi difficile à trier et ses graines rendaient violet et très amer avec une odeur désagréable le pain quotidien de beaucoup de paysans. Quand *Allium oleraceum* abondait, ses bulbilles se mêlaient au grain et donnaient un goût et une odeur aillés à la farine. Enfin le grain de *Lolium temulentum*, aujourd'hui quasi disparu, lui aussi difficile à séparer, surtout du seigle, était très toxique à cause d'un champignon endophyte, *Neotyphodium coenophialum* produisant des alcaloïdes toxiques. Beaucoup de ces adventices étaient souvent très toxiques pour les animaux qui les consommaient en vaine pâture dans les jachères ou les volailles auxquelles on donnait les balayures de greniers. En plus des adventices des prairies ou de l'ivraie enivrante, ils consommaient des espèces comme la mercuriale annuelle (*Mercurialis annua*), des adonis, des renoncules (*Ranunculus spp*), le coquelicot, l'anthriscus (*Anthriscus caucalis*) et l'aethuse (*Aethusa cynapium*)... (Cornevin 1887). Plus près de nous, si, au sein de ces espèces, les plus toxiques ont disparu, de nouvelles directement toxiques ou allergènes sont apparues, avec le datura (*Datura stramonium*), l'ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*) ou la berce du Caucase (*Heracleum mantegazzianum*).

#### c) Relais de pathogènes et toxicité indirecte

Les adventices sont des relais de pathogènes, comme le vulpin et d'autres graminées pour le piétin échaudage, le piétin verse ou les virus de la jaunisse nanisante de l'orge. Elles peuvent aussi héberger des virus sans présenter le moindre symptôme, comme la stellaire (*Stellaria media*) et beaucoup d'autres espèces pour les viroses des jaunisses de la betterave ou du colza.

Ce rôle comme relai de pathogènes peut prendre une importance particulière. Il en est ainsi avec l'importance des graminées adventices qui dans les céréales à paille ou dans les cultures en rotation hébergent l'ergot du seigle (*Claviceps purpurea*) qui contamine l'épi de différentes céréales à paille. Il

---

<sup>3</sup> Un nématode *Anguina tritici* très fréquent à cette époque, disparu depuis 40 ans en agriculture conventionnelle, se développait avec la semence fermière et détruisait l'intérieur du grain qui était rempli d'anguillules, récolte qualifiée de blé niellé

rend dangereux les pains qui seraient trop chargés en alcaloïdes. Il a provoqué très récemment des accidents sanitaires de grande ampleur dans les troupeaux d'ovins comme cela a été le cas en 2013 avec la consommation de la récolte 2012 (Anderbourg *et al*, 2014). Jusqu'au XVIème siècle des dizaines de milliers de personnes ont péri en France de l'ergotisme gangréneux (mal des ardents) et plus épisodiquement jusqu'au XIXème, essentiellement en périodes de disettes ou famines (encore 15 documentées au XVIIIème siècle (AE 2009, Braudel 1986)). Cette toxicité vaut à l'ergot du seigle de faire l'objet d'une norme de teneur maximale pour la mise à la consommation humaine et de recommandations pour l'utilisation comme aliment du bétail.

Il est admis par le Codex alimentarius de la FAO une teneur maximale de 0,5 pour mille en poids de sclérotés présents dans les grains pour la consommation humaine mais cette valeur est discutée et devrait être revue à la baisse en prenant en compte directement la teneur en alcaloïdes de la farine ou des produits transformés (collectif Codex, 2016). Cette évolution rendra plus nécessaire encore la prise en compte de ce champignon dans la production de céréales à paille. Cette maladie est également une cause de blocage des échanges internationaux avec deux importateurs majeurs de céréales européennes, l'Égypte et l'Inde, qui ont renforcé leur législation en n'acceptant que des lots totalement indemnes de ce champignon (Reuters, 2016).

Les graminées adventices à l'intérieur de parcelles de blé principalement vulpin, ou différentes graminées des bords de parcelle (fétuques, bromes, chiendent...) sont des hôtes relais de l'ergot dans la culture de céréales à paille pour la phase de production de miellat riche en spores. Elles peuvent aussi porter directement des sclérotés sur l'épi au sein de la parcelle et contaminer ainsi la récolte. Le ray grass moins efficace que le vulpin comme hôte intermédiaire devient redoutable avec ce type de contamination (Romer *et al*, 2013 ; Orlando *et al*, 2013).

Ces graminées entravent aussi l'efficacité de la rotation. Des études récentes ont montré que le colza est un précédent plus efficace que le blé pour expliquer les fortes teneurs en ergot de la récolte de la céréale (Orlando *et al*, 2015). En 2016, des observations anglaises rendent compte de la présence fréquente d'ergot dans les récoltes de colza et attribuent cette présence aux graminées, notamment vulpin et ray grass qui n'ont pu être détruites dans ces cultures (Farmer Weekly, -2016, Naylor et Lutman, 2008).

#### d) Affaiblissement de la culture et toxicité indirecte

Les recommandations techniques des institutions de recherche agronomique américaines ou italiennes pour la gestion de certains champignons toxigènes du maïs ou du soja citent la destruction des adventices comme un des grands leviers d'action. Les adventices créent notamment des stress abiotiques indirects, des stress hydrique et alimentaire induits. L'effet du désherbage est identifié comme un bon moyen de gestion des aflatoxines sur maïs ou sur arachide (Cobb, 1979) avec comme explication un développement des aspergillus toxigènes proportionnel au stress hydrique en période de floraison (Jones, 1986). Les fumonisines sont également des fusariotoxines contaminant le maïs citées comme favorisées par des échecs de désherbage en conditions sèches.

Une étude récente sur plusieurs années (Reboud *et al*, 2016) montre que le contrôle des adventices permet de réduire fortement les teneurs en trichotécènes B avec une efficacité supérieure à 90% notamment pour le nivalenol dans la récolte de maïs. Plusieurs causes sont discutées pour expliquer cette interaction dont l'effet sur le stress alimentaire ou hydrique.

## **2) GESTION HISTORIQUE**

Duhamel du Monceau au milieu du XVIIIème siècle décrivait deux façons de sarcler les blés. Des femmes de front avec un sarcloir (écharde) coupent les herbes apparentes (celles qui dépassent comme chardons, nielles, papaver, bleuet, moutarde, nigelle...). Si les plantes sont encore jeunes, les sarcleuses ne les voient pas et il faut répéter l'opération. En revanche, on peut aussi couper le blé, les plantes menues restent dans le champ, enfin les chardons poussent de leurs racines deux, trois ou quatre tiges au lieu d'une.

L'autre manière consistait à arracher les mauvaises herbes, mais l'auteur considérait que cela pouvait être très coûteux (« il peut falloir 20 personnes pour sarcler un ha en un jour ») et, selon ses

termes, était omis par beaucoup de fermiers. Il ajoutait que dans les pays de vignoble, les femmes qui ont des vaches à nourrir ne demandent pas mieux que d'arracher les mauvaises herbes. Mais il rapportait qu'elles arrachent aussi du blé et y font un tort considérable surtout quand la terre est humide en foulant les blés avec leurs pieds et en trainant les sacs qu'elles emplissent d'herbes (Duhamel du Monceau, 1763).

Ces quelques propos d'une époque qui semble révolue, activité incompatible avec la civilisation actuelle, du moins dans les pays développés, ont moins de 150 ans sous nos climats, mais ils traduisent le dur labeur actuel des paysans des pays en voie de développement.

En plus de ces travaux pénibles des femmes et des enfants, d'autres, tout aussi durs, intervenaient à l'épiaison. Des échardeurs devaient passer pour couper les chardons en fleurs et les enlever. Dans le nord de la France, la folle avoine (avron) était si fréquente et abondante que des avronneurs l'arrachaient à la main et devaient l'emporter hors du champ. Les rumex ne pouvaient être enlevés que tirés à la main par des hommes forts quand le sol était bien humide.

Malgré les avancées agronomiques (amendements, engrais, outils...) du XIX<sup>ème</sup> siècle, les agriculteurs n'arrivaient toujours pas à contrôler suffisamment les adventices qui profitaient des ressources du sol au détriment de la culture, d'autant plus qu'elle était fertilisée. De surcroît dès le milieu du siècle, l'école devint petit à petit obligatoire, privant l'agriculteur des bras des enfants pour l'arrachage des adventices. Avec l'évolution sociale, les villes qui avaient un besoin accru de main œuvre mieux payée qu'en campagne détournèrent les ouvriers agricoles. Les besoins en grain s'accroissaient parallèlement. Cette situation, aggravait la gestion des adventices qui restait problématique. Elle constituait une des principales causes de la stagnation des rendements et de l'augmentation des importations de blé américain. Avec une moyenne de rendement pour le blé de 6 ou 7 grains pour un semé (à peine 9 ou 10 q/ha), il faudrait pouvoir augmenter cette production car l'importation de ce blé indispensable coûtait de plus en plus cher : encore vers 1920, on importait environ 10<sup>6</sup> Tonne /an de blé principalement américain pour environ 1.5x10<sup>6</sup> francs or (Rabaté 1927), une dépense considérable pour l'économie française.

### 3) INVENTION DES HERBICIDES SELECTIFS

Déjà au XVIII<sup>ème</sup> siècle, par comparaison avec le chaulage qui avait permis la culture du blé dans les sols trop acides réservés au seigle, Duhamel du Monceau rêvait : « ne serait il pas possible de trouver des engrais qui en faisant périr les mauvaises herbes fissent profiter le froment ? »

Le 12 décembre 1896 au Comice de Reims, Louis Bonnet présente les résultats de ses essais de désherbage des moutardes dans une avoine fondés sur des observations fortuites sur l'effet de la bouillie bordelaise sur les crucifères dans les vignes. Il testa plusieurs concentrations pour obtenir un contrôle satisfaisant. De plus, dans ses conclusions, il imaginait que si l'on appliquait le produit sur des adventices jeunes au lieu d'attendre qu'elles soient en fleur, on pourrait réduire le volume et la concentration en sulfate de cuivre. Enfin il terminait en faisant appel aux chercheurs pour tester ce produit sur d'autres adventices dans d'autres cultures (in Bain et al, 1995).

Dès l'année suivante et pendant plusieurs décennies, on a testé de nombreux produits minéraux ou organiques existants qui « agissent comme des poisons des plantes (acides, bases, sels, produits organiques, gaz, vapeurs, fumées et poussières) » (Rabaté, 1927). Essentiellement en grandes cultures sur céréales, le sulfate et le nitrate de cuivre, le sulfate de fer (aussi testé sur colza), le bisulfate de sodium et le sel commun (NaCl) n'ont manifesté d'action marquée que sur les crucifères.

Au début du XX<sup>ème</sup> siècle seul l'acide sulfurique par son action corrosive avait un spectre d'activité plus large et était utilisé dans les régions les plus avancées (méthode Rabaté, 1927). C'est le seul de ces produits qui, largement utilisé avant, a été homologué dès 1944 comme herbicide. A condition de moduler la dose, il était actif sur la quasi-totalité des dicotylédones sans effet notable sur les graminées. Il détruisait aussi les plus vieilles feuilles du blé le protégeant, en relatif, ainsi de « la rouille » et du piétin verse. Il a aussi été utilisé sur le lin, la luzerne en hiver, les oignons. A partir de 1932 Truffaut et Pastac (1943) ont découvert la sélectivité sur les céréales de colorants organiques phénoliques (colorants nitrés) actifs sur beaucoup de dicotylédones annuelles.

Ce n'est qu'après la seconde guerre que sont apparus les produits dits de synthèse avec les «dés herbants hormônés» : le premier, le 2,4-D a été homologué en France en 1946. Ces périodes sont caractérisées par la transition de différentes tentatives anarchiques de destruction des adventices par des produits corrosifs existants vers une recherche plus méthodique et systématique de molécules qui, en interférant spécifiquement sur un ou plusieurs points du métabolisme des plantes, vont perturber la croissance des adventices et les éliminer.

## **B ACTIONS DES HERBICIDES**

### **1) OBJECTIF PREMIER**

Pendant longtemps le désherbage chimique n'a vraiment contrôlé que les très abondantes crucifères et partiellement, à l'état de plantules, d'autres dicotylédones. Il s'agissait cependant d'un progrès considérable pour l'époque. Un homme seul avec un cheval pouvait traiter un hectare en quatre heures. Cette rapidité et cette facilité de mise en œuvre alliées à une économie de main d'œuvre devinrent rapidement une méthode incontournable (malgré la dangerosité de l'acide sulfurique pour l'homme et le cheval) d'autant plus que des produits plus spécifiques et sélectifs arrivaient. L'acide sulfurique affaiblissait le chardon, les vesces et gesses et détruisait la renoncule des champs, les crucifères, coquelicot, bleuet, matricaire et gaillet (Rabaté 1927). Ce n'est qu'après les années 50 que l'efficacité et la spécificité des herbicides se sont beaucoup améliorées avec une sélectivité vraie pour la quasi-totalité des cultures. Avec les nouveaux modes d'action il a été possible de gérer les dicotylédones annuelles et de commencer à contrôler les graminées annuelles et même les vivaces. 60 ans après leur découverte les herbicides ont donc parfaitement rempli le premier objectif de gestion des adventices dans toutes les cultures avec une économie considérable de main d'œuvre, de temps de travail et pour un coût limité. Cela a progressivement libéré des bras pour d'autres activités, réduit le prix des produits agricoles y compris en monnaie courante et contribué à réduire considérablement la part du budget alloué par les ménages pour l'alimentation.

### **2) EFFETS SUR LES STOCKS DE SEMENCES DU SOL**

Après plusieurs décennies d'usage répété, on peut tenter de synthétiser les conséquences d'une qualité de gestion jamais atteinte. Beaucoup de vivaces se trouvent rejetées dans les bordures comme le redoutable chiendent, l'avoine à chapelet et l'agrostis rampant et si les traitements sont bien conduits, les chardons et rumex devraient être très limités. Mais surtout plusieurs vivaces ont disparu des grandes cultures à un tel point qu'elles ne sont même plus considérées comme adventices : arrête-bœuf, sureau yèble, mélilots (*Melilotus spp*), fougère... Les espèces les plus préjudiciables ont donc pu enfin être écartées.

D'autre part, grâce à une gestion constante la plus efficace possible, les stocks de semences des annuelles ont beaucoup régressé. D'après Schribaux (rapporté par Rabaté, 1927) les terres à betterave de Seine et Oise à la fin du XIXème siècle avaient entre 14.500 et 45.600 graines/m<sup>2</sup>. Barralis rapporte en 1973 des comptages maximum réalisés depuis le début du siècle en Europe : d'une part des estimations par des comptages de germinations (qui ont tendance à sous estimer la valeur réelle) en Allemagne en 1912 : 22.800/m<sup>2</sup>, en France en 1924 : 40.400, en Norvège en 1930 : 33.500, au Royaume Uni en 1966 : 85.900 ; d'autre part des comptages des semences récupérées (qui ont tendance à surestimer celles qui sont aptes à germer) en Russie en 1912 : 47.800, 1943 : 34.200, 1953 : 346.600, en Roumanie en 1955 : 39.000, en Hongrie en 1960 : 213.600. Quelle que soit l'estimation, il apparaît clairement que les sols à cette époque étaient envahis de semences d'adventices dans toutes les régions et les systèmes de culture. Selon Barralis et al en 1988, les levées sont variables mais en moyenne correspondent à 10% du stock. On peut donc en déduire qu'elles étaient potentiellement couvertes de plantules (de quelques milliers voire des dizaines de milliers par m<sup>2</sup>). Pour la première fois dans l'histoire de l'agriculture, suite à l'introduction des herbicides et leur utilisation sur plusieurs décennies, il a été possible de réduire ces stocks vers des valeurs que Barralis et al considèrent comme des sortes de planchers, entre 1000 et 5000 graines/m<sup>2</sup> (Albrecht 2005). Cependant cette réduction, par suite des produits utilisés, n'est pas égale partout et

pour toutes les espèces. Certaines ont quasiment disparu, d'autres, peu nombreuses continuent à profiter des nouvelles conditions.

### 3) EFFETS SUR LES HAUSSES DE RENDEMENTS

Avec la qualité de la gestion, les herbicides ont permis d'augmenter les rendements. Enfin la France devenait autosuffisante et même exportatrice au cours des années 60. Les herbicides ont permis de simplifier les rotations en augmentant la fréquence du blé parmi les céréales et de réduire la part de l'alimentation dans le budget avec la baisse du prix des denrées agricoles. Outre leur facilité de mise en œuvre, ils restent moins coûteux en temps et surtout en énergie fossile que les façons mécaniques. Leur utilisation ne perturbe pas physiquement la surface du sol et ne soulève pas de nuages de poussière. Les sols non perturbés maintiennent leur macroporosité et résistent mieux à la sécheresse comme aux phénomènes d'érosion éolienne ou hydrique. Ces propriétés expliquent l'adoption d'une agriculture sans travail du sol grâce aux herbicides dans les zones où la lutte contre l'érosion est une priorité absolue et notamment sur le continent américain ou celles où la pluviométrie irrégulière impose de préserver l'eau qui est stockée dans le sol, c'est le cas notamment de l'Australie mais aussi dans les états semi désertiques producteurs de blé du sud des Etats Unis d'Amérique et même la Corn Belt aux Etats Unis au climat très irrégulier.

La participation des herbicides à l'augmentation des rendements est significative. De 1920 au début des années 1970, les herbicides ont été les seuls produits phytopharmaceutiques utilisés sur les parcelles de blé puisqu'aucune ne recevait de fongicide en cours de végétation, et que les premiers traitements insecticides, par hélicoptère, ont été réalisés en 1975 contre les pucerons de l'épi.

Leur emploi a été parallèle à l'utilisation de l'azote minéral qui n'a connu un essor qu'à partir du début des années 60 et des efforts faits pour accroître la production agricole à la suite du plan Marshall et selon les préceptes qui avaient réussi outre atlantique. Les augmentations de rendement permises, avec un rendement moyen qui passe d'un peu plus de 10 à plus de 30 quintaux par hectare sont à partager entre l'apport d'azote, l'amélioration variétale, le traitement fongicide et insecticide de la semence et le désherbage avec des nouvelles substances issues de la chimie de synthèse.

Avant cette révolution agricole, la seconde des temps modernes, la troisième après celle du bas moyen âge au XIII<sup>ème</sup> siècle, les historiens rapportent, qu'en moyenne, sans compter les catastrophes locales, on comptait une douzaine de famines ou disettes par siècle depuis le XIII<sup>ème</sup> jusqu'à la fin du XIX<sup>ème</sup> (il y en eu 15 au XVIII<sup>ème</sup>) (fig 1) (Bonjean 2001). Il fallait importer du blé surtout des Etats Unis ou d'Ukraine, puis dans les années 1930, l'équilibre était plus ou moins atteint selon les années et ce n'est vraiment qu'à la fin des années 1950 que la France est devenue complètement autosuffisante. En effet la production a longtemps stagné avec des rendements très bas. En 1156, l'abbaye de Cluny rapporte qu'en Bresse le rendement est de 4 grains récoltés pour un semé. Au XIII<sup>ème</sup>, on atteint environ 5 pour un, au XVIII<sup>ème</sup> environ 6 pour un, c'est-à-dire environ 6 quintaux/ha. Vers le milieu du XIX<sup>ème</sup>, on atteint en moyenne 10q/ha, au début du XX<sup>ème</sup> on récolte entre 12 et 13q/ha et vers 1950 la moyenne se situe seulement vers 15q/ha (Doré et Varoquaux, 2006). Ce n'est qu'à partir de cette date qu'enfin les rendements ont vraiment décollé en constante augmentation pour atteindre les valeurs actuelles (fig 1). Cela est dû à l'amélioration des variétés et à l'agronomie mais surtout pour plus d'un tiers à la qualité de la protection des cultures, essentiellement au désherbage qui se généralise à cette époque (fig 2) (Doré et Varoquaux, 2006). Cependant, malgré toutes ces améliorations, ils ne sont pas totalement à l'abri d'aléas climatiques exceptionnels comme cette année (fig 1).

De même, pour le maïs grain, vers 1850 les rendements moyens étaient de l'ordre de 8.5 q/ha et en 1948, ils plafonnaient encore à 14q/ha sur seulement 300.000 ha. Ce n'est qu'en 1960 qu'on relève 28q/ha dans 600.000 ha seulement quelques années après l'introduction des hybrides et dès le début de l'utilisation de la simazine puis de l'atrazine pour atteindre 105q en 2011 sur 1.5x10<sup>6</sup>ha. De plus dès le début des années 70, le maïs fourrage s'est rapidement développé à part égale avec le maïs grain grâce au désherbage. Pour le maïs, des surfaces limitées recevant des insecticides en végétation et l'absence de traitements fongicides autres que sur la semence font toujours porter aux herbicides une part encore plus significative des rendements en grains mesurés.

Figure 1 : évolution du rendement moyen (q/ha) du blé en France depuis le Xème siècle  
 Time course of the wheat yield (q/ha) since the Xth century (adapté de ens-lyon.fr)

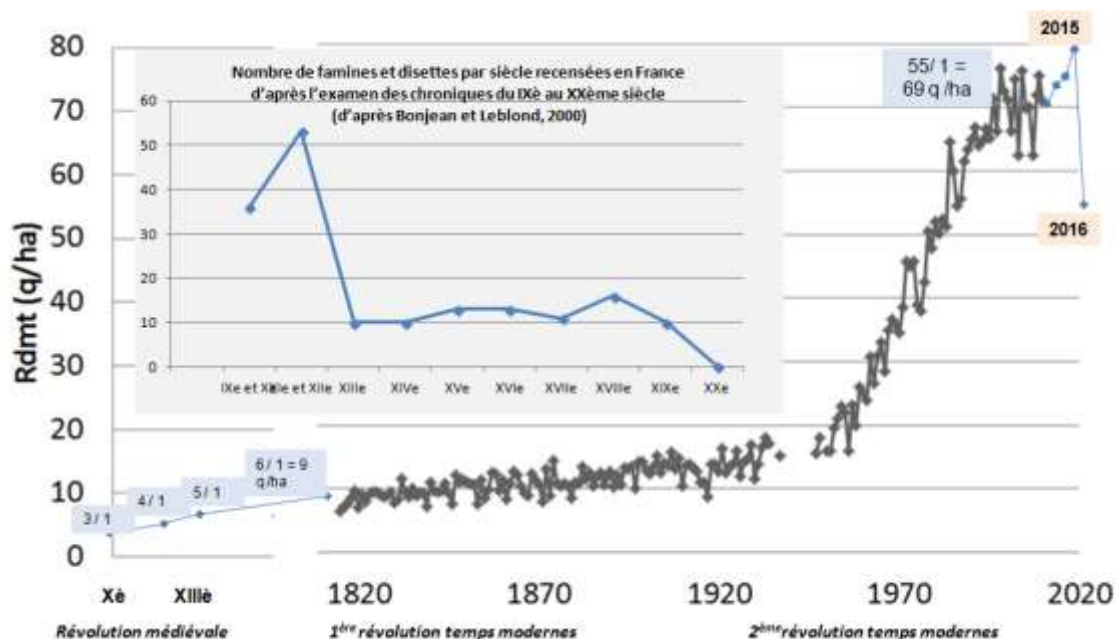
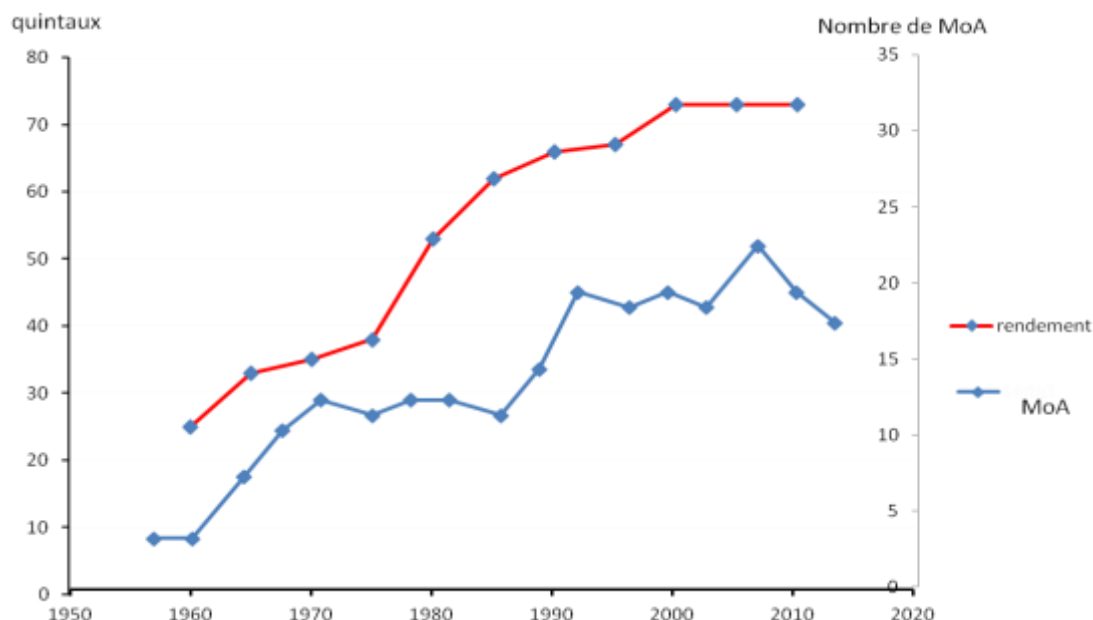


Figure 2 : comparaison entre l'évolution des rendements en blé (q/ha) et du nombre de modes d'action herbicides du blé (MoA) disponibles entre 1950 et 2013.  
 Comparison between time course of wheat yields (q/ha) and number of available herbicide modes of action (MoA) of wheat from 1950 to 2013.



#### 4) EFFETS SUR L'ÉVOLUTION DES SYSTÈMES DE CULTURE

Habituellement les agriculteurs ayant réussi à avoir des parcelles propres, ont peur de se faire dépasser par les adventices s'ils allègent leur programme et gardent le même niveau de contrôle. Mais

certain, surtout lorsque les cours du blé ne sont pas porteurs, persuadés que le problème est circonscrit, choisissent d'économiser sur ce volet de la protection. Ces économies dans le recours à l'outil de contrôle des adventices sont aussi envisagées par des agriculteurs conventionnels ou des agriculteurs adeptes d'autres modèles d'agriculture : TCS (Techniques culturales simplifiées), semis direct avec ou sans mulch, agriculture biologique. Avec des densités d'adventices de plus en plus faibles et des marges réduites, la notion de seuil, comme pour les maladies ou les insectes, a pu apparaître comme un moyen de réduire le recours à la chimie.

Après de nombreuses tentatives au final infructueuses, il semble désormais difficile de fixer une valeur limite pour intervenir en raison d'une marge d'erreur importante car le principal défaut est lié au fait que de nombreuses variables de grande amplitude sont susceptibles de modifier l'intensité de la concurrence d'une espèce et notamment la disponibilité en eau ou l'interaction avec d'autres bioagresseurs. De plus avec des populations d'adventices, même à des niveaux de faible nuisibilité directe, le principe de l'alternance des cultures perd de son efficacité car les adventices en perturbent le vide sanitaire dès lors qu'elles portent des maladies ou hébergent des insectes ravageurs qui n'auraient pas de support en leur absence. Le cas du colza, précédent le plus favorable à l'ergot du seigle à cause des graminées adventices qui hébergent le champignon, est un cas de figure très actuel et très emblématique. Aussi plutôt que de retenir une valeur numérique de seuil, il vaudrait mieux, en fonction de la culture et des conditions de milieu, hiérarchiser les espèces depuis celles qu'il faut contrôler à tout prix, jusqu'à celles qu'on peut ignorer en passant par celles qu'il faut surveiller selon leur nombre, leurs stades et densités avec une approche plus large que la simple nuisibilité directe.

## 5) INCONVENIENTS DES HERBICIDES

Depuis l'invention de l'idée d'herbicides sélectifs, la sécurité des produits a beaucoup progressé : plus d'acide sulfurique ou de produits arsenicaux.... Les molécules actuelles sont moins toxiques que beaucoup de produits « naturels » de consommation courante (toutes sont moins toxiques que la caféine, les 2/3 moins que le sel de cuisine). Tous les produits sont biodégradables et les réglementations ont conduit à supprimer tous les anciens produits persistants les plus susceptibles de se retrouver dans les nappes phréatiques ou acidifiant ou augmentant la salinisation des sols. Actuellement le principal défaut des herbicides est lié à leur mésusage (sous/sur utilisation ou usage sans moyen de protection suffisant vis à vis du transfert vers les cours d'eau<sup>4</sup>). Utiliser systématiquement des doses réduites du seul même herbicide entraîne très fréquemment la sélection de populations résistantes impossibles à contrôler sans modifier le système de culture, conduisant à l'obsolescence du produit. Il en est de même lorsque le même mode d'action ou les mêmes structures chimiques reviennent trop souvent sur la culture ou dans la rotation.

Les herbicides sélectifs ne sont plus ce qu'ils étaient (Tab I). De 1896 à 1944, date de la mise en place en France de la première réglementation sur l'homologation, il a été testé de nombreux produits minéraux connus pour leur toxicité ou simplement corrosifs ou caustiques nécrosant les plantes et des colorants nitrés, premiers produits organiques utilisés. Le 2,4D est le premier produit de « synthèse » avec une activité physiologique non nécrotique utilisable à doses réduites par rapport aux produits minéraux. Avec les produits de synthèse actifs sur le métabolisme des plantes, les doses de substance active et les toxicités n'ont cessé de diminuer jusqu'à l'apparition des sulfonilurées actifs à quelques g/ha parce qu'ils bloquent une enzyme indispensable présente en très faible quantité dans les méristèmes des plantes adventices.

La première interdiction, antérieure à la première guerre, est celle des arsenites qui furent responsables de mortalités dans des jardins d'enfants. De 1950 à 1960 on a retiré tous les produits minéraux sauf l'acide sulfurique qui ne l'a été qu'en 1980. Le plus toxique des colorants nitrés a été interdit dès 1966. Mais depuis 2012, avec l'homologation de l'acide acétique, on assiste au retour des produits corrosifs utilisés à doses très élevées (Tab I) ; alors que le nombre de substances actives

---

<sup>4</sup> Dans les eaux souterraines ce sont principalement des triazines, toutes désormais interdites en France et la plupart en Europe, ou leurs métabolites qui sont retrouvés 13 ans après leur interdiction. L'atrazine reste cependant très largement utilisée en Amérique du nord, Amérique du sud et en Australie.

diminue régulièrement depuis 2003 (Chauvel *et al* 2012) et que la dernière homologation d'un nouveau mode d'action date de 1994.

Tableau I : Principales étapes de l'historique des herbicides (D, G, A, V : dicotylédones, graminées, annuelles, vivaces)

Major steps of the herbicide history (D, G, A, V: broadleaves, grasses, annual, perennial)

année	type de produit	cibles	effets
< 1896	tout manuel	DGAV	faible efficacité sur vivaces, nombreuses journées de travail.
1896	1er herbicide : sulfate de cuivre	DA	nécrose les crucifères à volume élevé ; toxique pour le sol et les animaux (en particulier les ovins).
1896 - 1944	tests de nombreux sels, engrais .....	DA	± efficace, nécrose, acides toxiques corrosifs
1912	acide sulfurique	DA	± efficace, nécrose, ≤ 120 l/ha - acide fumant, acidifiant du sol. Très corrosif également pour le matériel d'application
≈ 1912	arsenites, premières interdictions		Mortels à faible dose, effets long terme et accumulation
1932	colorants nitrés (dinitrophénol, DNOC)	DA	± efficace, nécrose.
1944	début de l'homologation : 12 molécules		± efficace, nécrose, la plupart toxiques et hautement dangereux.
1946	2-4D	DA	1 <sup>er</sup> herbicide non toxique, effet physiologique à 1l/ha.
1950	retrait du chlorate de sodium en cultures		250kg/ha ; persistant > 6 mois, toxique, comburant.
1954	urées	DAGA	1ers antigraminées.
1957	triazines	DAGA	1er désherbage chimique efficace et sélectif du maïs.
1958	aminotriazole	DGAV	1 <sup>er</sup> herbicide efficace sur vivaces, non toxique en relatif.
1961	retrait de tous les sels		fin de la salinisation des sols.
1961	retrait de la cyanamide calcique herbicide	DA	engrais azoté herbicide, ≤ 300kg/ha.
1962	diquat, paraquat	DGAV	effet total et défanant.
1966	retrait du dinitrophénol		très toxique, libère de l'arsenic persistant.
1975	glyphosate	DGAV	effet total systémique et prolongé, non toxique.
1978	Fops et inhibiteurs de l'Accase	GA	1ers herbicides stricts antigraminées.
1980	retrait de l'acide sulfurique		fin des forts volumes et doses de produits corrosifs.
1984	sulfonylurées	DAGA	très faibles doses, très efficaces.
1990	retrait total du chlorate de sodium		Fin des fortes doses de produits minéraux persistants
1994	inhibiteurs de la 4HPPD	DAGA	dernier mode d'action herbicide homologue.
1998	retrait du DNOC		Dernier dinitrophénol le moins toxique
2003	retraits supérieurs aux homologations		Début de la régression des produits et modes d'action
2004	retrait des triazines		retrait spécifique à l'Europe occidentale. Dans certains pays de l'UE. la terbutylazine reste autorisée. En Suisse l'atrazine n'a été retirée qu'en 2011.
2008	retrait du paraquat en Europe		Au risque de manquer de modes d'action d'herbicide total. L'Amérique et l'Australie n'ont pas suivi l'Europe
2012	acide acétique	DGAV	retour d'un acide corrosif, défanant à grands volumes (en 2016 pour les jardins et usage amateur).
2012	acide pélargonique	DGAV	Autre défanant à grands volumes.

## **C) RISQUES LIES A UNE SUPPRESSION PARTIELLE OU TOTALE DE L'INTERVENTION**

### **1) EFFETS ET RISQUES DE LA LIMITATION DU RECOURS AUX HERBICIDES**

La mise en œuvre des seuils en leur soumettant la décision du traitement peut entraîner des échecs liés de ce fait à des espèces mal contrôlées. Par exemple, le seuil du vulpin est donné à 29 plantes/m<sup>2</sup>, or dans certaines conditions, tolérer une trentaine de vulpins par m<sup>2</sup> peut produire entre 30.000 à 50.000 graines/m<sup>2</sup> et conduira à une infestation durable pour les années suivantes. La première année de jachère en 1992 dans l'est de la France a été l'un des éléments de l'explosion du vulpin et par extension l'apparition des populations résistantes aux inhibiteurs de l'ACCCase puis à ceux de l'ALS.

Pour des raisons économiques ou réglementaires, la réduction systématique des doses est le meilleur moyen pour disqualifier les produits en sélectionnant plus facilement certains types de résistances. En ne cherchant pas à contrôler le maximum d'individus, l'agriculteur sélectionne plus ou moins rapidement ceux qui supportent progressivement des doses de plus en plus élevées. La réaction intuitive après un échec est alors de supprimer le produit des programmes.

La suppression de molécules est de ce point de vue un facteur d'accélération des phénomènes de résistance. Cette réduction des modes d'action voire des structures chimiques au sein du même mode d'action participe largement à la progression rapide de l'évolution rapide des populations d'adventices résistantes. Suite à la réduction de la diversité des molécules, l'agriculteur ne disposera plus par culture que d'un seul ou deux produits efficaces sur certaines espèces et sera amené à un « monodésherbage » qui favorise fortement la sélection de résistances et aussi à l'impossibilité de gérer les adventices par l'absence de nouveaux produits.

L'impasse sur certains traitements herbicides certaines années, outre le risque de perte de rendement, peut devenir une stratégie très risquée et nécessite de très bien connaître sa parcelle. Elle ne protège pas en particulier de la forte augmentation d'une ou plusieurs espèces qui, si on ne réagit pas rapidement, pourront se maintenir longtemps à forte densité.

Du point de vue écologique, la parcelle agricole est un stade secondaire qui évolue naturellement et rapidement vers une fermeture par des adventices vivaces puis des arbustes et des arbres en quelques années. Aucun équilibre favorable à une culture annuelle ne peut donc s'établir spontanément. La culture ne fait pas partie du milieu, par opposition aux adventices. Dans tous les cas l'agriculteur doit lutter en permanence contre l'envahissement du milieu par les adventices. Cette lutte sera d'autant plus difficile que le sol de la parcelle contient beaucoup de semences d'adventices et des vivaces. Aussi, il est illusoire de penser qu'une parcelle non travaillée ou trop peu travaillée restera propre et ne verra jamais se développer des espèces géophytes ou chamaephytes soit déjà présentes soit à partir de semences anémochores, voire des espèces annuelles. Ainsi le semis direct peut difficilement se passer d'un désherbage chimique en interculture pour écarter les vivaces qui passent à travers les mulchs.

### **2) RISQUES DU RETRAIT TOTAL**

A la fin de la seconde guerre mondiale, beaucoup d'agriculteurs en polycultures-élevage pratiquaient de l'agriculture biologique sans le savoir. Pourtant, ils n'aspiraient qu'à trouver des moyens efficaces pour débarrasser leurs cultures des chiendents, chardons, rumex, liseron, vesces et autres adventices annuelles envahissantes. Actuellement les adventices des parcelles converties en agriculture biologique n'ont plus rien à voir avec les pratiques de cette époque. Ces parcelles bénéficient en fait de la réduction du nombre et de la densité des espèces grâce à quelques décennies de désherbage chimique. Ce type d'agriculture ne peut être envisagé et réussira d'autant mieux que les parcelles

seront propres et surtout débarrassées des principales vivaces. Toute la question revient donc à savoir combien de temps, après la suppression des herbicides, l'agriculteur pourra conserver le capital de l'éradication des vivaces de la parcelle et de l'affaiblissement des stocks de semences acquis par leur emploi sur une longue durée mais qui peuvent se reconstituer rapidement (Albrecht 2005). Ce sont déjà les limites de ce type de gestion, entraînant un affaiblissement du contrôle des graminées adventices et leur progression dans les bordures, qui, pour une bonne part, peuvent expliquer la recrudescence de l'ergot des céréales. Un mauvais contrôle des adventices du maïs est également en cause, parmi d'autres facteurs, pour expliquer une plus grande exposition à certaines fusariotoxines ou aux aflatoxines, non pas, comme pour l'ergot en raison d'un rôle d'hôte pour le champignon mais en accentuant des stress abiotiques qui participent à l'infection.

La gestion des adventices en agriculture biologique est très variable selon les régions. Par opposition au sud-ouest, dans le nord de la France où les fenêtres pour les interventions de désherbages mécaniques sont rares, les rotations sont le principal moyen de gestion. Il est nécessaire qu'elles soient longues et comportent plusieurs années de trèfle ou luzerne ainsi que du triticale seul ou en association (Leroy, 2011). Cela sous-entend que ces productions puissent être valorisées dans des élevages. En conséquence, le blé n'apparaît qu'au maximum trois fois en dix ans. Son désherbage exige plusieurs passages d'outils avant et pendant la culture et, après plusieurs années, des espèces profitent de ces pratiques, surtout des vivaces. Certaines souvent déjà en place ont progressé (rumex, chardons, laiteron), mais plusieurs sont nouvelles, spécifiques de ce type de conduite (grande berce, pissenlit, épilobes...) mais aussi annuelles, nouvelles ou non (folle avoine, laiterons annuels ...) et peuvent devenir envahissantes (Leroy, 2011). En agriculture conventionnelle le prix du blé est aligné sur le cours mondial, imposant de maintenir des volumes de production élevés pour compenser la volatilité du prix. Par opposition, en agriculture biologique, avec la quantité de travail nécessaire, les rendements réduits et la grande sensibilité aux aléas climatiques, une moindre production liée à une fréquence limitée dans la rotation, le prix du blé doit être au moins deux fois plus élevé qu'en agriculture conventionnelle. Le consommateur volontaire doit alors payer directement ou indirectement en sus des aides supplémentaires dont bénéficie spécifiquement l'agriculture biologique pour se maintenir parce qu'elle répond à une demande non totalement satisfaite par la production française.

Si l'agriculture biologique peut supporter l'absence de fongicides par le recours à des variétés plus tolérantes aux stress biotiques, des semis tardifs et des objectifs de rendement réduits de 40% par rapport à l'agriculture conventionnelle, la gestion des adventices en général et des vivaces en particulier devient, après une dizaine d'années et la fin de l'héritage de l'agriculture conventionnelle quant à un stock semencier réduit, plus problématique. Il faut impérativement que la parcelle soit maintenue la plus propre possible (environ 5000 graines/m<sup>2</sup>), avec une absence ou peu de vivaces et que l'agriculteur accepte de maintenir un temps de travail élevé malgré ces rendements réduits.

## **D) CONCLUSION**

En débarrassant, pour la première fois depuis les débuts de l'agriculture, la parcelle des adventices, pas seulement sur la période de la culture mais sur le long terme, les herbicides ont contribué à valoriser la fertilisation, à limiter l'apport d'azote ou d'eau nécessaires pour obtenir le rendement maximum. Ils ont permis de produire une récolte débarrassée des adventices toxiques et présentant une qualité sanitaire élevée en éliminant d'autres contaminants naturels notamment ceux favorisés par la présence de certaines adventices tels que l'ergot du seigle. Ils ont permis de réduire le travail

et autorisé la culture de plus grandes surfaces. Ils ont augmenté les rendements et aidé à produire plus souvent dans la rotation des cultures attendues par le consommateur, contribuant à baisser fortement le coût global de l'alimentation.

L'utilisation régulière d'une grande diversité d'herbicides a permis d'abaisser fortement le stock semencier du sol, mais les adventices sont toujours présentes et tout relâchement de la lutte assurera à plus ou moins brève échéance leur retour invasif à l'instar de l'utilisation des thérapies les plus efficaces pour lutter contre certaines maladies virales de l'époque moderne. La spécialisation des zones agricoles française visant à rechercher l'optimum économique rend difficile l'obligation des cultures étouffantes comme le trèfle, la luzerne et du triticale seul ou en association dans des successions très longues sur toutes les parcelles. Si une réintroduction d'exploitation de production animale dans les zones céréalières est souhaitable, elle sera dans le meilleur des cas progressive et partielle. Le levier des cultures étouffantes trouve là une limite hors production de luzerne destinée à la déshydratation qui plafonne à 100 000 hectares dans la région Grand Est. Parmi les points clé handicapants dans l'abandon partiel des herbicides nous retiendrons donc l'accroissement du travail pour l'agriculteur et la consommation d'énergie en force de traction liée au travail mécanique du sol, la réduction des rendements par unité de surface et des prises de risques quant à la qualité et même de la sécurité alimentaire (recrudescence de l'ergot et des graines toxiques pour le bétail<sup>5</sup> comme pour les consommateurs humains<sup>6</sup>). Le non travail du sol et l'utilisation raisonnée d'herbicides associée sont également un outil efficace de lutte contre l'érosion ou les coulées de boues même si le risque est moins généralisé sous climat atlantique par rapport aux climats continentaux ou tropicaux. L'effet du non travail du sol permis par les herbicides en situation de risque par rapport à l'émission de particules dans l'atmosphère (PM10) est également documenté<sup>7</sup>. Des recommandations sont faites aux agriculteurs pour éviter tout travail du sol ou désherbage mécanique dans ces conditions de plus en plus fréquentes en fin d'hiver afin d'éviter d'enrichir l'atmosphère en microparticules.

Si l'importance du maintien des herbicides dans leur diversité a été largement développée dans les lignes qui précèdent, une réduction de leur utilisation, via leur optimisation est évidemment souhaitable au delà du fait qu'elle est rendue règlementairement nécessaire avant 10 ans. L'agriculture de précision peut être l'une des principales pistes qui se dégagent. C'est en fait l'intelligence nouvelle apportée par l'agriculture 2.0 et la connectique qui va s'ajouter et amplifier l'intelligence humaine de l'agriculteur et de l'agronome qui seule peut conduire à ces progrès d'une production augmentée avec une intensité d'utilisation des herbicides réduite, sous réserve que leur diversité et leur renouvellement soient préservés.

## BIBLIOGRAPHIE

Albrecht H (2005) Development of arable weed seedbanks during the 6 years after the change from conventional to organic farming. *Weed Research* 45, 339–350

---

<sup>5</sup> Les accidents du bétail sont régulièrement rapportés avec du datura dans l'ensilage de maïs, du *Galega officinalis* ou du *Senecio jacobei* dans des foins, les chevaux étant plus exposés dans le dernier cas.

<sup>6</sup> Le dernier accident de santé publique rapporté par les services de santé en octobre 2012 était dû à des graines de datura facile à gérer avec des herbicides mais d'une utilisation impossible dans du sarrasin biologique.

<sup>7</sup> Le non travail du sol et si possible une couverture végétale dense sont également recommandés pour éviter la contamination des plantes par les dioxines, furanes et PCB dans les sols modérément contaminés par des pollutions industrielles. Ces molécules ne sont pas absorbées par la plupart des plantes. Elles contaminent le végétal et rejoignent la chaîne alimentaire via la projection de particules de sol sur lesquelles elles sont durablement adsorbées, sur les parties du végétal ingérées par les animaux.

Anderbourg J., Dumont A., Messin P., Bailly J-D., Calavas D, Gache K., 2013 - Un épisode d'agalactie d'une ampleur inhabituelle chez des brebis dans l'est de la France ; *Le Nouveau Praticien Vétérinaire élevages et santé*, 24, 58 – 67.

Bain C., Bernard J. L., Fougeroux A., 1995. *Protection des cultures et travail des hommes* Le Carrousel Paris. 263p.

Barralis G., 1973. Survie des semences de mauvaises herbes dans les terres cultivées *Phytoma* n° 250.

Barralis G., Chadoeuf R. et Lonchamp J.P., 1988. Longévité des semences de mauvaises herbes annuelles dans un sol cultivé. *Weed Research*. 28, p 407-418.

Bonjean A., 2001 - *Histoire de la culture des céréales et en particulier du blé tendre (Triticum aestivum L.)*, *Dossier de l'environnement de l'INRA*, n° 21, p. 29-37

Braudel F. 1986, *L'identité de la France*, Vol . 2, Arthaud-Flammarion.

Chauvel B., Guillemain J-P., Gasquez J., Gauvrit C., 2012 - History of chemical weeding from 1944 to 2011 in France: changes and evolution of herbicide molecules. *Crop protection*, 42, 320-326.

Cobb W.Y., 1979. Aflatoxin in the Southeastern United States: Was 1977 Exceptional? vol. 43, *Quarterly Bulletin of the Association of Food and Drug Office*.

Collectif Codex - 2016- *Discussion paper on an annex for ergot and ergot alkaloids to the Code of Practice for the prevention and reduction of mycotoxin contamination in cereals* (CAC/RCP 51-2003 – Tenth Session Rotterdam, The Netherlands, 4 – 8 April 2016.

Cornevin C., 1887. *Des plantes vénéneuses et des empoisonnements qu'elles déterminent* Firmin Didot et Cie Paris.

Doré C. et Varoquaux F., 2006. *Histoire et amélioration de 50 plantes cultivées*. INRA 840p.

Duhamel du Monceau H.L., 1762. *Eléments d'agriculture* chez H.L. Guérin et L.F. Delatour Paris.

Leroy A., 2011. Le Réseau de parcelles sur les Adventices en Grandes Cultures biologiques de Haute-Rabaté E., 1927. *La destruction des mauvaises herbes*. Librairie Agricole de la Maison Rustique, Paris.

Robert E., Naylor L. et Lutman P. J. 2008 - *Weed Management Handbook: 9th Eds.* (ed.): R.E.L., chap 1 - pp.1–15

Reboud X., Eychenne N., Délos M. et Folcher L. 2016. *Withdrawal of maize protection by herbicides and insecticides increases mycotoxins contamination near maximum thresholds*. *Agron. Sustain. Dev.* P 36:43.

Schribaux E., 1923. Sur l'étude et la destruction des mauvaises herbes. Académie d'agriculture de France. *C. R. des Séances de l'Acad. Agri. de France*. P 432-435.

Truffaut G. et Pastac I., 1943. Destruction par poudrage des plantes adventices à l'aide de colorants nitrés. *C. R. Acad. Agr. de France*. séance du 7 juillet 1943.

Sites internet consultés :

AE, 2009 [Ah, le bon vieux temps... des disettes !](#) *Agriculture & Environnement* 4 mai 2009. Consulté le 26/09/2016

<http://www.fwi.co.uk/arable/late-maturing-crops-showing-better-yields.htm> Consulté le 26/09/2016

[http://acces.ens-lyon.fr/evolution/biodiversite/dossiers-thematiques/plantes/poacees/EvolRdmtGrainsBles\\_France1815-2011.png/view?searchterm=None](http://acces.ens-lyon.fr/evolution/biodiversite/dossiers-thematiques/plantes/poacees/EvolRdmtGrainsBles_France1815-2011.png/view?searchterm=None)

Normandie : Etude de l'évolution de l'enherbement des parcelles de 2002 à 2011 *Groupement des Agriculteurs Biologiques de Haute-Normandie*.

<http://www.bio-normandie.org/wp-content/uploads/2011/06/GRAB-HN-2007-R%C3%A9seau-Adventices-Etude-enherbement-global-sur-5-ans.pdf> consulté le 26/09/2016

Reuters. 2016. Dépêche : "In about turn, Egypt bans ergot fungus in wheat again"

<http://www.reuters.com/article/us-egypt-wheat-ergot-idUSKCN1130B6> consulté le 26/09/2016